



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Trabajo de Titulación previo la obtención del título de
Ingeniero Civil**

**Diseño de Micro-pavimento aplicado como tratamiento superficial para el
control de la Variación Térmica en el pavimento flexible de la vía Pifo-
Cusubamba, como parte del mantenimiento preventivo.**

**Autor: Luis Vicente Toscano Maila
Director: Ing. Msc. Byron Morales Muñoz.**

Quito, julio de 2014



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
HOJA DE PRESENTACIÓN DEL TEMA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

| |
|--|
| CARRERA: Ingeniería Civil |
| NOMBRES Y APELLIDOS: Luis Vicente Toscano Maila |
| TEMA O TÍTULO: Diseño de Micro-pavimento aplicado como tratamiento superficial para el control de la Variación Térmica en el pavimento flexible de la vía Pifo-Cusubamba, como parte del mantenimiento preventivo. |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: Las vías de nuestro país están expuestas constantemente al deterioro por agentes externos que disminuyen su funcionalidad con el paso del tiempo. Para contrarrestar estos daños se debe realizar mantenimientos rutinarios y preventivos que brinden protección a la superficie del pavimento como al usuario. Poco o nada se está haciendo para preservar y alargar la vida útil de nuestras vías, el deterioro se hace visible en la superficie de vías relativamente nuevas que ya presentan problemas de fisuras, grietas, pérdida de fricción, entre otras. Todos estos problemas se reflejan en inseguridad, incomodidad y costos incensarios que pueden ser evitados. |
| OBJETIVOS: General: Definir un producto que minimice el deterioro repentino de la capa superficial de un pavimento existente, provocado por la falta de técnicas de mantenimiento. Específicos: *Estudiar usos, características y cualidades al diseñar el Micro pavimento. *Definir la granulometría requerida para la elaboración de Micro pavimentos en vías de primer orden. *Analizar y determinar la emulsión que demuestre un comportamiento adecuado con el agregado disponible. *Determinar diferencias entre los sistemas más utilizados en el país, como producto terminado. * Observar en el proceso de elaboración y colocación del Micro-pavimento en la vía de primer orden, para determinar conclusiones y recomendaciones. |
| JUSTIFICACION: La presente investigación se realizará por la necesidad de profundizar en el estudio del uso de nuevas técnicas constructivas viales, como los tratamientos superficiales para la protección y acrecentar la durabilidad del pavimento instalado en las vías del Ecuador. |
|  Firma del Estudiante Nombres y Apellidos |

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Msc. Byron Morales Muñoz**, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema: "DISEÑO DE MICRO-PAVIMENTO APLICADO COMO TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA EL CONTROL DE LA VARIACIÓN TÉRMICA EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA PIFO-CUSUBAMBA, COMO PARTE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO", del estudiante **Luis Vicente Toscano Maila**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, julio 04 del 2014

EL TUTOR



Ing. Msc. Byron Morales Muñoz
C.I. 1712565900

AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

Yo, Luis Vicente Toscano Maila, declaro que el trabajo de investigación denominado: DISEÑO DE MICRO-PAVIMENTO APLICADO COMO TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA EL CONTROL DE LA VARIACIÓN TÉRMICA EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA PIFO-CUSUBAMBA, COMO PARTE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, sin restricción de ningún género o especie.

Quito, julio 04 del 2014

EL AUTOR



Sr. Luis Vicente Toscano Maila

C.I. 1716815459

DEDICATORIA

*A Dios por la salud, fuerza, amor y fe que me impulsan cada día para seguir
cumpliendo mis sueños.*

*A mis padres Patricio Toscano y Consuelo Maila que me brindan cada día su amor
incondicional aun en las adversidades.*

*A mis abuelitos que en paz descansen, en especial a Vicente Maila y Angelita
Velasco quienes me apoyaron cuando inicie este sueño.*

A toda mi familia por formar parte de mi vida y permitirme ser parte de la suya.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y la oportunidad del cada día que me regala para poder ser una mejor persona cumpliendo los sueños que me he propuesto.

A mis padres que han sido un ejemplo de esfuerzo y perseverancia, a mis hermanos, familia y a todas las personas que me han brindado sus consejos.

A la universidad Internacional del Ecuador que nos abrieron las puertas para poder culminar nuestros estudios, impartiéndonos conocimiento de personas calificadas como el Ing. Byron Morales quien con su experiencia guio el buen desarrollo del presente trabajo.

A la empresa Herdoiza Crespo Construcciones S.A. por facilitarme el uso de sus laboratorios, personal y equipo, con el cual pude elaborar esta tesis.

INDICE DEL CONTENIDO

| | |
|--|---|
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1. EL PROBLEMA | 1 |
| 1.1 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.4 SISTEMATIZACIÓN | 1 |
| 1.5 OBJETIVOS | 2 |
| 1.5.1 Objetivo general | 2 |
| 1.5.2 Objetivo específico | 2 |
| 1.6 JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.6.1 Justificación Teórica | 3 |
| 1.6.2 Justificación Práctica | 3 |
| 1.6.3 Justificación de Relevancia Social | 3 |
| 1.7. METODOLOGÍA | 3 |
| 1.8. VARIABLES | 4 |
| 1.8.1 Variable dependiente | 4 |
| 1.8.2 Variable independiente | 4 |
| CAPÍTULO II | 5 |
| 2. MARCO CONCEPTUAL, TEÓRICO Y LEGAL | 5 |
| 2.1 MARCO CONCEPTUAL | 5 |
| 2.1.1 Pavimento | 5 |
| 2.1.2 Características de un pavimento | 5 |
| 2.1.3 Composición del pavimento | 6 |
| 2.1.3.1 Terreno de cimentación | 6 |
| 2.1.3.2 Subrasante | 6 |
| 2.1.3.3 Subbase | 6 |
| 2.1.3.4 Base | 7 |
| 2.1.3.5 Superficie de rodadura | 7 |
| 2.1.3.6 Rasante | 7 |
| 2.1.4 Clasificación de los pavimentos | 7 |

| | |
|---|----|
| 2.1.4.1 Pavimentos rígidos | 7 |
| 2.1.4.2 Pavimentos flexibles | 9 |
| 2.1.5 Mantenimiento del pavimento | 11 |
| 2.1.5.1 Clasificación del Mantenimiento | 11 |
| 2.1.6 Deterioro de un pavimento..... | 12 |
| 2.1.6.1 Principales causas del deterioro..... | 12 |
| 2.1.7 Variación térmica | 12 |
| 2.1.8 Tratamiento superficial..... | 14 |
| 2.1.8.1 Usos | 14 |
| 2.1.8.2 Periodo de colocación | 15 |
| 2.1.8.3 Tipos de tratamientos superficiales | 15 |
| 2.1.8.4 Tipos de mantenimientos preventivos | 15 |
| 2.1.8.5 Diferencias entre el Slurry Seal y Micro-pavimento..... | 16 |
| 2.2 MICRO-PAVIMENTO..... | 17 |
| 2.2.1 Introducción | 17 |
| 2.2.1.1 Reseña Histórica. | 17 |
| 2.2.1.2 Importancia..... | 17 |
| 2.2.2 Definición de Micro-pavimento..... | 17 |
| 2.2.3 Tipos y Usos del Micro-pavimento..... | 18 |
| 2.2.4 Componentes del Micro-pavimento. | 19 |
| 2.2.4.1 Emulsión asfáltica..... | 19 |
| 2.2.4.2 Emulsión asfáltica modificada con polímeros | 21 |
| 2.2.4.3 Ruptura y Curado de las emulsiones..... | 23 |
| 2.2.4.4 Equipo de emulsificación en planta | 24 |
| 2.2.4.5 Elaboración de la emulsión en planta | 26 |
| 2.2.4.6 Transporte y almacenamiento de la emulsión | 27 |
| 2.2.4.7 Agregado pétreo | 29 |
| 2.2.4.8 Relleno mineral (Filler)..... | 30 |
| 2.2.4.9 Agua | 30 |
| 2.2.5 Formula ideal de diseño..... | 30 |
| 2.2.6 Beneficios del uso de Micro-pavimento. | 31 |
| 2.3 MARCO LEGAL | 31 |
| 2.3.1 Ensayos para calificar el agregado pétreo..... | 31 |
| 2.3.1.1 Muestreo de los agregados | 31 |

| | |
|---|--------|
| 2.3.1.2 Granulometría de los agregados | 32 |
| 2.3.1.3 Equivalente de arena..... | 32 |
| 2.3.1.4 Pérdida por abrasión utilizando la máquina de los Ángeles | 32 |
| 2.3.1.5 Durabilidad de los agregados frente a la acción de los sulfatos | 33 |
| 2.3.2 Ensayos para calificar la emulsión asfáltica y su residuo | 33 |
| 2.3.2.1 Viscosidad Saybolt. | 34 |
| 2.3.2.2 Tamizado de las emulsiones asfálticas | 35 |
| 2.3.2.3 Estabilidad de las emulsiones asfálticas a las 24 horas | 35 |
| 2.3.2.4 Asentamiento de las emulsiones asfálticas a los 5 días..... | 35 |
| 2.3.2.5 Residuo asfáltico por evaporación..... | 35 |
| 2.3.2.6 Gravedad específica del residuo asfáltico a 25 °c | 36 |
| 2.3.2.7 Penetración del residuo asfáltico..... | 36 |
| 2.3.2.8 Punto de Ablandamiento del residuo asfáltico..... | 36 |
| 2.3.2.9 Ductilidad del residuo asfáltico | 36 |
| 2.3.3 Parámetros de diseño para Micro-pavimentos | 37 |
| 2.3.3.1 Contenido de humedad óptima..... | 37 |
| 2.3.3.2 Cohesión húmeda | 38 |
| 2.3.3.3 Pérdida por abrasión húmeda (WTAT) | 38 |
| 2.3.3.4 Rueda Cargada con adhesión de arena..... | 38 |
| CAPITULO III | 39 |
| 3. ENSAYOS Y DISEÑO DEL MICRO-PAVIMENTO TIPO III..... | 39 |
| 3.1 ANTECEDENTES..... | 39 |
| 3.2 TÉCNICA APLICADA..... | 39 |
| 3.3 ENSAYOS DEL AGREGADO | 41 |
| 3.3.1 Muestreo de los agregados | 41 |
| 3.3.1.1 Equipo y materiales | 41 |
| 3.3.1.2 Procedimiento..... | 41 |
| 3.3.2 Granulometría seca de los agregados | 41 |
| 3.3.2.1 Equipo y materiales | 41 |
| 3.3.2.2 Procedimiento..... | 43 |
| 3.3.2.3 Análisis de resultados..... | 46 |
| 3.3.3 Granulometría lavada de los agregados | 47 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.3.3.1 | Equipo | 47 |
| 3.3.3.2 | Procedimiento..... | 47 |
| 3.3.3.3 | Análisis de resultados..... | 47 |
| 3.3.4 | Ensayo de Equivalente de arena | 49 |
| 3.3.4.1 | Equipo y materiales | 49 |
| 3.3.4.2 | Procedimiento..... | 52 |
| 3.3.4.3 | Análisis de resultados..... | 56 |
| 3.3.5 | Pérdida por abrasión utilizando la máquina de los Ángeles..... | 56 |
| 3.3.5.1 | Equipo y materiales | 56 |
| 3.3.5.2 | Procedimiento..... | 58 |
| 3.3.5.3 | Análisis de resultados:..... | 60 |
| 3.3.6 | Durabilidad de los agregados frente a la acción de los sulfatos | 61 |
| 3.3.6.1 | Equipo y materiales | 61 |
| 3.3.6.2 | Procedimiento..... | 63 |
| 3.3.6.3 | Análisis de resultados:..... | 67 |
| 3.3.7 | Resultados finales de los ensayos realizados al agregado..... | 68 |
| 3.4 | ENSAYOS DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA | 68 |
| 3.4.1 | Residuo asfáltico por evaporación | 69 |
| 3.4.1.2 | Equipo y materiales | 69 |
| 3.4.1.3 | Procedimiento..... | 69 |
| 3.4.1.4 | Análisis de resultados:..... | 70 |
| 3.4.2 | Gravedad específica del residuo asfáltico a 25 °c | 71 |
| 3.4.2.2 | Equipo y materiales | 71 |
| 3.4.2.3 | Procedimiento..... | 73 |
| 3.4.2.4 | Análisis de resultados:..... | 74 |
| 3.4.3 | Penetración del residuo asfáltico | 76 |
| 3.4.3.2 | Equipo y materiales | 76 |
| 3.4.3.3 | Procedimiento..... | 77 |
| 3.4.3.4 | Análisis de resultados:..... | 80 |
| 3.4.4 | Punto de Ablandamiento del residuo asfáltico | 80 |
| 3.4.4.1 | Equipo y materiales | 80 |
| 3.4.4.2 | Procedimiento..... | 83 |
| 3.4.4.3 | Análisis de resultados:..... | 85 |
| 3.4.5 | Método para determinar la Ductilidad del residuo asfáltico..... | 85 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3.4.5.1 | Equipo y materiales | 85 |
| 3.4.5.2 | Procedimiento..... | 87 |
| 3.4.5.3 | Análisis de resultados:..... | 88 |
| 3.4.6 | Resultados finales de los ensayos realizados al residuo asfáltico..... | 89 |
| 3.4.7 | Porcentaje teórico de emulsión por el Método de Hvenn..... | 89 |
| 3.4.7.1 | Procedimiento..... | 90 |
| 3.4.8 | Método para determinar la Viscosidad Saybolt..... | 92 |
| 3.4.8.1 | Equipo y materiales | 92 |
| 3.4.8.2 | Procedimiento..... | 93 |
| 3.4.8.3 | Análisis de resultados:..... | 95 |
| 3.4.9 | Tamizado de las emulsiones asfálticas..... | 95 |
| 3.4.9.1 | Equipo y materiales | 95 |
| 3.4.9.2 | Procedimiento..... | 96 |
| 3.4.9.3 | Análisis de resultados:..... | 97 |
| 3.4.10 | Ensayo de Estabilidad a las 24 horas | 98 |
| 3.4.10.1 | Equipo y materiales | 98 |
| 3.4.10.2 | Procedimiento..... | 99 |
| 3.4.10.3 | Análisis de resultados:..... | 100 |
| 3.4.11 | Ensayo de Asentamiento a los 5 días..... | 101 |
| 3.4.11.1 | Equipo y materiales | 101 |
| 3.4.11.2 | Procedimiento..... | 101 |
| 3.4.11.3 | Análisis de resultados:..... | 102 |
| 3.4.12 | Resultados finales de los ensayos realizados a la emulsión | 103 |
| 3.5 | ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE LA MEZCLA | 103 |
| 3.5.1 | Porcentajes iniciales de la mezcla | 103 |
| 3.5.2 | Ensayo de Contenido de humedad óptima | 104 |
| 3.5.2.1 | Equipo y materiales | 104 |
| 3.5.2.2 | Procedimiento..... | 105 |
| 3.5.2.3 | Análisis de resultados:..... | 108 |
| 3.5.3 | Ensayo de Cohesión húmeda..... | 108 |
| 3.5.3.1 | Equipo y materiales | 108 |
| 3.5.3.2 | Procedimiento..... | 110 |
| 3.5.3.3 | Análisis de resultados:..... | 113 |
| 3.5.4 | Ensayo de Abrasión húmeda..... | 113 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| 3.5.4.1 | Equipo y materiales | 113 |
| 3.5.4.2 | Procedimiento..... | 115 |
| 3.5.4.3 | Análisis de resultados:..... | 118 |
| 3.5.5 | Ensayo de Rueda Cargada..... | 119 |
| 3.5.5.1 | Equipo y materiales | 119 |
| 3.5.5.2 | Procedimiento..... | 121 |
| 3.5.5.3 | Análisis de resultados:..... | 125 |
| 3.5.6 | Resultados finales de los ensayos realizados a la mezcla. | 126 |
| 3.6 | FÓRMULA IDEAL DE DISEÑO..... | 126 |
| 3.6.1 | Definición | 126 |
| 3.6.2 | Determinación de la fórmula ideal de diseño | 126 |
| 3.6.2.1 | Agregado | 127 |
| 3.6.2.2 | Emulsión..... | 127 |
| 3.6.2.3 | Agua | 129 |
| 3.6.2.4 | Filler..... | 130 |
| 3.6.2.5 | Tiempo de apertura al tráfico..... | 131 |
| 3.6.2.6 | Porcentajes óptimos de la fórmula ideal de diseño. | 132 |
| 3.7 | APLICACIÓN EN CAMPO | 133 |
| 3.7.1 | Micro-pavimento sobre la superficie del proyecto real | 133 |
| 3.7.1.1 | Proceso. | 133 |
| 3.7.1.2 | Equipo | 133 |
| 3.7.1.3 | Colocación en obra..... | 134 |
| CAPÍTULO IV | | 139 |
| 4. | ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS..... | 139 |
| 4.1 | ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO | 139 |
| 4.1.1 | Costo directo..... | 139 |
| 4.1.1.1 | Definición..... | 139 |
| 4.1.2 | Costo Indirecto..... | 140 |
| 4.1.2.1 | Definición..... | 140 |
| 4.1.3 | Costo Total | 140 |
| 4.1.3.1 | Definición..... | 140 |
| 4.1.4 | Parámetros para el cálculo del Precios Unitarios..... | 140 |

| | |
|--|---------|
| 4.1.5 Detalle de análisis del precio unitario Micro-pavimento | 141 |
| 4.1.6 Detalle de análisis del precio unitario Slurry Seal | 142 |
| 4.1.7 Análisis de Costo - Beneficio. | 143 |
| 4.1.7.1 Slurry Seal | 143 |
| 4.1.7.2 Micro-pavimento | 143 |
| 4.1.7.3 Análisis comparativo..... | 143 |
| CAPÍTULO V | 145 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 145 |
| 5.1 CONCLUSIONES | 145 |
| 5.1.1 Elementos de la mezcla..... | 145 |
| 5.1.1.1 Agregado..... | 145 |
| 5.1.1.2 Elaboración de la Emulsión. | 145 |
| 5.1.1.3 Filler..... | 146 |
| 5.1.1.4 Agua. | 146 |
| 5.1.2 Mezcla Diseñada en el laboratorio..... | 146 |
| 5.1.3 Riego de la mezcla in situ | 146 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 147 |
| 5.2.1 Elementos de la mezcla..... | 147 |
| 5.2.1.1 Agregado..... | 147 |
| 5.2.1.2 Elaboración de la Emulsión. | 148 |
| 5.2.1.3 Filler..... | 148 |
| 5.2.1.4 Agua. | 148 |
| 5.2.2 Mezcla Diseñada en el laboratorio..... | 149 |
| 5.2.3 Riego de la mezcla in situ | 149 |
| 5.3 IMPACTO AMBIENTAL | 150 |
| 5.4 BIBLIOGRAFIA | 151 |
| 5.5 ANEXOS..... | 153 |
| 5.5.1 Apoyo brindado por la empresa Herdoiza Crespo Construcciones S.A. | 153 |
| 5.5.2 Solicitud de datos Meteorológicos Estación La Victoria – Inerhi..... | 154 |
| 5.5.3 Insumos utilizados en la fabricación de emulsión asfáltica | 155 |
| 5.5.4 Respaldos de Ensayos de Laboratorio | 156 |
| 5.5.5 Respaldos salariales y de equipo Macropaver | 166 |

INDICE DE VARIOS

Lista de Figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 2.1: Composición estructural básica de un pavimento | 6 |
| Figura 2.2: Composición estructural básica de un pavimento rígido | 8 |
| Figura 2.3: Esquema del comportamiento de un pavimento rígido | 8 |
| Figura 2.4: Composición estructural básica de un pavimento flexible | 9 |
| Figura 2.5: Esquema del comportamiento de un pavimento flexible | 10 |
| Figura 2.6: Esquema estructural de la emulsión aniónica..... | 20 |
| Figura 2.7: Esquema estructural de la emulsión catiónica. | 21 |
| Figura 2.8: Nomenclatura de la emulsión..... | 23 |
| Figura 2.9: Diagrama de una planta de elaboración de emulsión asfáltica. | 26 |
| Figura 3.1: Aguja normalizada (mm) | 76 |
| Figura 3.2: Porta anillos de bronce (mm) | 81 |
| Figura 3.3: Anillo sin borde (mm) / Figura 3.4: Anillo con borde (mm) | 82 |
| Figura 3.5: Anillo sin borde (mm) | 82 |
| Figura 3.6: Moldes acoplados en forma de briqueta (mm)..... | 86 |
| Figura 3.7: Máquina de ensayo Rueda cargada (LWT) | 119 |
| Figura 3.8: Composición de la Macropaver..... | 134 |

Lista de gráficos

| | |
|--|-----|
| Gráfico 3.1: Curva de granulometría seca para Micro-pavimento | 46 |
| Gráfico 3.2: Curva de granulometría lavada para Micro-pavimento | 48 |
| Gráfico 3.3: Curva de granulometría promedio para Micro-pavimento..... | 49 |
| Gráfico 3.4: Determinación gráfica del contenido óptimo de emulsión..... | 128 |
| Gráfico 3.5: Gráfica de Consistencia vs Agua de amasado | 129 |
| Gráfico 3.6: Cohesión húmeda para definir tiempo de apertura al tráfico | 131 |
| Gráfico 4.1: Diferencia de costo por m ² entre Micro-pavimento y Slurry Seal .. | 144 |

Lista de fórmulas

| | |
|---|----|
| Fórmula 3.1: Porcentaje de abrasión | 60 |
| Fórmula 3.2: Porcentaje de Residuo por evaporación. | 70 |
| Fórmula 3.3: Gravedad específica del residuo asfáltico..... | 74 |
| Fórmula 3.4: Densidad del residuo asfáltico. | 75 |

| | |
|---|-----|
| Fórmula 3.5: Contenido de asfalto residual sobre el peso del agregado | 90 |
| Fórmula 3.6: Porcentaje teórico de emulsión asfáltica | 91 |
| Fórmula 3.7: Tamizado de emulsiones asfálticas | 97 |
| Fórmula 3.8: Estabilidad de emulsiones asfálticas | 100 |
| Fórmula 3.9: Asentamiento de emulsiones asfálticas | 102 |
| Fórmula 3.10: Arena adherida a la briqueta | 125 |
| Fórmula 3.11: Factor de corrección según molde para arena..... | 125 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1: Variación diaria de temperatura, estación hacienda la Victoria | 13 |
| Tabla 2.2: Aplicación sugerida según su capacidad de carga por m ² | 18 |
| Tabla 2.3: Aplicación de diferentes tratamientos según el volumen y tipo de tráfico | 18 |
| Tabla 2.4: Granulometría ISSA de agregados para Micro-pavimentos | 29 |
| Tabla 2.5 Parámetros de calidad para los componentes del Micro-pavimento ... | 30 |
| Tabla 2.6: Ensayos básicos para calificar los agregados pétreos..... | 31 |
| Tabla 2.7: Ensayos básicos para calificar emulsiones asfálticas. | 34 |
| Tabla 2.8: Ensayos básicos para calificar el residuo asfáltico | 34 |
| Tabla 2.9: Pruebas de diseño recomendadas para Micro-pavimento. | 37 |
| Tabla 3.1: Granulometría ISSA de agregados para Micro-pavimento..... | 44 |
| Tabla 3.2: Granulometría seca para Micro-pavimento | 46 |
| Tabla 3.3: Granulometría lavada para Micro-pavimento | 47 |
| Tabla 3.4: Granulometría promedio para Micro-pavimento..... | 48 |
| Tabla 3.5: Resultados finales del ensayo Equivalente de arena..... | 56 |
| Tabla 3.6: Carga abrasiva según la granulometría del agregado | 57 |
| Tabla 3.7: Granulometrías para ensayo Resistencia a la abrasión | 58 |
| Tabla 3.8: Resultados finales del ensayo de Abrasión..... | 61 |
| Tabla 3.9: Serie de tamices según su abertura..... | 61 |
| Tabla 3.10: Tamices para muestra de árido fino | 63 |
| Tabla 3.11: Resultados finales del ensayo de Integridad (usando MgSO ₄)..... | 67 |
| Tabla 3.12: Resultados finales de los ensayos realizados al agregado | 68 |
| Tabla 3.13: Procedimientos para ensayo Residuo por evaporación | 69 |
| Tabla 3.14: Resultados finales del ensayo, (%) de Residuo asfáltico | 71 |
| Tabla 3.15: Resultados finales del ensayo # 1 | 75 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 3.16: Resultados finales del ensayo # 2..... | 75 |
| Tabla 3.17: Resultados del ensayo Gravedad y Densidad Específica | 76 |
| Tabla 3.18: Diámetros del recipiente..... | 77 |
| Tabla 3.19: Diferentes condiciones de ensayo | 79 |
| Tabla 3.20: Resultados finales del ensayo Penetración del residuo asfáltico | 80 |
| Tabla 3.21: Resultados finales del ensayo Punto de Ablandamiento del residuo | 85 |
| Tabla 3.22: Resultados finales del ensayo Ductilidad del residuo asfáltico | 88 |
| Tabla 3.23: Resultados finales de los ensayos realizados al residuo asfáltico ... | 89 |
| Tabla 3.24: Factores para determinar la capacidad superficial del agregado | 89 |
| Tabla 3.25: Resultados de Superficie teórica del agregado..... | 91 |
| Tabla 3.26: Resultados finales del ensayo de Viscosidad Saybolt | 95 |
| Tabla 3.27: Resultados finales del ensayo Tamizado de emulsiones asfálticas . | 98 |
| Tabla 3.28: Resultados finales del ensayo de Estabilidad | 101 |
| Tabla 3.29: Resultados finales del ensayo de Asentamiento..... | 102 |
| Tabla 3.30: Resultados finales de los ensayos realizados a la emulsión sin polímero | 103 |
| Tabla 3.31: Porcentajes iniciales para el diseño de Micro-pavimento..... | 104 |
| Tabla 3.32: Porcentaje óptimo de humedad | 108 |
| Tabla 3.33: Resultados de Cohesión húmeda | 113 |
| Tabla 3.34: Resultados de Abrasión húmeda | 118 |
| Tabla 3.35: Resultados de la Rueda cargada | 125 |
| Tabla 3.36: Resultados finales de los ensayos realizados a la emulsión sin polímero | 126 |
| Tabla 3.37: Resumen de resultados | 128 |
| Tabla 3.38: Determinación gráfica del contenido óptimo de emulsión | 129 |
| Tabla 3.39: Resumen de resultados-Cohesión húmeda | 130 |
| Tabla 3.40: Fórmula ideal de diseño..... | 132 |
| Tabla 4.1: Análisis comparativo Costo Directo por m ² | 143 |

Lista de fotografías

| | |
|---|----|
| Fotografía 2.1: Molino coloidal | 24 |
| Fotografía 2.2: Tanque de solución jabonosa | 25 |
| Fotografía 2.3: Tanques de asfalto | 25 |
| Fotografía 2.4: Pipa transportadora de emulsión | 27 |

| | |
|---|----|
| Fotografía 2.5: Pipa parcialmente llenas..... | 28 |
| Fotografía 3.1: Máquina de cuarteo | 42 |
| Fotografía 3.2: Horno | 42 |
| Fotografía 3.3: Torre de tamices..... | 42 |
| Fotografía 3.4: Balanza..... | 43 |
| Fotografía 3.5: Cuarteo de material / Fotografía 3.6: Recolección de material ... | 43 |
| Fotografía 3.7: Secado de material a $110^{\circ}\text{c} \pm 5^{\circ}\text{c}$ | 44 |
| Fotografía 3.8: Torre de tamizado..... | 45 |
| Fotografía 3.9: Tamizado parcial / Fotografía 3.10: Peso acumulado..... | 45 |
| Fotografía 3.11: Sistema de sifonamiento (sist. sifón, tubo irrigador y flexible) .. | 50 |
| Fotografía 3.12: Pisón metálico de 1 kg..... | 50 |
| Fotografía 3.13: Recipiente metálico, tapones, embudo y solución | 51 |
| Fotografía 3.14: Probetas graduadas..... | 51 |
| Fotografía 3.15: Máquina agitadora | 51 |
| Fotografía 3.16: Tamiz # 4 | 52 |
| Fotografía 3.17: Cronómetro | 52 |
| Fotografía 3.18: Material seco al horno..... | 52 |
| Fotografía 3.19: Preparación de solución / Fotografía 3.20: Mezcla de solución | 53 |
| Fotografía 3.21: Vertido | 53 |
| Fotografía 3.22: Introducir el agregado / Fotografía 3.23: Eliminar burbujas de aire | 54 |
| Fotografía 3.24: Agitador mecánico | 54 |
| Fotografía 3.25: Llenado con irrigación / Fotografía 3.26: Mezcla en reposo | 55 |
| Fotografía 3.27: Lectura de alturas | 56 |
| Fotografía 3.28: Máquina de los Ángeles..... | 57 |
| Fotografía 3.29: Tamiz..... | 57 |
| Fotografía 3.30: Tamizado de muestra | 58 |
| Fotografía 3.31: Muestra acumulada | 59 |
| Fotografía 3.32: Muestra y carga abrasiva..... | 59 |
| Fotografía 3.33: Recolección de material ensayado | 60 |
| Fotografía 3.34: Sulfato de magnesio | 62 |
| Fotografía 3.35: Matraz aforado y embudo | 62 |
| Fotografía 3.36: Termómetro calibrado de mercurio | 62 |
| Fotografía 3.37: Torres para tamizado de finos | 63 |

| | |
|---|----|
| Fotografía 3.38: Muestras para ensayo de sulfatos | 64 |
| Fotografía 3.39: Solución de sulfato de magnesio | 64 |
| Fotografía 3.40: Gravedad específica de la solución | 65 |
| Fotografía 3.41: Muestras sumergidas en la solución..... | 65 |
| Fotografía 3.42: Lavado de muestra sumergida | 66 |
| Fotografía 3.43: Secado de muestras | 66 |
| Fotografía 3.44: Recipientes resistentes al calor | 69 |
| Fotografía 3.45: Calentado de recipientes | 70 |
| Fotografía 3.46: Picnómetro cónico | 71 |
| Fotografía 3.47: Balanza electrónica de precisión | 72 |
| Fotografía 3.48: Vaso de precipitación..... | 72 |
| Fotografía 3.49: Baño maría | 72 |
| Fotografía 3.50: Vertido de residuo asfáltico..... | 73 |
| Fotografía 3.51: Ensayo con ayuda del baño maría | 73 |
| Fotografía 3.52: Pesado en balanza electrónica | 74 |
| Fotografía 3.53: Penetrómetro | 77 |
| Fotografía 3.54: Vertido de residuo asfáltico..... | 78 |
| Fotografía 3.55: Residuo sumergido en baño maría | 78 |
| Fotografía 3.56: Penetración de la muestra | 79 |
| Fotografía 3.57: Penetraciones realizadas..... | 80 |
| Fotografía 3.58: Plato y accesorios..... | 81 |
| Fotografía 3.59: Compuesto aislante | 83 |
| Fotografía 3.60: Muestras con agente aislante / Fotografía 3.61: Retiro de excesos..... | 83 |
| Fotografía 3.62: Inmersión del conjunto / Fotografía 3.63: Esferas sobre muestras | 84 |
| Fotografía 3.64: Calentado del baño / Fotografía 3.65: Punto de ablandamiento | 85 |
| Fotografía 3.66: Ductilómetro con baño de agua | 86 |
| Fotografía 3.67: Armado de briquetas..... | 87 |
| Fotografía 3.68: Vertido del residuo asfáltico / Fotografía 3.69: Muestras sumergidas | 87 |
| Fotografía 3.70: Colocación de las briquetas / Fotografía 3.71: Elongación de las muestras | 88 |

| | |
|--|-----|
| Fotografía 3.72 Viscosímetro Saybolt | 92 |
| Fotografía 3.73: Matraz recibidor | 93 |
| Fotografía 3.74: Control de temperatura | 93 |
| Fotografía 3.75: Obtención de la temperatura de ensayo | 94 |
| Fotografía 3.76: Vertido de emulsión en el Viscosímetro | 94 |
| Fotografía 3.77: Llenado del matraz | 95 |
| Fotografía 3.78: Tamiz y recipiente base | 96 |
| Fotografía 3.79: Tamizado de emulsión | 96 |
| Fotografía 3.80: Lavado del tamiz y de las partículas retenidas | 97 |
| Fotografía 3.81: Partículas retenidas secas | 97 |
| Fotografía 3.82: Probeta de 500 ml..... | 98 |
| Fotografía 3.83: Pipeta y bomba de caucho | 99 |
| Fotografía 3.84: Muestra en reposo durante 24 horas | 99 |
| Fotografía 3.85: Succión de la muestra / Fotografía 3.86: Colocación de la muestra | 100 |
| Fotografía 3.87: Molde cónico de metal | 104 |
| Fotografía 3.88: Base graduada de papel..... | 105 |
| Fotografía 3.89: Mezclado uniforme..... | 106 |
| Fotografía 3.90 Centrado del cono con la base graduada | 106 |
| Fotografía 3.91: Introducción de la mezcla | 107 |
| Fotografía 3.92: Fluidez de la mezcla | 107 |
| Fotografía 3.93: Cohesímetro / Fotografía 3.94: Torsiómetro | 109 |
| Fotografía 3.95: Anillos metálicos sobre fondo de caucho..... | 109 |
| Fotografía 3.96: Mezclado uniforme de 1 a 3 minutos | 110 |
| Fotografía 3.97: Llenado del anillos con la mezcla | 111 |
| Fotografía 3.98: Muestras secadas al sol | 111 |
| Fotografía 3.99: Calibrado de la máquina | 112 |
| Fotografía 3.100: Muestra lista para ensayar / Fotografía 3.101: Muestra ensayada | 112 |
| Fotografía 3.102: Agitador mecánico | 114 |
| Fotografía 3.103: Molde plástico y base de caucho | 114 |
| Fotografía 3.104: Colocación de la emulsión | 115 |
| Fotografía 3.105: Colocado del molde / Fotografía 3.106: Llenado y distribución | 116 |

| | |
|---|-----|
| Fotografía 3.107: Muestra en base metálica / Fotografía 3.108: Muestra secada al horno..... | 116 |
| Fotografía 3.109: Muestra sumergida | 117 |
| Fotografía 3.110: Muestra sumergida y ensayada..... | 117 |
| Fotografía 3.111: Muestras ensayadas..... | 118 |
| Fotografía 3.112: Agitador mecánico | 119 |
| Fotografía 3.113: Moldes para fabricación y ensayo..... | 120 |
| Fotografía 3.114: Marco y base metálica / Fotografía 3.115: Distribución de la mezcla..... | 122 |
| Fotografía 3.116: Retiro del marco metálico / Fotografía 3.117: Muestra lista para secado | 122 |
| Fotografía 3.118: Limpieza de excesos / Fotografía 3.119: Fijación en la máquina | 122 |
| Fotografía 3.120: Compactación de briqueta | 123 |
| Fotografía 3.121: Ajuste de molde para arena / Fotografía 3.122 Colocación de arena..... | 123 |
| Fotografía 3.123: Compactación con arena | 124 |
| Fotografía 3.124: Pesado de briqueta ensayada | 124 |
| Fotografía 3.125: Máquina de mezclado continua Macropaver | 133 |
| Fotografía 3.126: Sellado de fisuras | 135 |
| Fotografía 3.127: Contenedores del Macropaver..... | 135 |
| Fotografía 3.128: Plancha de tendido / Fotografía 3.129: Plancha y banda colocada..... | 136 |
| Fotografía 3.130: Computador de control | 136 |
| Fotografía 3.131: Ingreso de la mezcla a la plancha..... | 137 |
| Fotografía 3.132: Riego de Micro-pavimento | 137 |
| Fotografía 3.133: Textura del Micro-pavimento (antes de curado) | 138 |

RESUMEN EJECUTIVO

“DISEÑO DE MICRO-PAVIMENTO APLICADO COMO TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA EL CONTROL DE LA VARIACIÓN TÉRMICA EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA PIFO-CUSUBAMBA, COMO PARTE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO”

Uno de los principales problemas que afectan a las vías de nuestro país es la falta de cuidado y protección que se debe dar a su estructura inicial o en posteriores intervenciones, evitando su deterioro. Un mantenimiento periódico y el uso de tratamientos superficiales son una eficaz opción que proporcionará al pavimento un escudo protector ante agentes dañinos que afectan su funcionalidad y vida útil.

En el mundo existe una gran variedad de tratamientos superficiales entre los cuales destaca los denominados Micro-pavimentos, que en esencia son una combinación de emulsión modificada con polímeros, agregado de alta calidad y agua dispuestas en proporciones adecuadas.

El objetivo de la utilización de polímeros en mezclas de Micro-pavimentos es reducir la susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos en la vía, permitiendo rendimientos más elevados que el mortero asfáltico o slurry seal. Con mejores propiedades el uso de este tratamiento es indispensable para la protección de la superficie de un pavimento deteriorado, devolviéndole sus propiedades iniciales con las que fue diseñado, prolongando así su vida útil.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseñar un tratamiento superficial preventivo del tipo Micro-pavimento, que devuelva de forma rápida y eficaz las características físico-mecánicas que la superficie un pavimento pierde por el uso.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las vías de primer orden son el principal medio de conexión entre las ciudades de nuestro país, las mismas que están expuestas constantemente al deterioro por agentes externos que disminuyen su funcionabilidad con el paso del tiempo. Para contrarrestar estos daños se debe realizar mantenimientos rutinarios y preventivos que brinden protección a la superficie del pavimento como al usuario. Poco o nada se está haciendo para preservar y alargar la vida útil de nuestras vías, el deterioro se hace visible en la superficie de vías relativamente nuevas que ya presentan problemas de fisuras, grietas, pérdida de fricción, entre otras. Estos problemas a corto plazo también se han visto reflejados en superficies tratadas, lo que demuestra uso de materiales mal calificados, técnicas y equipo inadecuado para realizar su riego. Todos estos problemas se reflejan en inseguridad, incomodidad y costos innecesarios que pueden ser evitados.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Micro-pavimento como tratamiento superficial podrá controlar o minimizar el deterioro que se presenta en la superficie del pavimento flexible, ocasionado por la variación térmica.

1.4 SISTEMATIZACIÓN

¿Cuál ha sido la trayectoria que ha tenido el uso de tratamientos superficiales en el país?

¿Cuáles son las causas que han provocado el deterioro repentino de la superficie del pavimento?

¿De qué manera se han visto afectadas las vías de primer orden por la falta de mantenimiento rutinario y preventivo?

¿Cuál es la influencia del uso de materiales calificados al diseñar un tratamiento superficial?

¿De qué manera ha influido el uso de técnicas inadecuadas al momento de diseñar, colocar y mantener un tratamiento superficial?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Diseñar una mezcla de Micro-pavimento, que minimice el deterioro repentino de la capa superficial de un pavimento flexible, provocado por la falta de mantenimiento, el uso y los cambios de temperatura a la que está expuesta.

1.5.2 Objetivo específico

- a) Diseñar un Micro-pavimento caracterizando sus componentes y propiedades índice-mecánicas.
- b) Analizar y determinar el uso de filler en base a la caracterización del agregado.
- c) Diseñar una mezcla con diferentes combinaciones calificando su comportamiento en base a las especificaciones establecidas por las normas vigentes.
- d) Analizar diferencias entre los sistemas más utilizados en el país, como producto terminado.
- e) Determinar una fórmula ideal de diseño con los porcentajes óptimos de combinación entre sus componentes.
- f) Analizar las facilidades y beneficios obtenidos en la elaboración y colocación del Micro-pavimento tendido en obra.

1.6 JUSTIFICACIÓN

1.6.1 Justificación Teórica

La presente investigación se realizará por la necesidad de profundizar en el estudio del uso de nuevas técnicas constructivas viales, como los tratamientos superficiales para la protección y acrecentar la durabilidad de la superficie del pavimento flexible colocado en las vías de primer orden.

1.6.2 Justificación Práctica

Mediante la aplicación de un Micro-pavimento se proporciona una capa protectora a la superficie de rodadura de un pavimento flexible existente y recupera la funcionalidad como una nueva capa de rodadura en forma rápida y oportuna, brindando al usuario todas cualidades que la misma debe poseer.¹

El uso correcto de las técnicas de diseño y constructivas es un factor primordial para obtener un buen funcionamiento del tratamiento superficial dispuesto en obra.

1.6.3 Justificación de Relevancia Social

Actualmente las vías de primer orden en nuestro país se han convertido en uno de los principales medios de conectividad, movilidad, comercio, turismo, entre otros. Vías que debido al uso y exposición al medio ambiente, requieren ser intervenidas con tratamientos superficiales como parte de un mantenimiento preventivo, mismo que requiere de una inversión adicional que se verá justificada por la seguridad, confort y estética que se le ofrece nuevamente al usuario de forma ágil, evitando molestias por cierre de tráfico por largos periodos de tiempo.

1.7. METODOLOGÍA

Para el presente proceso de investigación será elaborado con metodología explorativa, descriptiva y de observación.

Explorativa debido a que se va a realizar una recopilación de información existente basada en estudios, normas, memorias técnicas, laboratorios de varios autores y entrevistas con personal calificado de campo.

¹ Manual Básico de Emulsiones Asfálticas – MS-19.

Descriptiva ya que en base a la información disponible se realizarán varios ensayos y se describirá el proceso de elaboración y de calificación para cada una de las muestras ensayadas, basándose en las especificaciones establecidas en las normas.

Observación debido a que en base al comportamiento observado de las diferentes muestras, se definirá la muestra que presente mejores características antes de ser aplicada en los diferentes tramos de la vía.

1.8. VARIABLES

1.8.1 Variable dependiente

Diseño de Micro-pavimento.

a) Obtener la fórmula ideal de diseño mediante ensayos de laboratorio, calificada por las normas vigentes.

1.8.2 Variable independiente

Variación térmica, mantenimiento preventivo y tratamiento superficial.

a) Demostrar el efecto de la variación de temperatura y de su afectación en la superficie del pavimento.

b) Definir el beneficio ambiental y económico que representa la aplicación de un tratamiento superficial del tipo Micro-pavimento, comparándolo con el tratamiento más utilizado en nuestro país.

c) Definir la granulometría requerida para la elaboración de Micro pavimentos en vías de primer orden.

d) Analizar y determinar la emulsión que demuestre un comportamiento adecuado con el agregado disponible.

e) Observar en el proceso de elaboración y colocación del Micro-pavimento en vías de primer orden, para determinar conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL, TEÓRICO Y LEGAL

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Pavimento

Un pavimento es un elemento estructural vial constituido por un conjunto de capas colocadas de forma horizontal una sobre otra, diseñadas con materiales apropiados y debidamente compactados, que han de resistir adecuadamente las repetitivas sollicitaciones de esfuerzos transmitidos por el tránsito que sobre ellos circulan y para la cual fueron diseñados².

2.1.2 Características de un pavimento

Un pavimento debe caracterizarse por:

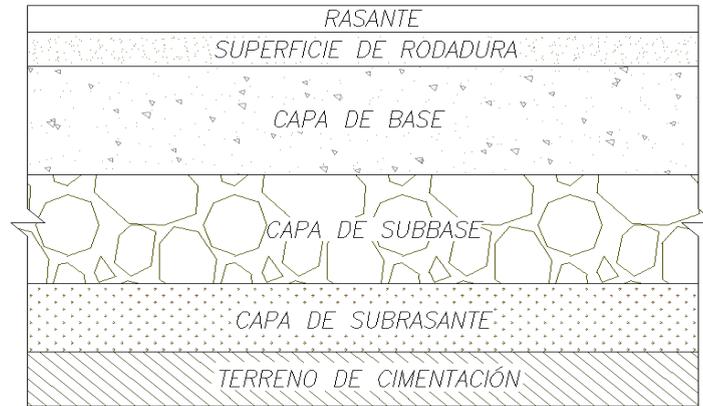
- Resistir la acción de las cargas vehiculares.
- Ser resistente a los agentes de la intemperie.
- Estar diseñado para las velocidades de circulación previstas, así también para el volumen de tráfico que soportará.
- Tener una textura superficial que brinde seguridad, bajo ruido de rodadura, eficiente visibilidad al usuario.
- Brindar comodidad al usuario tanto transversal como longitudinal (estar dimensionada correctamente).
- Poseer un adecuado sistema de drenaje.
- Ser económico.
- De pronta construcción.

² Ingeniería de Pavimentos - Tomo I.

2.1.3 Composición del pavimento

Un pavimento básicamente está compuesto de varias capas y cada una con un diferente propósito:

Figura 2.1: Composición estructural básica de un pavimento



Fuente: Pavimentos de carreteras (2010).

Autor: Elaboración propia.

2.1.3.1 Terreno de cimentación

Es aquel que se forma después de haber realizado el movimiento de tierra y que soportará todo el peso de un pavimento. La capacidad portante de este terreno será quien defina el espesor que deberá tener un pavimento ya sea flexible o rígido.

2.1.3.2 Subrasante

Es la cimentación del pavimento y cumple las funciones de soportar las cargas que se transmite de las capas superiores y darle sustentación.

2.1.3.3 Subbase

Es una capa compuesta de material seleccionado como arena, grava o escoria de altos hornos. Es responsable de servir como capa de drenaje, evitar en lo posible la deformación excesiva del material de la subrasante, controla los hinchamientos producidos por la capilaridad del agua, debido a la posible presencia de niveles freáticos cercanos.³

³ Pavimentos de Carreteras - Edición Enero 2010.

2.1.3.4 Base

Aquella que proporciona un soporte estable a la capa de rodadura, absorbe los esfuerzos transmitidos por los vehículos y distribuye uniformemente los esfuerzos a las capas subyacentes. Generalmente están constituidas por material granular y en ocasiones con materiales ligantes como pueden ser mezclas estabilizadas con cemento o mezclas bituminosas.

2.1.3.5 Superficie de rodadura

Es la capa que brinda la impermeabilización a las capas subyacentes del pavimento, evita el desgaste de la base debido al tráfico vehicular y brinda confort y seguridad al usuario.

2.1.3.6 Rasante

Es una pequeña capa que se coloca sobre la capa de rodadura compuesta de material bituminoso y en ocasiones acompañado de riego de arena o piedra picada.⁴

Debemos recordar que no siempre un pavimento está compuesto de todas las capas mencionadas, puede prescindir de cualquiera de ellas, esto dependerá de la calidad del terreno de cimentación, tráfico, tipo de pavimento, clase de material a usar, entre otras.

2.1.4 Clasificación de los pavimentos

Los pavimentos se clasifican principalmente en base de los materiales que están contruidos y de cómo estos están distribuidos. Los pavimentos más usados en nuestro medio son los pavimentos rígidos y flexibles.

2.1.4.1 Pavimentos rígidos

Son aquellos que están contruidos con una mezcla de cemento portland, agregado grueso y fino denominada losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subbase o sobre una capa de material seleccionado, denominada subrasante.⁵

⁴ Pavimentos de Carreteras - Edición Enero 2010.

⁵ Ingeniería de Pavimentos - Tercera edición; Tomo I.

Figura 2.2: Composición estructural básica de un pavimento rígido



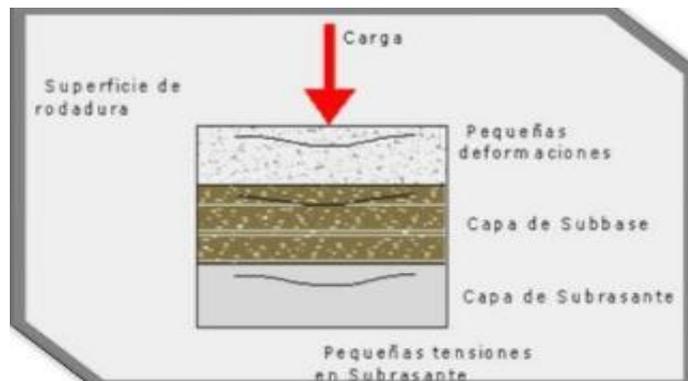
Fuente: Pavimentos de carreteras (2010).

Autor: Elaboración propia.

El espesor de su losa depende del volumen de tránsito que deba soportar y puede variar de 15 a 45 cm, y en ocasiones utilizan refuerzos de acero para evitar la formación de grietas.

Debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de cargas dando como resultado pequeñas deformaciones que experimentarían las capas subyacentes, como se muestra en la siguiente figura 2.3:

Figura 2.3: Esquema del comportamiento de un pavimento rígido



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002)

Autor: Ing. Jorge Coronado Iturbide.

Las principales características estructurales de un pavimento rígido son:

- Proteger a la subrasante de la carga vehicular y del medio ambiente, evitando las fisuras por fatiga.
- La losa es el mayor elemento estructural del pavimento rígido.

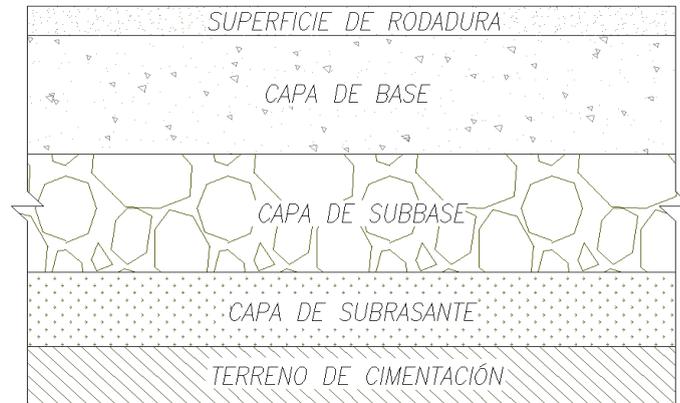
- La carga vehicular es transmitida por flexión a través de la losa, evitando deformaciones diferenciales excesivas en las juntas.
- La calidad de la subrasante es un factor secundario en el diseño.⁶

Varias son las características y objetivos que debe cumplir un pavimento rígido para garantizar su buen funcionamiento, dependiendo todo de su proceso constructivo y materiales empleados. Se ha demostrado que este tipo de pavimento “tiene un costo inicial de construcción más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años, el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas”, así lo afirma Nicholas J. Garber (2005).

2.1.4.2 Pavimentos flexibles

Son aquellos que consisten de una superficie bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base, soportadas por una cimentación, la subrasante.⁷

Figura 2.4: Composición estructural básica de un pavimento flexible



Fuente: Pavimentos de carreteras (2010).

Autor: Elaboración propia.

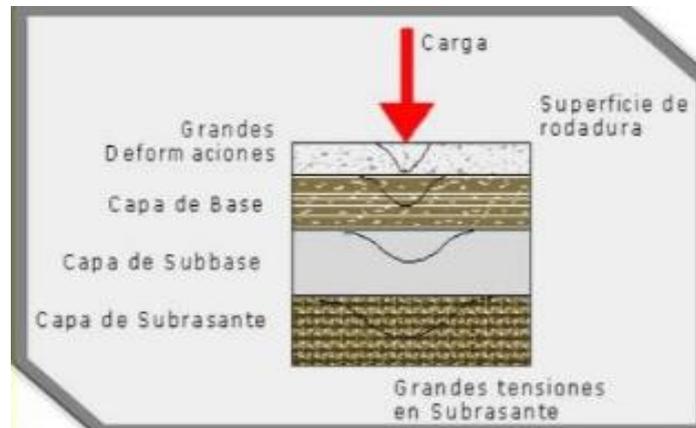
El espesor de sus capas depende principalmente de la calidad del terreno de cimentación, así como también de la calidad del material de sus capas y del volumen de tránsito que deba soportar. Este pavimento al ser un elemento flexible, las cargas de compresión generadas por la circulación vehicular son distribuidas en

⁶ Pavimentos de Carreteras - Edición Enero 2010.

⁷ Ingeniería de Pavimentos - Tercera edición; Tomo I

todas sus capas, siendo las capas superiores las que reciben mayor carga, misma que va disminuyendo con el pasa de cada capa, como se muestra en la figura 2.5:

Figura 2.5: Esquema del comportamiento de un pavimento flexible



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002)

Autor: Ing. Jorge Coronado Iturbide.

Las principales características estructurales de un pavimento flexible son:

- Proteger a la subrasante de la carga vehicular y del medio ambiente.
- Transmitir la carga vehicular (compresión) a través de todas las capas, evitando deformaciones permanentes en cada capa.
- Los esfuerzos son mayores en las capas superiores, lo cual implica el uso de materiales de mejor calidad y resistentes a la fatiga, mientras más cercana esté la capa a la superficie.
- La calidad de la subrasante es la que determina el diseño del pavimento.⁸

Varias son las características y objetivos que debe cumplir un pavimento flexible para garantizar su buen funcionamiento, dependiendo todo de su proceso constructivo y materiales empleados.

Se ha demostrado que este tipo de pavimento “en su construcción inicial resulta más económico y tiene un periodo de vida de entre 10 a 20 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil”, así lo afirma Nicholas J. Garber (2005).

⁸ Pavimentos de Carreteras - Edición Enero 2010.

2.1.5 Mantenimiento del pavimento

En el Manual Centroamericano para diseño de pavimentos (MCDP, 2002) se define al mantenimiento de un pavimento como, “un conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realiza de manera regular y ordenada en una carretera, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio, al máximo compatible con las previsiones de diseño y construcción de la obra”.

El mantenimiento es un factor vital para la estructura de un pavimento y su no aplicación incrementa el deterioro del mismo, afectando la seguridad del usuario, por tal motivo, no debe ser considerado como un recurso de urgencia, sino como una inversión en la estructura del pavimento y un seguro contra su costosa renovación.

2.1.5.1 Clasificación del Mantenimiento

Los mantenimientos se clasifican según sea el tipo y la magnitud del deterioro, siendo estos: mantenimiento preventivo, correctivo y emergencia.

a) Mantenimiento preventivo.- Es un trabajo rutinario que se lo realiza para evitar que el pavimento se deteriore y prolongue su vida útil. Su aplicación debe realizarse en el momento oportuno, es decir, mientras el pavimento está en un estado relativamente bueno. Si el pavimento no presenta la necesidad de un mantenimiento, no se debe de efectuar el trabajo, su ejecución puede acelerar su deterioro.

b) Mantenimiento correctivo.- Comprende las tareas que se realizan tras producirse el defecto. Se lo realiza para corregir un deterioro específico del pavimento, ya sea este interno o externo; es el más costoso de los tratamientos. Un ejemplo de este tipo de mantenimiento sería la aplicación de un sello de agregados para reparar un defecto de baja fricción.⁹

c) Mantenimiento de emergencia.- Consta de las tareas que deben realizarse en un caso de emergencia. Un ejemplo de este tipo de mantenimiento sería la reparación de un bache grave en un camino de alto volumen de tráfico.

⁹ El asfalto en la preservación y el mantenimiento de los pavimentos – 4ta ed.

2.1.6 Deterioro de un pavimento

El deterioro de un pavimento es la disminución o pérdida de las características con las que fue diseñado a medida que pasa el tiempo, siendo la calidad de rodadura y fricción superficial varias de las características que más nota el público en tránsito, provocando riesgos y molestias para el usuario.

2.1.6.1 Principales causas del deterioro

Existe una gran variedad de factores internos y externos que afectan el rendimiento de un pavimento, entre los principales tenemos:

- Carga de tráfico.
- Variaciones térmicas.
- Defectos de drenaje.
- Uso de materiales de baja calidad.
- Defectos de construcción, entre otros.

A medida que el pavimento envejece, al menos una de estas causas empieza a deteriorarlo. La aparición de uno de estos mecanismos es el inicio de otro, por ejemplo, al agrietarse la superficie del pavimento, la humedad se cuela en su estructura iniciando la aparición de baches y a medida que sigue ingresando la humedad los daños se irán propagando a las capas del pavimento.

2.1.7 Variación térmica

La variación térmica se define como el cambio de temperatura en un intervalo de tiempo.

En nuestro país el modelo meteorológico varía según la geografía y las temperaturas son determinadas por su altitud, ubicación y, principalmente por la presencia de la cordillera de los Andes y la influencia marítima. Por tal motivo, nuestro país goza de una variedad de climas y micro-climas que en un mismo día pueden generar cambios de temperatura múltiples. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que es la entidad encargada entre otras cosas, de realizar el estudio de los fenómenos climáticos de nuestro país. Ubicando estaciones meteorológicas en varios sectores del país, que registran

datos climatológicos como las variaciones de temperatura tomadas a horas definidas del día.

En base a la ubicación de nuestra zona de estudio se nos proporcionó la información de la estación meteorológica más cercana denominada Hacienda la Victoria, cuyos datos se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Variación diaria de temperatura, estación hacienda la Victoria

| NO CORRESPONDE A LOS DATOS | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------------------------|------|------|------|-------------------------|------|------|--------------|
| NO CORRESPONDE A LOS DATOS | | | | | | | | | | | | |
| NO CORRESPONDE A LOS DATOS ***** INAMHI ***** ESTADISTICA | | | | | | | | | | | | |
| CODIGO INFORMATICA | | | | | | | | | | | | 11/11/13 |
| ESTACION: M0009 LA VICTORIA INERHI | | | | | | | | | | | | ENERO / 2009 |
| -TEMPERATURAS EXTREMAS- | | | | | ---TERMOMETRO SECO---- | | | | ---TERMOMETRO HUMEDO--- | | | |
| DIA | MAX. | MIN. | OSC. | MED. | 07 | 13 | 19 | MED. | 07 | 13 | 19 | MED. |
| ***** | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 27.1 | 12.2 | 14.9 | 19.7 | 12.8 | 23.0 | 15.2 | 17.0 | 12.6 | 19.6 | 14.4 | 15.5 |
| 2 | 21.3 | 13.6 | 7.7 | 17.5 | 14.0 | 20.6 | 14.6 | 16.4 | 13.6 | 17.8 | 14.4 | 15.3 |
| 3 | 28.1 | 13.6 | 14.5 | 20.9 | 14.0 | 25.4 | 15.4 | 18.3 | 13.8 | 20.2 | 14.8 | 16.3 |
| 4 | 27.1 | 12.0 | 15.1 | 19.6 | 13.0 | 23.0 | 15.6 | 17.2 | 12.4 | 19.0 | 15.0 | 15.5 |
| 5 | 23.1 | 13.4 | 9.7 | 18.3 | 13.8 | 20.6 | 15.2 | 16.5 | 13.4 | 17.2 | 14.2 | 14.9 |
| 6 | 25.2 | 11.8 | 13.4 | 18.5 | 12.6 | 24.0 | 15.6 | 17.4 | 11.8 | 20.0 | 14.8 | 15.5 |
| 7 | 22.0 | 13.2 | 8.8 | 17.6 | 13.6 | 20.0 | 14.8 | 16.1 | 13.2 | 17.2 | 14.2 | 14.9 |
| 8 | 23.0 | 12.6 | 10.4 | 17.8 | 13.2 | 15.6 | 15.0 | 14.6 | 13.0 | 15.2 | 14.4 | 14.2 |
| 9 | 24.3 | 12.8 | 11.5 | 18.6 | 13.2 | 22.2 | 14.6 | 16.7 | 12.8 | 17.4 | 14.4 | 14.9 |
| 10 | 26.3 | 13.6 | 12.7 | 20.0 | 13.8 | 25.8 | 15.0 | 18.2 | 13.6 | 20.4 | 14.2 | 16.1 |
| 11 | 25.0 | 13.6 | 11.4 | 19.3 | 14.2 | 21.6 | 15.4 | 17.1 | 13.8 | 18.0 | 14.6 | 15.5 |
| 12 | 19.2 | 13.2 | 6.0 | 16.2 | 13.4 | 18.6 | 14.0 | 15.3 | 13.2 | 17.4 | 13.6 | 14.7 |
| 13 | 21.4 | 13.0 | 8.4 | 17.2 | 13.4 | 18.8 | 13.8 | 15.3 | 13.2 | 17.4 | 13.6 | 14.7 |
| 14 | 23.2 | 13.4 | 9.8 | 18.3 | 13.6 | 18.8 | 15.6 | 16.0 | 13.4 | 17.6 | 15.0 | 15.3 |
| 15 | 24.0 | 13.4 | 10.6 | 18.7 | 13.6 | 20.2 | 14.6 | 16.1 | 13.4 | 17.2 | 14.4 | 15.0 |
| 16 | 23.2 | 12.6 | 10.6 | 17.9 | 12.8 | 20.0 | 14.4 | 15.7 | 12.6 | 18.0 | 14.2 | 14.9 |
| 17 | 23.2 | 12.6 | 10.6 | 17.9 | 12.8 | 23.2 | 14.8 | 16.9 | 12.6 | 18.8 | 13.6 | 15.0 |
| 18 | 27.2 | 11.6 | 15.6 | 19.4 | 11.8 | 25.6 | 16.0 | 17.8 | 11.6 | 19.8 | 15.0 | 15.5 |
| 19 | 22.4 | 13.4 | 9.0 | 17.9 | 13.6 | 19.4 | 14.2 | 15.7 | 13.4 | 16.4 | 13.8 | 14.5 |
| 20 | 22.4 | 13.0 | 9.4 | 17.7 | 13.8 | 22.4 | 15.8 | 17.3 | 13.4 | 19.4 | 15.0 | 15.9 |
| 21 | 25.4 | 12.2 | 13.2 | 18.8 | 12.4 | 23.6 | 16.2 | 17.4 | 12.2 | 19.2 | 15.0 | 15.5 |
| 22 | 23.2 | 13.0 | 10.2 | 18.1 | 13.4 | 20.0 | 14.2 | 15.9 | 13.2 | 17.6 | 13.8 | 14.9 |
| 23 | 20.2 | 13.0 | 7.2 | 16.6 | 13.4 | 19.4 | 15.2 | 16.0 | 13.2 | 17.2 | 14.6 | 15.0 |
| 24 | 25.0 | 11.6 | 13.4 | 18.3 | 11.8 | 24.4 | 14.8 | 17.0 | 11.6 | 20.0 | 14.2 | 15.3 |
| 25 | 22.2 | 13.0 | 9.2 | 17.6 | 13.6 | 20.8 | 15.2 | 16.5 | 13.4 | 17.8 | 14.6 | 15.3 |
| 26 | 24.3 | 13.4 | 10.9 | 18.9 | 13.6 | 22.6 | 15.2 | 17.1 | 13.4 | 19.6 | 15.0 | 16.0 |
| 27 | 25.4 | 12.4 | 13.0 | 18.9 | 12.6 | 23.4 | 15.8 | 17.3 | 12.4 | 20.0 | 15.0 | 15.8 |
| 28 | 26.1 | 10.2 | 15.9 | 18.2 | 11.0 | 24.2 | 16.6 | 17.3 | 10.8 | 18.4 | 15.4 | 14.9 |
| 29 | 23.3 | 13.4 | 9.9 | 18.4 | 13.8 | 21.6 | 14.4 | 16.6 | 13.6 | 18.2 | 14.2 | 15.3 |
| 30 | 21.4 | 13.4 | 8.0 | 17.4 | 13.6 | 18.2 | 15.0 | 15.6 | 13.4 | 16.8 | 14.6 | 14.9 |
| 31 | 21.0 | 13.4 | 7.6 | 17.2 | 13.6 | 18.4 | 14.6 | 15.5 | 13.4 | 16.6 | 14.4 | 14.8 |
| ----- VALORES MENSUALES MEDIOS Y EXTREMOS ----- | | | | | | | | | | | | |
| #.Días | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| MEDIA | 23.7 | 12.8 | 10.9 | 18.3 | 13.2 | 21.5 | 15.1 | 16.6 | 12.9 | 18.2 | 14.5 | 15.2 |
| MAXIMA | 28.1 | 13.6 | 15.9 | 20.9 | 14.2 | 25.8 | 16.6 | 18.3 | 13.8 | 20.4 | 15.4 | 16.3 |
| Día | 3 | 2 | 28 | 3 | 11 | 10 | 28 | 3 | 3 | 10 | 28 | 3 |
| MINIMA | 19.2 | 10.2 | 6.0 | 16.2 | 11.0 | 15.6 | 13.8 | 14.6 | 10.8 | 15.2 | 13.6 | 14.2 |
| Día | 12 | 28 | 12 | 12 | 28 | 8 | 13 | 8 | 28 | 8 | 12 | 8 |

Fuente: INAMHI – Periodo 11/11/13

Estos cambios de temperatura son absorbidos por el pavimento flexible, afectando a su estructura interna como externa, debido a que, al estar formado de materiales

asfálticos son extremadamente sensibles a dichas variaciones debido a su comportamiento viscoso.¹⁰

Ante la presencia de repetitivas altas y bajas de temperatura, el pavimento se expande y se contrae provocando principalmente el agrietamiento de su superficie por fatiga, que podrán ser corregidos con el riego de un tratamiento superficial si su espesor no es mayor a 3 mm.

2.1.8 Tratamiento superficial

Un tratamiento superficial puede definirse de manera general como: diversos tipos de aplicaciones de emulsión y de emulsión más agregado pétreo, de espesor menor a una pulgada (25 mm), colocada sobre una superficie vial nueva o ya existente, que sella y prolonga su vida útil.¹¹

Este tipo de tratamientos son considerados como capas de protección, que debido a su espesor y baja capacidad de soporte no se los considera como parte estructural del pavimento.

2.1.8.1 Usos

De acuerdo al Manual básico de emulsiones asfálticas (Ed. 19), los tratamientos superficiales se usan principalmente para:

- Proporcionar una superficie económica para todo tipo de clima y tráfico.
- Formar una capa impermeable que brinde protección contra la humedad a las capas subyacentes.
- Suministrar una superficie de rodadura antideslizante.
- Dar nueva vida a superficies secas y envejecidas.
- Proveer de protección temporal a una nueva base que su uso sea durante época de invierno o su construcción sea por etapas.
- Recuperar pavimentos viejos que se han deteriorado por uso, edad, fatiga, presencia de grietas, hasta que se efectúe un mejoramiento permanente del pavimento.
- Dar una mejor estética a un pavimento existente.

¹⁰ Efecto del clima sobre el desempeño de pavimentos.

¹¹ Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

2.1.8.2 Periodo de colocación

La Norma Ecuatorial Vial (2012) recomienda que: “La rehabilitación y conservación se puede tratar por separado o conjuntamente. Si se trata por separado hay que indicar que la rehabilitación se hace de forma cíclica cada ocho años aproximadamente, mientras que la conservación necesita una partida anual. Una forma de tratar estos gastos es como un tanto por ciento anual del valor de la obra, que será del orden del 1.5% anual del valor de la misma” (cap.3.1.2 - p. 17).

2.1.8.3 Tipos de tratamientos superficiales

Los tratamientos superficiales se clasifican en tres categorías generales, según sea el tipo y la magnitud del deterioro, para lo cual tenemos:

- Tratamiento preventivo.
- Tratamiento de rehabilitación.
- Tratamiento de reconstrucción.

A continuación, se ofrece una descripción del tipo de tratamiento requerido para nuestro estudio.

a) Tratamiento preventivo.- Es aquel que se aplica generalmente a pavimentos en buen estado y sin deterioro estructural. Incluyen una variedad de tratamientos de bajo costo específicos para ciertos tipos de deterioro funcional, o para reducir la velocidad del deterioro del pavimento.¹²

2.1.8.4 Tipos de mantenimientos preventivos

Entre los principales de mantenimiento preventivo más comunes se destacan:

- Relleno de fisuras.
- Chip-Seal.
- Chip-Seal Múltiple.
- Mezclas asfálticas en caliente de bajo espesor.
- Lechada asfáltica o Slurry Seal.
- Micro-pavimento.

¹² El asfalto en la preservación y el mantenimiento de los pavimentos – 4ta ed.

Esta variedad de tratamientos en esencia cumplen la misma función de proteger y prolongar la vida útil del pavimento, pero mantienen diferentes procedimientos de colocación, maquinaria y tipos de materiales.

Para nuestro diseño analizaremos detenidamente al Micro-pavimento y citaremos brevemente al Slurry Seal, siendo estos los tratamientos más usados en nuestro medio.

a) Lechada asfáltica (Slurry Seal).- Mezcla de agregados pétreos (calizas, granito, basalto y escoria de fundición), emulsión asfáltica, filler (cemento portland o cal), aditivos y agua, su aplicación se la realiza con un equipo especializado de forma rápida y precisa.¹³

b) El Micro-pavimento.- Mezcla de una emulsión catiónica modificada con polímeros, agregados triturados, filler, aditivos y agua, apropiadamente proporcionados y esparcidos en una superficie preparada. Se lo utiliza para la protección y mejora de la fricción superficial de un pavimento existente o nuevo, descrito así por la Norma Ecuatorial Vial (2012).

2.1.8.5 Diferencias entre el Slurry Seal y Micro-pavimento.

Siendo ambos sistemas de tratamientos superficiales de igual composición básica, diferencian claramente en:

a) Su composición en esencia es la misma a diferencia del Micro-pavimento que en su elaboración se le agrega polímero mejorando sus propiedades iniciales de cohesión y de adherencia.

b) El Slurry Seal puede alcanzar espesores desde los 3 a 10 mm, en cambio el Micro-pavimento puede alcanzar espesores de hasta 50 mm distribuido en diferentes capas, debido al incremento de su estabilidad.¹⁴

c) La susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos del Micro-pavimento es menor que la del Slurry Seal.

¹³ Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

¹⁴ Condiciones para prácticas de diseño, construcción y rendimiento de Micro-pavimentos.

2.2 MICRO-PAVIMENTO

2.2.1 Introducción

Con el paso de los años y los avances tecnológicos, se han realizado estudios cada vez más avanzados para poder llegar al perfeccionamiento químico de los productos que intervienen en la elaboración de tratamientos que brinden mejores resultados en la protección de los pavimentos. Productos que sean de fácil obtención, económicos, versátiles y eficaces al momento de su elaboración y aplicación. Existe una gran variedad de tratamientos superficiales, siendo uno de los principales el Micro-pavimento aplicado alrededor del mundo con excelentes resultados.

2.2.1.1 Reseña Histórica.

Mediante publicación de la Surface Rehabilitation Techniques (1994, p.3), se describe que; “el Micro-pavimento (Micro-surfacing) fue desarrollado inicialmente en Europa a mediados de los años 70’s y se lo comercializó en los Estado Unidos a principios de los años 80’s. Utilizándolo por primera vez en Kansas, desde entonces se ha usado este tratamiento para corregir ciertas condiciones de pavimentos en vías de moderado y alto tráfico” iniciando así su desarrollo.

2.2.1.2 Importancia.

En la actualidad la principal preocupación de las industrias constructoras de pavimentos, está relacionada con el poder diseñar pavimentos que brinden seguridad, calidad, rapidez de construcción que minimice las interrupciones al tránsito, confort y costo efectividad. Al no existir estas características se generan situaciones de alto riesgo para la vida del usuario, motivo por el cual es importante el mantenimiento periódico de la superficie de las vías, así como también el aplicar tratamientos superficiales que devuelvan las características friccionales y de durabilidad que la superficie de rodadura pierde por el uso y el paso del tiempo.

2.2.2 Definición de Micro-pavimento.

El Micro-pavimento es un sistema de pavimentación superficial (no estructural) de capas delgadas de entre 10 a 13 mm de espesor para mejorar las características de fricción en un pavimento y de hasta 50 mm para recuperación de

ahuellamientos en vías de moderado o alto volumen de tráfico. De apertura rápida al tránsito después de su aplicación.¹⁵

Mediante un estudio realizado para The State of Montana Department of Transportation, se coincide que el incremento de vida útil en un pavimento flexible con la aplicación del tratamiento es de 4 a 7 años si se lo diseña y construye correctamente.

2.2.3 Tipos y Usos del Micro-pavimento.

El Micro-pavimento ha demostrado tener un gran potencial como tratamiento superficial preventivo del pavimento. Según la International Slurry Surfacing Association (ISSA) se clasifica en tres tipos de acuerdo al tamaño del agregado y de ahí se definen sus usos.

En el mundo solo se utilizan dos tipos, los cuales son:

Tabla 2.2: Aplicación sugerida según su capacidad de carga por m2

| Tipo de Agregado | Recomendación | Tasa de aplicación sugerida |
|------------------|---|---|
| Tipo II | *Calles urbanas y residenciales. *Pistas de aterrizaje de aeropuertos. | 5.4 a 18.6 kg/m2 |
| Tipo III | *Vías principales e interestatales. *Bacheo | 8.1 a 16.2 kg/m2 (según se requiera) |

Fuente: Norma ISSA – Revista A-143

La aplicación de los diferentes tratamientos con Slurry Seal se basará de acuerdo al volumen y tipo de tráfico, como se indica a continuación:

Tabla 2.3: Aplicación de diferentes tratamientos según el volumen y tipo de tráfico

| Tratamiento | Tipo de Agregado | Volumen de tráfico | | | Tasa de aplicación sugerida | |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------|-------------------|-----------------------------|------|
| | | Liviano Mediano | Medio Pesado | Pesado Muy pesado | Baja | Alta |
| Slurry Seal | Tipo II | X | | | X | |
| | Tipo III | X | | | | X |
| Micro-pavimento | Tipo II | | | X | X | |
| | Tipo III | | | X | | X |

Fuente: Norma Ecuatorial Vial – NEVI (2012) MTOP.

¹⁵ Condiciones para prácticas de diseño, construcción y rendimiento de Micro-pavimentos.

Con la aplicación del Micro-pavimento se puede corregir defectos leves como:

- Desprendimientos de agregados, ocasionados por una mala adherencia entre el agregado y la emulsión.
- Exudaciones leves, es la presencia de una fina capa de asfalto sobre la superficie pavimentada como consecuencia del exceso de asfalto en la mezcla.
- Sellar grietas o fisuras de espesores y profundidad mínima, provocadas principalmente por las variaciones cíclicas de temperatura.
- Detener las peladuras, causadas por la separación entre las partículas de agregados y el ligante asfáltico, lo cual deja hoyitos en la superficie.
- Agregados pulidos, provocados por el desgaste que sufren los agregados blandos por efecto del tráfico, lo que representa un riesgo de deslizamiento, sobre todo si se mojan.¹⁶

De existir defectos de mayor envergadura como baches, grietas cuyo ancho sea mayor a 3 mm, o si el defecto sea estructural en estos casos se debe realizar el proceso correspondiente de sellado o de reparación, antes de colocar el Micro-pavimento.

2.2.4 Componentes del Micro-pavimento.

El Micro-pavimento está compuesto de: emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregados triturados, filler, agua y aditivos, proporcionados adecuadamente. Por su composición, la ISSA lo considera como un mortero asfáltico de alto rendimiento debido a las propiedades que adquiere con el uso de polímeros. Al ser un tipo de tratamiento más avanzado o superior al mortero asfáltico, sus componentes deben ser de alta calidad y calificados mediante normas establecidas.

2.2.4.1 Emulsión asfáltica

La Norma Ecuatorial Vial (2012, p.46) define a la emulsión como: “líquidos no inflamables, resultantes de la combinación de asfalto y agua con la presencia de un agente emulsificador como carbón, arcillas o productos químicos especiales”.

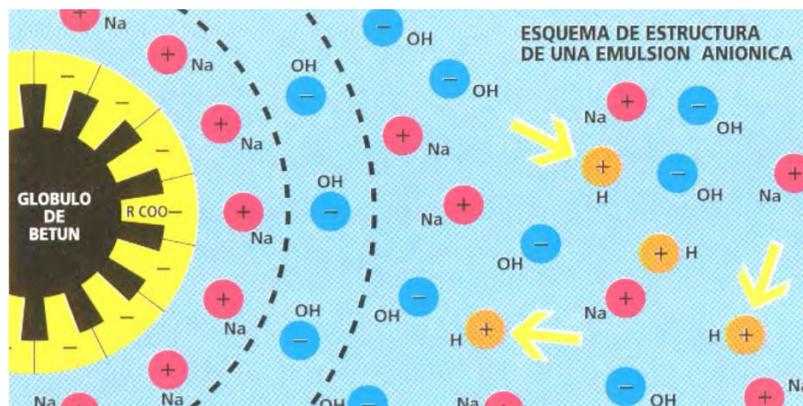
¹⁶ El asfalto en la preservación y el mantenimiento de los pavimentos – 4ta ed.

Siendo el asfalto quien constituye entre el 50 y 75% de la emulsión, es el agente ligante de la mezcla y proviene de la refinación del crudo de petróleo. Es quien aporta la dureza, ductilidad, viscosidad y adherencia, características que son definidas por la compatibilidad química obtenida con el agregado (humedecido).

El agua es el segundo componente de una emulsión asfáltica, por lo que debe tomarse en cuenta la calidad de la misma, su composición es de gran impacto en el funcionamiento de la emulsión, como por ejemplo provocando su ruptura prematura. Además, el agua en general, afecta directamente la relación entre el asfalto y el agregado. El agua utilizada debe ser de preferencia potable que no contenga impurezas, ni sólidos en suspensión.¹⁷

El emulsificante, es un agente químico que controla el tiempo de ruptura de la emulsión, a mayor cantidad de emulsificante, mayor es el tiempo de ruptura, lo que permite tener control en el uso de las emulsiones asfálticas para diferentes tipos de aplicación. Su uso determina la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no-iónicas, para lo cual, su nombre se define en base a las cargas eléctricas que rodean a las partículas de asfalto, cátodo (-) y ánodo (+). Este sistema está basado en un principio básico de electricidad, donde, cargas iguales se repelan y cargas opuestas se atraen. Por lo tanto, si una corriente eléctrica pasa a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, estas migraran al ánodo, de aquí el nombre de aniónica.¹⁸

Figura 2.6: Esquema estructural de la emulsión aniónica.



Fuente: Tecnología de pavimentos asfálticos – Emulsiones.

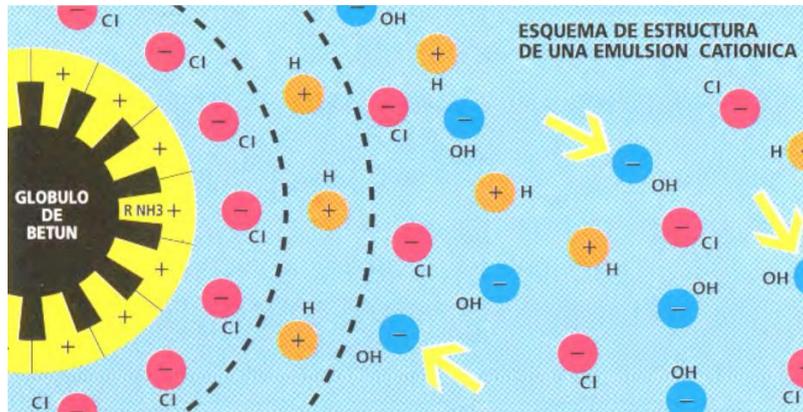
Autor: Elsamex.

¹⁷ Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

¹⁸ Manual Básico de Emulsiones Asfálticas – MS-19

A la inversa sucede con la emulsión catiónica:

Figura 2.7: Esquema estructural de la emulsión catiónica.



Fuente: Tecnología de pavimentos asfálticos – Emulsiones.

Autor: Elsamex.

La mayoría de los emulsificantes que existen en el mercado son grasas aminas (diaminas, amidoaminas, imidazolinas, etc.) que reaccionan con el ácido clorhídrico convirtiéndolas en jabón.¹⁹

Los emulsificantes de naturaleza catiónica son utilizados para la elaboración de mezclas densas en frío, slurry seal, Micro-pavimento y reciclado de pavimentos. Dependiendo de las necesidades el agente emulsificante puede contener aditivos como: estabilizantes, mejoradores de adherencia, de recubrimiento y controladores de ruptura, ya que el objetivo de su fabricación es lograr una dispersión estable del asfalto en el agua, que permita bombear, almacenar por largo tiempo y mezclar manteniendo sus propiedades. Si es el caso, se añaden en porcentajes de 0.1 a 0.5% del volumen de la emulsión, y deben ser compatibles con los otros componentes de la mezcla.

2.2.4.2 Emulsión asfáltica modificada con polímeros

Su composición básica es una emulsión asfáltica, a la cual se le añade polímeros, que son productos químicos esenciales en las emulsiones, ya que reducen la susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos aumentando su rigidez, mejorando las propiedades de cohesión y de adherencia.

¹⁹ Manual Básico de Emulsiones Asfálticas – MS-19

Los polímeros usados comúnmente son: cauchos naturales o sintéticos y los polímeros elastómeros termoplásticos tipo SBS (estireno-butadieno-estireno) o caucho SBS. La cantidad recomendada a suministrar es del 3 al 4% en peso del contenido de asfalto presente en la mezcla y puede ser agregado durante la preparación de la solución jabonosa o mezclado con el asfalto antes del proceso de emulsificación.²⁰

El uso de polímeros de tipo SBS, es debido a que, los elastómeros son menos rígidos y por lo tanto menos quebradizos, capaces de soportar impactos violentos sin romperse. Por tal motivo la mezcla será menos quebradiza, más durable y más resistente a la fatiga.

Estudios anteriores han demostrado que con el uso de polímero en la emulsión y en el diseño de la mezcla se ha logrado:

- Disminuir la susceptibilidad térmica.
- Aumentar la cohesión interna.
- Mejorar la flexibilidad y la elasticidad a bajas temperaturas.
- Mejorar el comportamiento a la fatiga.
- Aumentar la adhesividad agregado-ligante.
- Aumentar la resistencia al envejecimiento.²¹

Una vez definida la composición de una emulsión asfáltica modificada con polímeros, se procede a clasificarla, y en base a lo establecido por la Norma Ecuatorial Vial (2012, p.46), “se consideran tres tipos básicos de emulsiones asfálticas, de acuerdo con la velocidad de ruptura, velocidad que depende del tipo y cantidad del agente emulsificante utilizado: Ruptura rápida (RS), Ruptura media (MS) y Ruptura lenta (SS)”.

Las emulsiones de Ruptura rápida (RS) no son apropiadas para mezclarse con agregados húmedos, debido a que se quiebran o se rompen antes de que el asfalto recubra los agregados. Las emulsiones asfálticas recomendadas para morteros asfálticos son normalmente del tipo CSS-1, CSS-1h (emulsión catiónica de ruptura lenta) y CRS-1h (emulsión catiónica de ruptura rápida para mezclas); mismas que

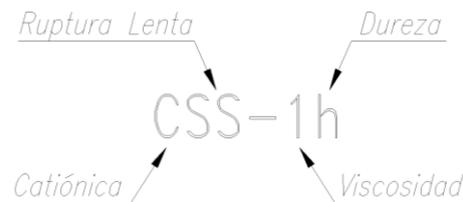
²⁰ Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes – MTOP Volumen 3

²¹ Elsamex (s.f.) Tecnología de pavimentos asfálticos

deberán ser previamente ensayadas para verificar la compatibilidad y reactividad con los agregados.

Para entender de una mejor manera como se identifican las emulsiones, a continuación un ejemplo de su nomenclatura:

Figura 2.8: Nomenclatura de la emulsión.



Fuente: Barrionuevo Guillermo - Trabajo de graduación (2012).

Autor: Elaboración propia.

Dónde:

- ♦ C = su presencia indica que es una emulsión catiónica, en el caso de su ausencia será una emulsión aniónica.
- ♦ SS = tiempo de ruptura, para el ejemplo (SS) Ruptura lenta (slow setting).
- ♦ 1 = número que indica la viscosidad relativa, pudiendo ser 2 que es más viscoso que 1.
- ♦ h = grado de consistencia de la base asfáltica (dura o hard), también puede ser (s) cuando es más blanda (soft).

2.2.4.3 Ruptura y Curado de las emulsiones.

La ruptura y el curado cumplen un papel esencial en el diseño de Micro-pavimentos, por lo cual es importante describirlas.

La ruptura en la publicación de la Surface Rehabilitation Techniques (1994, p.5), se define como:

La separación del asfalto y el agua en contacto con una sustancia extraña, como el agregado o un pavimento, es llamada “ruptura”. El tiempo que tardan las gotas de asfalto en separarse del agua es llamado comúnmente “tiempo de rompimiento”. Por ejemplo, una emulsión de ruptura rápida, romperá generalmente entre 1 y 5 minutos, mientras que una de ruptura media puede tomar 30 minutos o más para romper.

Las emulsiones modificadas para Micro-pavimentos son diseñadas para romper entre 2 y 4 minutos. El propósito del proceso de ruptura, es cubrir las partículas de agregado en la mezcla. Los finos minerales y el aditivo de campo (emulsificante), son usados para controlar el rompimiento de las emulsiones.

El proceso de rompimiento puede reconocerse por un cambio del color de la mezcla de café a negro.

El Curado se define como, el desarrollo de las propiedades mecánicas del ligante asfáltico. Esto sucede luego de que la emulsión rompe y las partículas de la emulsión se funden y se unen al agregado, formando un solo elemento.²²

2.2.4.4 Equipo de emulsificación en planta

Las áreas básicas para preparar una emulsión en planta, consta de:

a) Molino coloidal.- Dispositivo mecánico formado por un rotor de alta velocidad (1.000 – 6000 rpm), que tiene la capacidad de dividir al asfalto en pequeñísimos glóbulos del rango de 1.00 a 10.00 micras (inferior al diámetro de un cabello humano).

Fotografía 2.1: Molino coloidal



Fuente: Planta de Emulsión HCC²³

b) Tanque de solución jabonosa.- Utilizado para mezclar el emulsificante con el agua, y obtener una solución diluida de emulsificante.

²² Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

²³ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Fotografía 2.2: Tanque de solución jabonosa



Fuente: Planta de Emulsión HCC.

c) Tanques de almacenamiento.- Deben existir varios, debido a que se debe almacenar el asfalto, el emulsificante y la emulsión como producto final.

Estos tanques deben ser de materiales resistentes a la corrosión, debido a que la solución emulsiva puede ser altamente corrosiva.²⁴

Fotografía 2.3: Tanques de asfalto



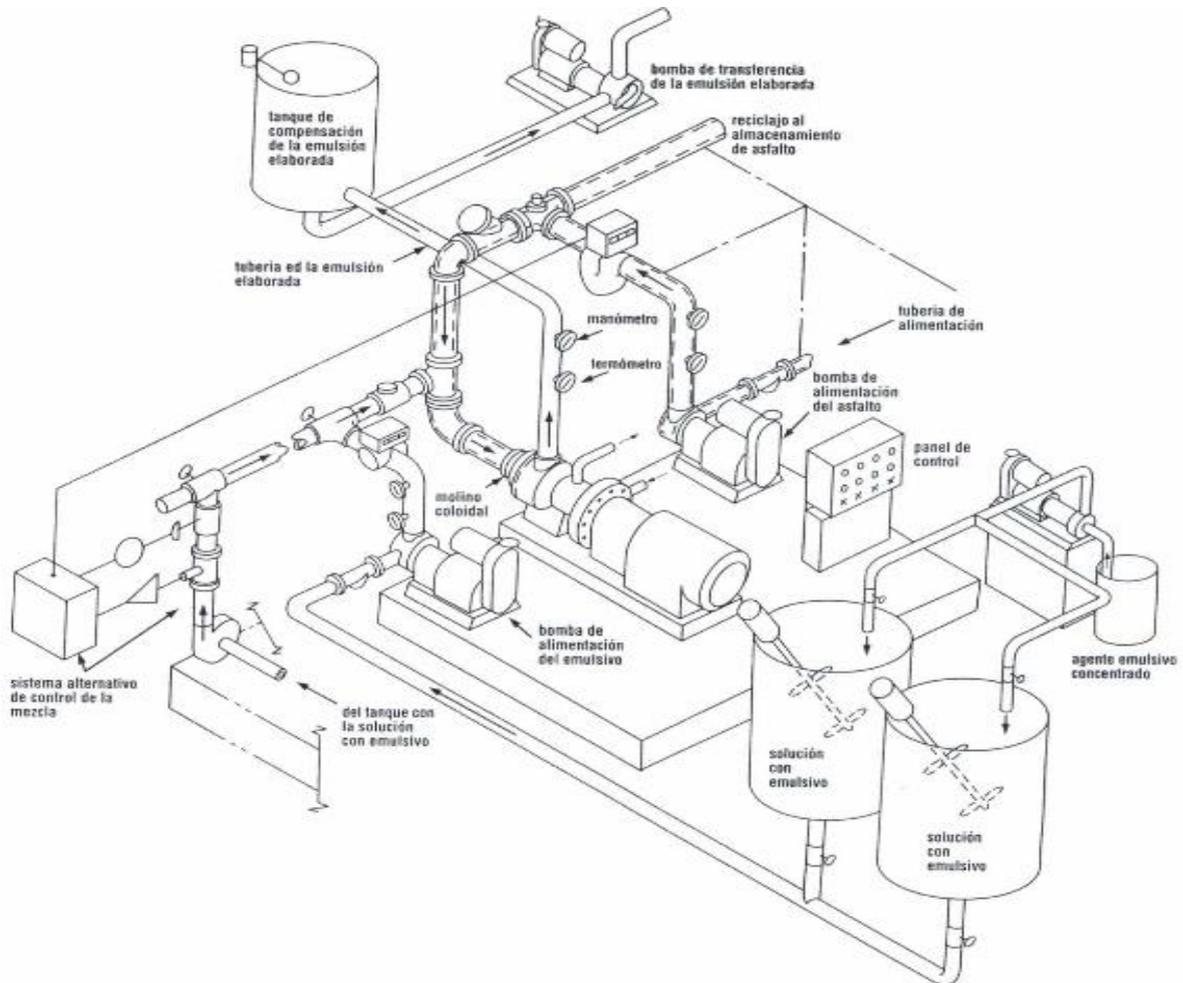
Fuente: Planta de Emulsión HCC.²⁵

²⁴ Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

²⁵ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

2.2.4.5 Elaboración de la emulsión en planta

Figura 2.9: Diagrama de una planta de elaboración de emulsión asfáltica.



Fuente: Manual Básico de emulsiones asfálticas (Ed. 19).

Autor: Asphalt Institute y AEMA.

El proceso inicia cuando el asfalto es bombeado de su tanque de almacenamiento y direccionado al molino coloidal, el cual divide al asfalto en pequeñísimos glóbulos, al mismo tiempo ingresa el agua conteniendo el agente emulsivo (solución jabonosa) y el polímero, para formar la emulsión asfáltica, misma que es bombeada a su tanque de almacenamiento.²⁶

La temperatura con la que ambos elementos ingresan al molino es un factor determinante para obtener buena calidad en la emulsión fabricada. Es una variable indispensable para controlar el contenido de asfalto y la temperatura final con la que sale del molino en calidad de emulsión asfáltica. La temperatura de salida no

²⁶ Manual Básico de Emulsiones Asfálticas – MS-19

debe ser mayor a 85°C para evitar la ebullición del agua, ya que la pérdida por evaporación implicaría mayor concentración de asfalto en la emulsión.

Normalmente la solución jabonosa ingresa al molino a una temperatura de 45°C, a diferencia del asfalto que su temperatura de ingreso depende de su dureza, mientras más duro sea el asfalto con el que se trabaje mayor será la temperatura de entrada para poder obtener su emulsificación.²⁷

Finalizada la producción de la emulsión, se debe tomar muestras para realizar los ensayos requeridos de calificación, para garantizar su buen funcionamiento.

Una vez realizados los ensayos y calificada la emulsión con su residuo, se procede a su almacenamiento o distribución a obra, según sea el caso.

2.2.4.6 Transporte y almacenamiento de la emulsión

Fotografía 2.4: Pipa transportadora de emulsión



Fuente: Planta de Emulsión HCC.²⁸

El transporte de la emulsión asfáltica se la debe realizar en pipas equipadas con rompeolas, equipo que debe estar limpio para evitar la contaminación de la mezcla.

Su llenado se lo debe realizar con una manguera flexible y a una altura máxima de 20 cm del fondo de la pipa. No se debe verterlas en cascada para evitar separación de sus elementos, ni transportarlas en pipas que queden con demasiado vacío

²⁷ Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

²⁸ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

(parcialmente llena) proporcionando agitación violenta que pueden causar la ruptura de la misma.²⁹

Fotografía 2.5: PIPA parcialmente llenas



Fuente: Propia - Planta de Emulsión HCC³⁰.

Una emulsión asfáltica puede ser almacenada por varios meses, sin que se produzca ningún deterioro y sin necesidad de calentarla para usarla, siempre y cuando esté almacenada en tanques especiales, combinada con aditivos y con el control adecuado.

La perdurabilidad y trabajabilidad de la mezcla almacenada durante largos periodo de tiempo, está relacionada directamente con el uso de aditivos (solventes) y de los porcentajes utilizados.

Sin embargo que para almacenamientos prolongados, se presentan comúnmente dos fenómenos:

La comúnmente denominada “nata”, que es una película de color blanca que se forma en la superficie de la emulsión cuando el asfalto entra en contacto prolongado con el aire. Y la sedimentación, que es un ligero aumento en la concentración a medida que se va descendiendo hacia el fondo del tanque de almacenamiento. Fenómeno ocasionado por la acción de la gravedad, que con la acción de equipo mezclador la emulsión recupera su uniformidad en la concentración de asfalto, así lo señala la empresa Asfaltos y Emulsiones de Colombia S.A.S en su página web (2009).

²⁹ Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

³⁰ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

2.2.4.7 Agregado pétreo

Es un elemento proveniente de la roca, piedra o peñasco localizado en yacimientos naturales, utilizados para la construcción previo proceso de trituración y clasificación. En el diseño de tratamientos superficiales se combina con el asfalto para preparar mezclas con diferentes aplicaciones. Sus propiedades tienen gran influencia sobre el producto final ya que representan el 90 % o más del total de la mezcla.³¹

Para el diseño de Micro-pavimentos la publicación de la ISSA (A-143, 1991) describe inicialmente tres granulometrías estándar que clasifican al agregado. Sin embargo por su uso convencional en todo el mundo únicamente se utilizan solo dos: Tipo II y Tipo III; cada una diseñada y seleccionada de acuerdo a la estructura existente, tráfico y condiciones climatológicas en el área de aplicación. A continuación la tabla de Granulometrías:

Tabla 2.4: Granulometría ISSA de agregados para Micro-pavimentos

| Tipo | I | II | III |
|--|---------------------|----------|----------|
| Tamaño del Tamiz | Porcentaje que Pasa | | |
| 9.5 mm (3/8") | 100 | 100 | 100 |
| 4.75 mm (No. 4) | 100 | 90-100 | 70-90 |
| 2.36 mm (No. 8) | 90-100 | 65-90 | 45-70 |
| 1.18 mm (No. 16) | 65-90 | 45-70 | 28-50 |
| 600 micrones (No. 30) | 40-65 | 30-50 | 19-34 |
| 300 micrones (No. 50) | 25-42 | 18-30 | 12-25 |
| 150 micrones (No. 100) | 15-30 | 10-21 | 7-18 |
| 75 micrones (No. 200) | 10-20 | 5-15 | 5-15 |
| Contenido de asfalto en el mortero asfáltico % | 15-30 | 7.5-13.5 | 6.5-12 |
| Índice de aplicación, basado en el peso seco del agregado (kg/m ²) | 2.2-5.4 | 5.4-9.1 | 8.2-13.6 |
| Espesor máximo (mm) | 3.2 | 6.4-8 | 9.5-11 |

Fuente: Norma ISSA – Revista A-143

El agregado utilizado podrá provenir de cantos triturados al 100%, como granito, escoria, piedra caliza u otro agregado de alta calidad. Cada agregado o mezcla de agregados que se utilice para el diseño de Micro-pavimentos, debe cumplir con las normas y especificaciones vigentes.

³¹ Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

2.2.4.8 Relleno mineral (Filler)

De acuerdo a la norma ASTM D 546-ASSHTO T37, señala que:

Se puede utilizar indistintamente como relleno mineral: cemento Portland tipo I, cal hidratada, polvo de piedra caliza o ceniza volcánica, con un porcentaje máximo del 2%. La adición de este relleno mineral tiene como finalidad incrementar las propiedades de manejabilidad de la mezcla, así como, mejorar la parte final de la curva granulométrica de los agregados, influyendo en el comportamiento de ruptura y curado del mortero asfáltico.

2.2.4.9 Agua

Es el principal factor que determina la humedad de la mezcla y su cantidad dependerá de la humedad del agregado. Generalmente será el 10 % respecto al peso seco del agregado, deberá ser de preferencia potable y no debe contener sólidos en suspensión.³²

2.2.5 Formula ideal de diseño

La publicación de la ISSA (A-143, 1991) señala que, una vez realizadas las pruebas a cada componente de la mezcla, los informes de laboratorios deberán mostrar claramente las proporciones de agregado, mineral de relleno (mín. y máx.), agua (mín. y máx.), aditivo (uso) y emulsión asfáltica modificada con polímero basada en el peso seco del agregado. Proporciones que pueden requerir ajustes durante la construcción basada en las condiciones de campo, y se recomienda:

Tabla 2.5 Parámetros de calidad para los componentes del Micro-pavimento

| Componente | Especificación |
|----------------------|--|
| | Fórmula ideal de diseño |
| Asfalto | 5.5% a 9.5% por peso de agregado seco. |
| Mineral de relleno | 0% a 3% por peso de agregado seco. |
| Polímero modificador | Mínimo de 3% sólido basado en peso del asfalto contenido. |
| Aditivo | Si es requerido, en porcentajes de 0.1 a 0.5 % del volumen de la emulsión. |
| Agua | Si es requerido para producir una adecuada consistencia de mezcla. |

Fuente: Norma ISSA – Revista A-143

³² Curso Básico de Emulsiones Asfálticas – Septiembre 2006.

2.2.6 Beneficios del uso de Micro-pavimento.

Los principales beneficios que se obtiene con la aplicación de un Micro-pavimento son:

- Restaurar superficie deteriorada.
- Mayor impermeabilización.
- Textura suave y con buena fricción.
- Mayor resistencia a los esfuerzos de viraje de los vehículos (torque).
- Apariencia uniforme y silenciosa al contacto con las llantas del vehículo.
- Construcción de pronta apertura al tráfico.
- De fácil riego con el equipo recomendado.

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 Ensayos para calificar el agregado pétreo

Para certificar que el agregado pétreo es apropiado para el Micro-pavimento, este deberá ser analizado mediante las pruebas básicas de calidad, que son:

Tabla 2.6: Ensayos básicos para calificar los agregados pétreos

| Norma | Ensayo | Especificación |
|-----------------------------|--|----------------------|
| AASHTO T-2 ASTM D-75 | * Muestreo de los agregados | - |
| AASHTO T-27 ASTM C-117. | * Granulometría de los agregados Granulometría seca Granulometría lavada | Tipo II o III |
| AASHTO T-176 ASTM D-2419 | * Equivalente de arena | 60% mín. |
| AASHTO T-96 ASTM C-131 | * Pérdida por abrasión de los Ángeles Grado C Grado D | 30% máx. |
| AASHTO T-104 ASTM C-88 | * Durabilidad Sulfato de sodio (Na ₂ SO ₄) Sulfato de magnesio (MgSO ₄) | 15% máx. 25% máx. |

Fuente: Norma ISSA – Revista A-143

2.3.1.1 Muestreo de los agregados

Este método establece los procedimientos para extraer y preparar las muestras de áridos finos y gruesos para fines de ensayos.

La muestra extraída es del tipo “Producción”, que quiere decir que el árido ha sido removido de su depósito natural y sometido a un tratamiento de trituración y se encuentra almacenada junto al lugar de extracción.

2.3.1.2 Granulometría de los agregados

El ensayo de granulometría se lo realiza mediante el proceso de tamizado, que determina la distribución del tamaño de las partículas de los agregados y la abundancia de cada una en la muestra. Su tamaño es quien determina si se trata de partículas finas o gruesas y de acuerdo a las especificaciones de la ISSA se determina el tipo de material.

Para clasificar una muestra de material es común realizar dos ensayos; granulometría seca y granulometría lavada, que certifican el tipo de agregado con el que se dispone.

2.3.1.3 Equivalente de arena

Es una prueba que determina el porcentaje de finos presentes en una muestra formada por material pétreo que pasa el tamiz # 4. Cuyo porcentaje define si un material es apto o no para el tipo de construcción a realizar.

El porcentaje de finos de una mezcla se determina; introduciendo una cantidad de material y solución en una probeta graduada, dejándola en reposo por un periodo de tiempo; luego será agitada de forma mecánica y colocada en reposo, para separar el recubrimiento de finos de las partículas de arena, que será visible en la probeta obteniendo las alturas de arcilla y arena. La relación de la altura de arena respecto a la de arcilla, expresado en porcentaje (%), es lo que se denomina el Equivalente de arena, lo que indica si un material es apto o no para emplearlo en un diseño.

2.3.1.4 Pérdida por abrasión utilizando la máquina de los Ángeles

Este ensayo es de suma importancia, debido a que determina la resistencia al desgaste de los agregados, determinada por la pérdida de masa de las partículas al someterlas a la acción de abrasión o desgaste, el impacto y la molienda ejecutadas en el interior de la máquina de los Ángeles, cuyo tambor giratorio

contiene un número específico de esferas acero, cuyo número depende de la gradación del material a ensayar.

La velocidad giratoria del tambor es constante y crea un efecto de impacto y trituración cuando las esferas son elevadas y por gravedad caen al lado opuesto del tambor. La acción de molienda se ejerce cuando el contenido (material y esferas) gira conjuntamente con el tambor. El agregado es sometido a esta actividad por un número determinado de revoluciones, para luego ser retirado del tambor y tamizado para medir la pérdida de masa y expresarla en porcentaje.

2.3.1.5 Durabilidad de los agregados frente a la acción de los sulfatos

Este ensayo se lo realiza para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por medio de soluciones saturadas con sulfato de sodio o de magnesio. Con él se puede estimar la calidad y desempeño de los áridos a la acción de los efectos atmosféricos.

El ensayo consiste, en sumergir el árido de diferentes tamaños en las soluciones saturadas, seguido del secado en el horno a temperatura constante. Simulando así la fuerza de expansión que ejerce el agua al congelarse en el interior de los poros del árido.

Este procedimiento se lo realiza varias veces, de donde su número de repeticiones difiere para agregados finos y agregados grueso.

2.3.2 Ensayos para calificar la emulsión asfáltica y su residuo

Las pruebas de laboratorio que se realizan a las emulsiones asfálticas y a su residuo son de suma importancia para que su almacenamiento, manejo y aplicación en campo sean adecuadas.

Existe una gran variedad de pruebas para determinar un comportamiento más detallado tanto de la emulsión y el de su residuo asfáltico, pero pueden ser muy costosas para el constructor.

Las pruebas básicas solicitados por Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) son las siguientes:

Tabla 2.7: Ensayos básicos para calificar emulsiones asfálticas.

| Norma | Ensayo | Especificación |
|---------------------------|---|-------------------------|
| ASSTHO T-59 ASTM D-244 | * Viscosidad Saybolt (25 °c) | 20 a 100 seg. |
| I.N.V.E 765 ASTM 244 | * Tamizado de las emulsiones asfálticas (Tamiz # 20) | 0 a 0.1 % |
| AASHTO T-59 INEN 909 | * Estabilidad de las emulsiones asfálticas, a las 24 horas. | Diferencia del 1 % máx. |
| AASHTO T-59 ASTM 244 | * Asentamiento de las emulsiones asfálticas, a los 5 días. | Diferencia del 5 % máx. |

Fuente: Normas ASSTHO, ASTM, I.N.V.E e INEN

Tabla 2.8: Ensayos básicos para calificar el residuo asfáltico

| Norma | Ensayo | Especificación |
|-----------------------------|---|-----------------------|
| I.N.V.E 771 INEN 905 | * Residuo asfáltico por evaporación | 50 a 70 % |
| I.N.V.E 707-07 | * Gravedad específica y Densidad del residuo a 25°C | Diferencia 0.002 máx. |
| ASSHTO T-49 ASTM D-5 | * Penetración del residuo asfáltico (1/10 mm) | 40 a 90 máx. |
| AASHTO T53-96 ASTM D-36 | * Punto de ablandamiento del residuo asfáltico | 57 % mín. |
| AASHTO T51-00 ASTM D-113 | * Ductilidad del residuo asfáltico | 40 (cm) mín. |

Fuente: Normas ASSTHO, ASTM, I.N.V.E e INEN

2.3.2.1 Viscosidad Saybolt.

El método Saybolt Furol es un método emperico para determinar la viscosidad de productos derivados del petróleo a temperaturas específicas.

Con el uso del equipo Saybolt, se vierte una muestra en sus contenedores equipados de un orificio por donde fluye el líquido, para ser recolectado en un embace normalizado. El tiempo medido en segundos que tarda en llenar dicho embace, será quien defina la viscosidad del líquido.

Los resultados obtenidos son útiles para caracterizar la uniformidad del líquido y así definir si puede existir algún problema en su producción.

2.3.2.2 Tamizado de las emulsiones asfálticas

Este método de ensayo sirve para determinar la cantidad de producto asfáltico mal emulsionado, que se presentan en forma de partículas sólidas o semi-sólidas que son retenidas en el tamiz. Formadas por una mala fabricación, ruptura de la emulsión, contaminación del tanque, temperatura, etc.

2.3.2.3 Estabilidad de las emulsiones asfálticas a las 24 horas

Esta norma establece el método para determinar la estabilidad de las emulsiones asfálticas, en especial las modificadas con polímeros que mejoran su funcionalidad.

El material a ensayarse debe permanecer en reposo en un recipiente durante 24 horas, simulando un almacenaje. Se toma una muestra de la parte superior e inferior del recipiente y se realiza el proceso de evaporación del residuo asfáltico, el resultado se expresa como la diferencia del porcentaje del residuo encontrado en la muestra superior y de la inferior.

2.3.2.4 Asentamiento de las emulsiones asfálticas a los 5 días.

Esta norma establece el método para determinar la capacidad que posee la emulsión asfáltica para permanecer como una dispersión uniforme durante el almacenamiento.

El material a ensayarse debe permanecer en reposo en un recipiente durante 5 días, simulando un almacenaje. Se toma una muestra de la parte superior e inferior del recipiente y se realiza el proceso de evaporación del residuo asfáltico, el resultado se expresa como la diferencia del porcentaje del residuo encontrado en la muestra superior y de la inferior.

2.3.2.5 Residuo asfáltico por evaporación

El ensayo de residuo asfáltico por evaporación, se lo realiza calentando la emulsión asfáltica a temperatura constante por un periodo de tiempo, con el objeto de, por evaporación del agua determinar la cantidad de residuo presente en la emulsión.

2.3.2.6 Gravedad específica del residuo asfáltico a 25 °c

Mediante este método se definen los valores de Densidad y Gravedad Específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos, así como también de alquitranes blandos.

El ensayo se lo realiza colocando la muestra en un picnómetro calibrado, se toma el peso de ambos elementos y se los sumerge en un recipiente que contiene agua destilada a temperatura constante en baño maría, para finalmente con el registro de sus masas y realizar los cálculos. Los valores obtenidos son usados para realizar conversiones de unidades de volumen a masa, necesarios en posteriores ensayos.

2.3.2.7 Penetración del residuo asfáltico

El ensayo de penetración determina la dureza o consistencia de los productos asfálticos semi--sólidos y sólidos. Este valor se determina con la ayuda del Penetrómetro, que con una aguja de medidas normalizadas penetra verticalmente al residuo con carga, tiempo y temperatura definida.

La penetración es expresada en decima de milímetro (1/10 mm). Mientras más blanda es la consistencia de un producto asfáltico, mayores serán sus valores de penetración.

2.3.2.8 Punto de Ablandamiento del residuo asfáltico

Este ensayo describe el punto de ablandamiento de materiales asfálticos en el intervalo de 30 a 200 °c, utilizando el aparato de anillo y esfera sumergido en agua destilada. Con incrementos su temperatura hasta ablandar las muestras, para permitir que cada esfera envuelta en el material, caiga una distancia de 25 mm.

Mediante este método se puede clasificar productos bituminosos en base a la tendencia del material a fluir cuando existen temperaturas elevadas, durante su vida de servicio.

2.3.2.9 Ductilidad del residuo asfáltico

Este método determina la ductilidad de un material bituminoso de consistencia solida o semisólida.

El ensayo se realiza sumergiendo una muestra de material asfáltico en un baño de agua y sometiéndola a un ensayo de tracción a temperatura y velocidad especificada.

La distancia de elongación de la muestra antes del instante de su rotura será denominada como ductilidad.

2.3.3 Parámetros de diseño para Micro-pavimentos

Existen diversos ensayos requeridos por la ISSA (A-143, 1991), que se los debe realizar para determinar las propiedades de la mezcla durante y después de su colocación. Varias de las pruebas aplicadas a los agregados del Micro-pavimento fueron desarrolladas inicialmente para el Slurry Seal, pruebas que serán indicadores confiables del comportamiento de los sistemas de Micro-pavimentos, valores que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 2.9: Pruebas de diseño recomendadas para Micro-pavimento.

| Norma | Ensayo | Especificación |
|----------------------------|---|--|
| ASTM D-3910 ISSA TB-106 | * Ensayo de Contenido de humedad óptima (Consistencia con el cono). | 2 a 3 cm (desplazamiento) |
| ASTM D-3910 ISSA TB-13 | Cohesión húmeda * Tiempo de ruptura (30 minutos) * Tiempo de apertura al tráfico (1 hora) | 12 kg/cm mín. 20 kg/cm mín. |
| ASTM D-3910 ISSA TB-100 | * WTAT Pérdida por abrasión húmeda (g/m ²) 1 hora en agua 6 días en agua | 538 g/m ² máx. 807 g/m ² máx. |
| ISSA TB-109 I.N.V.E-779 | * Exceso de asfalto LWT Rueda de carga con adhesión de arena (g/m ²) | 538 g/m ² máx. |

Fuente: Norma ISSA – Revista A-143

2.3.3.1 Contenido de humedad óptima

Esta norma describe el procedimiento para determinar la cantidad óptima de agua que debe poseer una lechada para que tenga una adecuada trabajabilidad.

Su proceso consiste en preparar una lechada y verterla en un molde cónico apoyado sobre su base mayor, misma que está centrada en una escala circular graduada. Una vez vertida la lechada, se retira el molde y se mide el aumento de diámetro inicial que experimenta, a causa de su fluencia, la masa de la lechada.

2.3.3.2 Cohesión húmeda

Esta norma detalla el procedimiento para clasificar las lechadas asfálticas en función de la evolución de la consistencia obtenida con el aumento del tiempo de curado, presentado así una determinada cohesión.

El ensayo consiste en medir los pares de torsión generados durante el desarrollo de las fuerzas de cohesión en la muestra, con los que se definen el tiempo de curado y el tiempo de apertura al tráfico a partir de un par de torsión determinado y del tiempo transcurrido, desde la fabricación de la lechada, necesario para alcanzar el par establecido.

2.3.3.3 Pérdida por abrasión húmeda (WTAT)

Esta norma describe el procedimiento para determinar las pérdidas de peso por abrasión que sufre una muestra de lechada asfáltica, al someterla a desgaste con el uso de un agitador mecánico que simula condiciones de abrasión en pavimentos mojados, tales como un vehículo circulando en una curva y frenando.

Por medio de este ensayo es posible determinar el contenido mínimo de emulsión necesario para que las pérdidas por abrasión sean inferiores al valor límite establecido.

2.3.3.4 Rueda Cargada con adhesión de arena

Esta norma describe el procedimiento para norma se determinar el contenido máximo de emulsión en la lechada para evitar exudaciones, bajo cargas de tráfico pesado.

El ensayo consiste en determinar la resistencia a la exudación y deformación que sufre una muestra de lechada asfáltica, al someterla a compactación, con una rueda cargada, en las condiciones establecidas en el método.

CAPITULO III

3. ENSAYOS Y DISEÑO DEL MICRO-PAVIMENTO TIPO III

3.1 ANTECEDENTES

El siguiente diseño se los realiza en los laboratorios de la empresa Herdoiza Crespo Construcciones S.A, bajo la necesidad de realizar un análisis detallado de todos los ensayos de calificación que el diseño de un tratamiento superficial del tipo Micro-pavimento requiere.

Los componentes para el diseño, las instalaciones y la maquinaria son suministrados por la misma empresa. El material pétreo es de TMN 3/8" proviene de la cantera del Colibrí, la emulsión asfáltica modificando con polímero es fabricada en la planta de emulsión en Carcelén.

El trabajo de campo será delimitado en el diseño y aplicación del tratamiento superficial en un tramo de la vía concesionada Colibrí – Pifo – Cusubamba.

Obtenida la fórmula ideal de diseño, la aplicación de la mezcla en la vía será de forma inmediata para evitar variantes en sus características. La cuantificación de resultados obtenidos se podrá analizar en un futuro estudio.

El presente documento servirá de guía para posteriores diseños de tratamientos que la empresa realice.

3.2 TÉCNICA APLICADA

Se realizará un análisis explorativo recopilando información vigente de normas, técnicas y especificaciones de laboratorios de varios autores, lo que fortalecerá nuestro conocimiento permitiéndonos tomar una decisión del mejor método a seguir.

La obtención de resultados será mediante ensayos de laboratorio, por lo que se aplicará un proceso de observación experimental, que permita visualizar el comportamiento de cada uno de los componentes que van a intervenir en la mezcla.

El porcentaje con el que cada elemento ingresa a la mezcla se lo realizará mediante el proceso de tanteo, evitando así el exceso en las cantidades de los elementos, y manteniendo la mezcla en equilibrio.

El equipo de ensayo y maquinaria de colocación son específicos para este tipo de trabajos, por lo que, se encuentran normados y calibrados para evitar resultados equívocos.

Para cumplir con la técnica señalada se realizará el siguiente proceso:

- Extraer y transportar el agregado con tamaño máximo nominal de 3/8" proveniente de la cantera de Colibrí, previamente procesado en la planta de trituración del lugar y apilado en sus inmediaciones.
- Identificar el tipo de componentes con los que se dispone para realizar el diseño.
- Definir mediante ensayos las características y propiedades que poseen los componentes que van a intervenir en la mezcla.
- Tomar correctivos con algún componente de la mezcla, si es el caso antes de iniciar el diseño.
- Diseñar una mezcla inicial con los porcentajes recomendados por las normas vigentes.
- Realizar varias combinaciones, aumentando o disminuyendo el porcentaje con el que cada elemento ingresa a la mezcla.
- Calificar cada mezcla elaborada en base a las especificaciones establecidas por las normas vigentes.
- Seleccionar la mezcla que presente el mejor comportamiento y desempeño durante los ensayos.
- Determinen el porcentaje óptimo de cada uno de los componentes que intervienen en la fórmula ideal de diseño del Micro-pavimento.
- Calibrar la máquina de distribución (Macropaver) con los datos obtenidos en el laboratorio, para la elaboración y colocación del Micro-pavimento en obra.

3.3 ENSAYOS DEL AGREGADO

3.3.1 Muestreo de los agregados

3.3.1.1 Equipo y materiales

1. Palas.
2. Bolsas o costales.

3.3.1.2 Procedimiento

Como primer paso se debe inspeccionar visualmente el material a muestrear, a fin de determinar su homogeneidad.

Se determina la cantidad de material necesaria para realizar los ensayos, se recomienda para áridos finos una cantidad de 30 kg para los ensayos básicos, si es necesario mayor cantidad se debe tomar el doble de lo recomendado.

Al observar que el material se encuentra distribuido en acopios, con ayuda de una cargadora frontal, se extrae porciones del nivel medio del acopio.

Extraídas las porciones, forme un pequeño acopio debidamente homogenizado, aplanando su parte superior se extrae con la pala la cantidad requerida y se introduce en la bolsa.

Se identifica claramente la muestra colocando el tipo de material, procedencia, tamaño máximo nominal y la fecha de extracción.

Realizada la identificación, se verifica que la bolsa no tenga aberturas para evitar pérdidas de material y se la transporta al laboratorio.

3.3.2 Granulometría seca de los agregados

3.3.2.1 Equipo y materiales

1. Muestra de material a ensayar, con su humedad natural.
2. Máquina de cuarteo, con aberturas de mezclado regulable y dos bandejas de recolección.

Fotografía 3.1: Máquina de cuarteo



3. Horno, con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Fotografía 3.2: Horno



4. Tamices con diferente medida de abertura, según especificación.

Fotografía 3.3: Torre de tamices



5. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.

Fotografía 3.4: Balanza



3.3.2.2 Procedimiento

Verificar que el material a cuartear este completamente mezclado y contenga la suficiente humedad para evitar la segregación y pérdida de finos.

Regular las aberturas de mezclado de la máquina, según el tamaño de material a cuartear. Se coloca material de forma uniforme en la tolva de la máquina y se presiona la palanca de apertura, dejando caer libremente al material a las bandejas de recolección. Remover el material que se encuentre entre las aberturas de mezclado, verificando que todo haya sido recolectado en las bandejas.

Se retira una de las bandejas colocando su contenido de vuelta en el saco; mientras que el material de la segunda bandeja se coloca nuevamente en la tolva. Repetir el proceso de cuarteo hasta obtener una cantidad aproximada de 2000 g (1000 g para cada ensayo).

Fotografía 3.5: Cuarteo de material



Fotografía 3.6: Recolección de material



Tomar la mitad de la muestra cuarteada (1000 g aprox.) y registrar su peso húmedo. Luego colocar en el horno a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener el peso seco del material y registrarlo.

El procedimiento hasta este punto es el mismo para ambas granulometrías.

Nota: Antes de pesar una muestra de material de cualquier característica, se debe descontar el peso del recipiente a utilizar, encerando la balanza.

Fotografía 3.7: Secado de material a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$



Seleccionar los tamices indicados en la tabla 3.1, disponiéndolos en forma de torre y en orden descendente según su tamaño de abertura.

Tabla 3.1: Granulometría ISSA de agregados para Micro-pavimento

| Tipo | | I | II | III |
|------------------|-----------|---------------------|--------|-------|
| Tamaño del Tamiz | | Porcentaje que Pasa | | |
| 9.5 mm | (3/8") | 100 | 100 | 100 |
| 4.75 mm | (No. 4) | 100 | 90-100 | 70-90 |
| 2.36 mm | (No. 8) | 90-100 | 65-90 | 45-70 |
| 1.18 mm | (No. 16) | 65-90 | 45-70 | 28-50 |
| 600 micrones | (No. 30) | 40-65 | 30-50 | 19-34 |
| 300 micrones | (No. 50) | 25-42 | 18-30 | 12-25 |
| 150 micrones | (No. 100) | 15-30 | 10-21 | 7-18 |
| 75 micrones | (No. 200) | 10-20 | 5-15 | 5-15 |

Fuente: Norma ISSA – Revista A-143

Una vez seco el material, retirarlo del horno y enfriarlo a temperatura ambiente. Pesar la muestra, registrar su peso seco y colocarlo en la torre de tamices,

iniciando el proceso de tamizado. El agitado debe ser constante durante un periodo de tiempo adecuado.

Es recomendable luego de agitar la torre, retirar cada tamiz y realizar un proceso individual de tamizado sobre una bandeja, que acumulará el material pasante para luego ser dispuesto en el tamiz subsiguiente.

Fotografía 3.8: Torre de tamizado



La muestra retenida en cada tamiz se debe colocar en un mismo recipiente sobre la balanza y registrar cada lectura de material retenido, obteniendo así un peso que irá acumulándose, que se denomina “Peso retenido acumulado”.

Fotografía 3.9: Tamizado parcial



Fotografía 3.10: Peso acumulado



Finalizado el tamizado, se debe colocar en el recipiente material pasante del tamiz No 200, para realizar un análisis comparativo de pesos. El peso total registrado en la balanza debe ser muy similar al peso de la muestra original seca. Si los

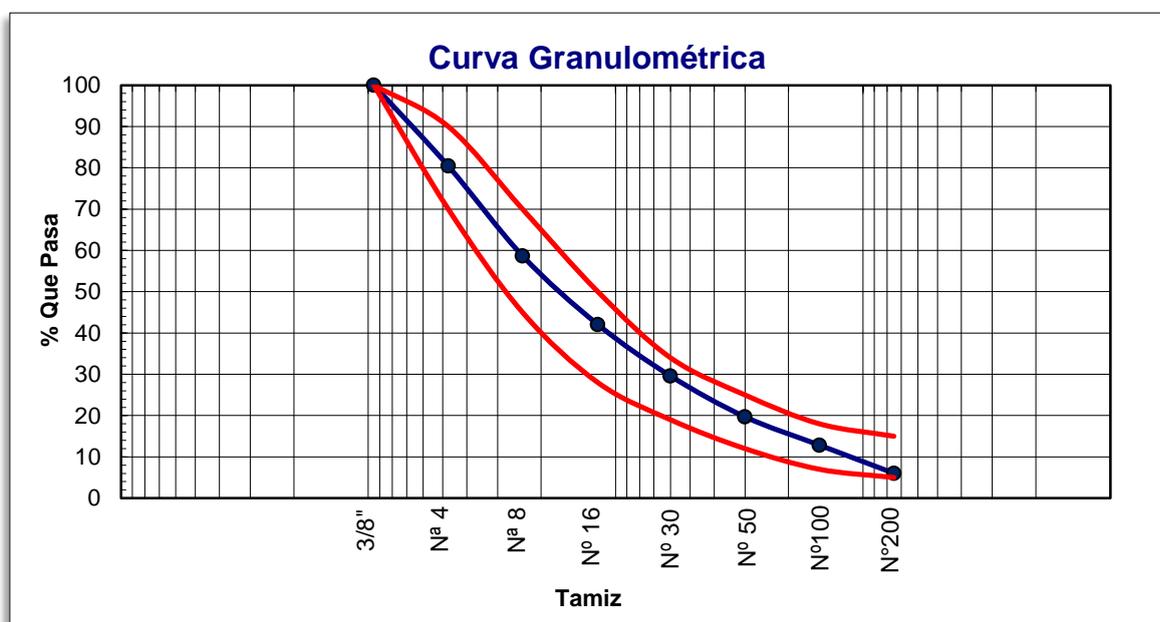
resultados difieren más de un 0.3%, no podrán ser aceptados como datos de cálculo, tampoco como comparativo del ensayo de granulometría lavada.

3.3.2.3 Análisis de resultados

Tabla 3.2: Granulometría seca para Micro-pavimento

| Granulometría Seca | | | | | | |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|--------|
| Peso húmedo (g) | | 834.30 | | Peso del agua (g) | | 47.30 |
| Peso seco (g) | | 787.00 | | % de humedad | | 6.01 |
| Tamiz | Peso retenido parcial (g) | Peso retenido acumulado (g) | % Retenido acumulado | % Pasante | Especificación ISSA Tipo III | |
| 3/8" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 154.10 | 154.10 | 19.58 | 80.42 | 70.00 | 90.00 |
| Nº 8 | 171.10 | 325.20 | 41.32 | 58.68 | 45.00 | 70.00 |
| Nº 16 | 130.90 | 456.10 | 57.95 | 42.05 | 28.00 | 50.00 |
| Nº 30 | 98.00 | 554.10 | 70.41 | 29.59 | 19.00 | 34.00 |
| Nº 50 | 77.80 | 631.90 | 80.29 | 19.71 | 12.00 | 25.00 |
| Nº 100 | 54.00 | 685.90 | 87.15 | 12.85 | 7.00 | 18.00 |
| Nº 200 | 53.60 | 739.50 | 93.96 | 6.04 | 5.00 | 15.00 |
| Pasa 200 | 47.50 | 787.00 | 100.00 | 0.00 | | |
| Total | 787.00 | | | | | |

Gráfico 3.1: Curva de granulometría seca para Micro-pavimento



Fuente: Laboratorios HCC³³.

³³ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.3.3 Granulometría lavada de los agregados

3.3.3.1 Equipo

Para realizar este ensayo se utiliza el mismo equipo de la granulometría seca.

3.3.3.2 Procedimiento

Pesar el material obtenido por cuarteo (1000 kg aprox.) y registrar su peso húmedo. Colocar la muestra sobre el tamiz No 200 y lavar con abundante agua, para eliminar el material pasante de dicho tamiz, así como también impurezas. Una vez lavado, escurrir hasta eliminar el exceso de agua para colocarlo en un recipiente.

Secar en el horno a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener el peso seco del material y registrarlo. A partir de este punto, continuar con el mismo procedimiento realizado para la granulometría seca.

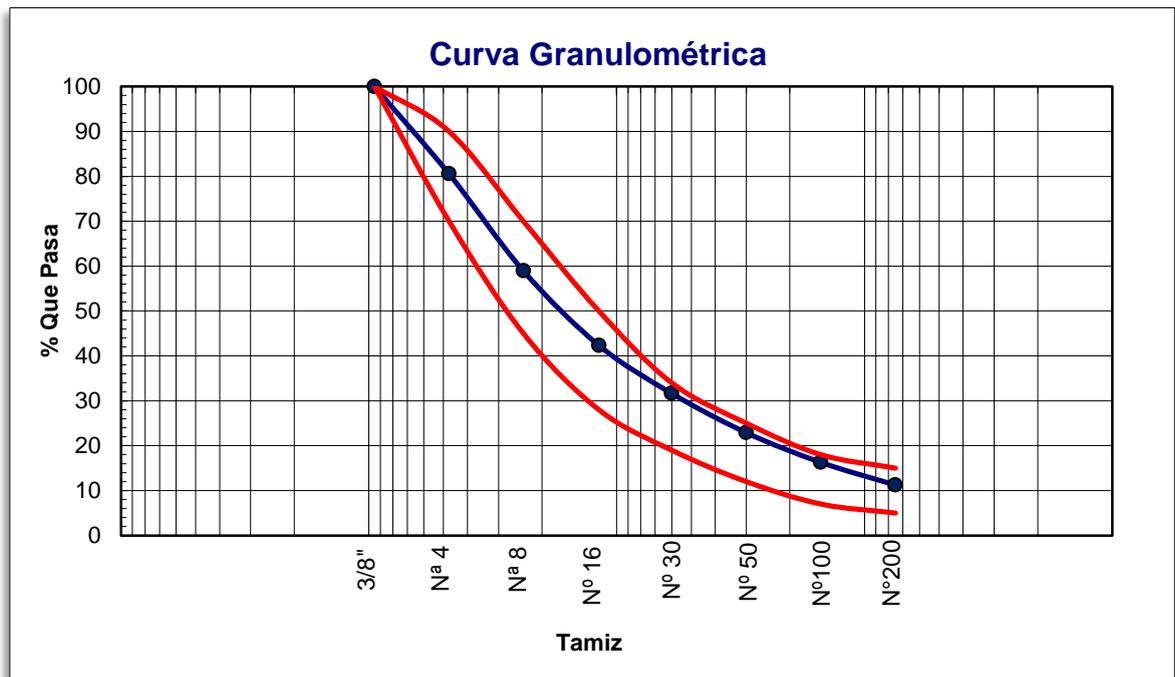
Finalizar los ensayos verificando los porcentajes obtenidos con los rangos establecidos en las especificaciones de la tabla 3.1.

3.3.3.3 Análisis de resultados

Tabla 3.3: Granulometría lavada para Micro-pavimento

| Granulometría Lavada | | | | | | |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|--------|
| Peso húmedo (g) | | 1102.90 | | Peso del agua (g) | | 76.28 |
| Peso seco (g) | | 1026.62 | | % de humedad | | 7.43 |
| Tamiz | Peso retenido parcial (g) | Peso retenido acumulado (g) | % Retenido acumulado | % Pasante | Especificación ISSA Tipo III | |
| 3/8" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 199.70 | 199.70 | 19.45 | 80.55 | 70.00 | 90.00 |
| Nº 8 | 221.90 | 421.60 | 41.07 | 58.93 | 45.00 | 70.00 |
| Nº 16 | 170.40 | 592.00 | 57.66 | 42.34 | 28.00 | 50.00 |
| Nº 30 | 109.70 | 701.70 | 68.35 | 31.65 | 19.00 | 34.00 |
| Nº 50 | 89.90 | 791.60 | 77.11 | 22.89 | 12.00 | 25.00 |
| Nº 100 | 67.90 | 859.50 | 83.72 | 16.28 | 7.00 | 18.00 |
| Nº 200 | 51.90 | 911.40 | 88.78 | 11.22 | 5.00 | 15.00 |
| Pasa 200 | 115.22 | 1026.62 | 100.00 | 0.00 | | |
| Total | 1026.62 | | | | | |

Gráfico 3.2: Curva de granulometría lavada para Micro-pavimento



Fuente: Laboratorios HCC³⁴.

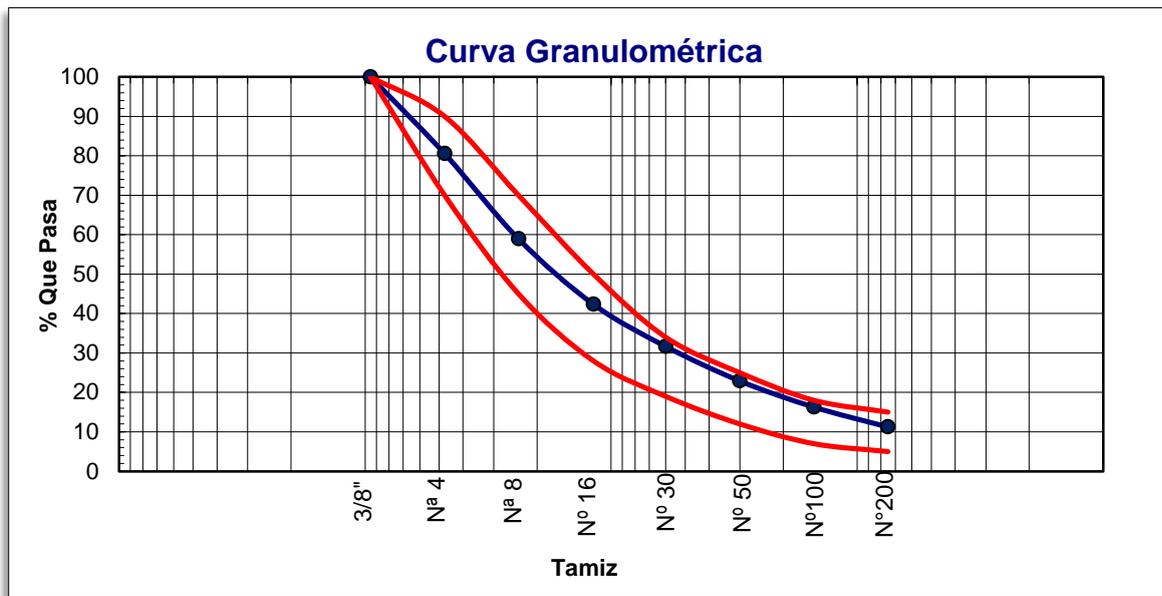
Los resultados de ambos ensayos de granulometría están dentro de las especificaciones establecidas, de modo que se realiza un promedio del % de pasante de ambos ensayos, debido a que las muestras son extraídas de la misma mina. Lo cual da como resultado:

Tabla 3.4: Granulometría promedio para Micro-pavimento

| Granulometría Promedio | | | |
|------------------------|-----------|------------------------------|--------|
| Tamiz | % Pasante | Especificación ISSA Tipo III | |
| 3/8" | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| N° 4 | 80.48 | 70.00 | 90.00 |
| N° 8 | 58.81 | 45.00 | 70.00 |
| N° 16 | 42.19 | 28.00 | 50.00 |
| N° 30 | 30.62 | 19.00 | 34.00 |
| N° 50 | 21.30 | 12.00 | 25.00 |
| N° 100 | 14.56 | 7.00 | 18.00 |
| N° 200 | 8.63 | 5.00 | 15.00 |
| Pasa 200 | 0.00 | | |

³⁴ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Gráfico 3.3: Curva de granulometría promedio para Micro-pavimento



Fuente: Laboratorios HCC³⁵.

Autor: Elaboración propia.

Para el análisis de los siguientes ensayos se utilizará los resultados obtenidos en la tabla 3.4. Obtenida la granulometría y especificación de la muestra, se realizan ensayos que determinarán su comportamiento en el diseño. Basándose en sus propiedades químicas y físico-mecánicas, el agregado debe cumplir con los siguientes requisitos:

3.3.4 Ensayo de Equivalente de arena

3.3.4.1 Equipo y materiales

1. Material pétreo que pasa el tamiz # 4, con su humedad natural.
2. Sistema de Sifón, es un botellón de 1 galón (3.8 litros), con un tapón que tiene dos orificios que lo atraviesan, uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire.
3. Tubo irrigador, de acero, cobre o bronce, con diámetro exterior de 6.35 mm, longitud de 508 mm, su extremo inferior está cerrado y con forma de cuña equipada con dos agujeros laterales de 1 mm de diámetro, cerca de la punta para permitir el riego del líquido.

³⁵ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

4. Tubo flexible, de caucho o goma con diámetro de 4.7 mm, adecuada con una pinza que permite o corta el paso del líquido. También permite conectar al tubo de irrigación con el sistema de sifón.

Fotografía 3.11: Sistema de sifonamiento (sist. sifón, tubo irrigador y flexible)



5. Pisón metálico de 1 kg, es una barra metálica de 457 mm de longitud, con una sobrecarga metálica de forma cilíndrica y de base plana, en la parte inferior de la barra. También lleva tres tornillos pequeños que sirven para centrar el pisón dentro del cilindro.

Fotografía 3.12: Pisón metálico de 1 kg



6. Recipiente redondo metálico, para tomar la cantidad de muestra requerida. De estaño con diámetro aproximado de 57mm con capacidad de 85 ml \pm 5 ml, con un borde superior uniforme para poder enserir la muestra que se coloca en ella.

7. Tapones de caucho, para tapar las probetas graduadas.
8. Embudo, para introducir el agregado en las probetas graduadas.
9. Solución de cloruro de calcio

Fotografía 3.13: Recipiente metálico, tapones, embudo y solución



10. Probetas graduadas, donde se colocara la mezcla a la medida indicada.

Fotografía 3.14: Probetas graduadas



11. Máquina agitadora, para agitar la mezcla.

Fotografía 3.15: Máquina agitadora



12. Tamiz # 4, tamizar el material pétreo.

Fotografía 3.16: Tamiz # 4



13. Cronómetro, apreciación de 0.01 segundos.

Fotografía 3.17: Cronómetro



14. Horno, para secar la muestra a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

3.3.4.2 Procedimiento

Se realiza el cuarteo del material, obteniendo aproximadamente 1500 g de muestra pasante del tamiz # 4. Mediante secado en el horno a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y enfriado a temperatura ambiente, se elimina su humedad.

Fotografía 3.18: Material seco al horno



Ensamblamos el sistema de sifón, el tubo irrigador y tubo flexible (sistema de sifonamiento).

A continuación, se prepara la solución en cantidades recomendadas para el botellón de 1 galón, para lo cual se necesita 85 ml de solución de trabajo (cloruro

de calcio) y 3700 ml de agua. Agitar por aproximadamente un minuto la solución con el tubo irrigador.

Fotografía 3.19: Preparación de solución



Fotografía 3.20: Mezcla de solución



Colocar el sistema de sifón a una altura aproximada de un metro de altura respecto a la probeta y verter (por gravedad) su contenido mediante el tubo irrigador, hasta una altura de 100 ± 2.54 mm de la graduación de la probeta.

La pinza metálica que permite o corta el paso del líquido, deberá estar colocada cerca del extremo que va conectado al tubo irrigador, lo que permite el control de llenado.

Fotografía 3.21: Vertido



Tomar una medida de agregado pasante del tamiz # 4, colocarla en el recipiente redondo metálico (lleno casi al ras) y con la ayuda de un embudo colocarla dentro de la probeta con el contenido.

Con la palma de la mano golpear suavemente la base de la probeta, con el fin de eliminar las burbujas de aire que se forman en el interior de la mezcla, realizar este proceso hasta verificar visualmente la eliminación completa de dichas burbujas.

Fotografía 3.22: Introducir el agregado



Fotografía 3.23: Eliminar burbujas de aire



Programar el cronómetro y dejar reposar la mezcla durante 10 ± 1 min., transcurrido el tiempo tapar la probeta con el tapón de caucho y colocarla en la máquina agitadora durante 45 ciclos.

De no poseer la máquina, la agitación se la puede realizar de forma manual, agitando la probeta 90 ciclos en 30 segundos, realizando un recorrido de 23 ± 3 cm., de izquierda a derecha.

Fotografía 3.24: Agitador mecánico



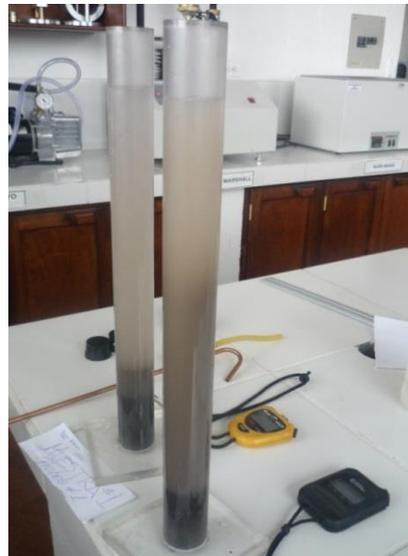
Terminada la agitación, colocar la probeta en la superficie donde se realizó el vertido de la solución y quitar el tapón. Introducir el tubo de irrigación en la parte superior de la probeta, liberar la pinza metálica y limpiar el material las paredes de la probeta realizando un descenso hasta el fondo de la probeta. La irrigación debe continuarse realizando con suaves giros en el fondo de la probeta, hasta que el líquido alcance la graduación de 38 cm (15 pulg).

Antes de llegar a la graduación de llenado levantar el tubo irrigador suavemente, de forma que el líquido alcance la graduación indicada (38 cm) y el irrigador se cierre, de manera simultánea. Y se deja en reposo durante 20 min.

Fotografía 3.25: Llenado con irrigación



Fotografía 3.26: Mezcla en reposo



Durante el transcurso del tiempo reposo, la arena se sedimenta y los finos permanecen en suspensión.

Finalizados los 20 minutos, verificamos la altura máxima a la cual llegó la suspensión arcillosa, la cual será registrada como “Lectura de arcilla”.

A continuación y evitando golpe alguno, se introduce suavemente el pistón metálico hasta quedar apoyado sobre la arena y observamos la graduación que nos indica el disco intermedio del pistón. Registramos la lectura señalada por el pistón y se le resta 254 mm (10 pulg), obteniendo así el valor de la denominada “Lectura de arena”.

Fotografía 3.27: Lectura de alturas



3.3.4.3 Análisis de resultados:

Para el presente diseño se realizaron dos muestras de ensayo, y los resultados obtenidos son:

Tabla 3.5: Resultados finales del ensayo Equivalente de arena

| Muestra # | Lectura de arcilla (pulg) | Lectura de arena (pulg) | Equivalente de arena (%) |
|-----------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 3.80 | 2.70 | 71.05 |
| 2 | 3.70 | 2.60 | 70.27 |
| Promedio | | | 71.00 |

Fuente: Laboratorios HCC³⁶.

Autor: Elaboración propia.

Nota: El agregado cumple con la especificación de equivalente de arena para el diseño de Micro-pavimento.

3.3.5 Pérdida por abrasión utilizando la máquina de los Ángeles

3.3.5.1 Equipo y materiales

1. Material pétreo con su humedad natural.
2. Máquina de desgaste de los Ángeles, programada para hacer girar su cilindro a velocidad constante comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 r.p.m.), realizando un total de 500 vueltas.

³⁶ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Fotografía 3.28: Máquina de los Ángeles



3. Esferas de acero, de diámetro entre 46.38 y 47.63 mm de peso comprendido entre 390 y 445 g, respectivamente.

Las esferas actúan como carga abrasiva y el número de esferas a usar dependerá de la granulometría del material a ensayar, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3.6: Carga abrasiva según la granulometría del agregado

| Granulometría de ensayo | Número de esferas | Peso Total (g) |
|-------------------------|-------------------|----------------|
| A | 12 | 5000 ± 25 |
| B | 11 | 4584 ± 25 |
| C | 8 | 3330 ± 20 |
| D | 6 | 2500 ± 15 |

Fuente: Norma INEN 860 (2011)

4. Horno con temperatura constante de 110°C ± 5°C

5. Tamices, distribuidos según tabla 3.7.

Fotografía 3.29: Tamiz



3.3.5.2 Procedimiento

La tabla 3.7 detalla la cantidad de material, número de esferas, número de revoluciones y tiempo de rotación, para cada tamaño de partículas que intervienen en la muestra a ensayar.

Tabla 3.7: Granulometrías para ensayo Resistencia a la abrasión

| Pasa tamiz | | Retenido en tamiz | | Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g) | | | |
|------------------------------|--------|-------------------|--------|--|-----------|-----------|-----------|
| mm | (alt.) | mm | (alt.) | A | B | C | D |
| 37.5 | (1½") | 25 | (1") | 1250 ± 25 | | | |
| 25 | (1") | 19 | (¾") | 1250 ± 25 | | | |
| 19 | (¾") | 12.5 | (½") | 1250 ± 10 | 2500 ± 10 | | |
| 12.5 | (½") | 9.5 | (⅜") | 1250 ± 10 | 2500 ± 10 | | |
| 9.5 | (⅜") | 6.3 | (¼") | | | 2500 ± 10 | |
| 6.3 | (¼") | 4.75 | (No.4) | | | 2500 ± 10 | |
| 4.75 | (No.4) | 2.36 | (No.8) | | | | 5000 ± 10 |
| Pesos totales | | | | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |
| # de revoluciones | | | | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Tiempo de rotación (minutos) | | | | 15 | 15 | 15 | 15 |

Fuente: Norma INEN 860 (2011)

Se tamiza la muestra original (con su humedad natural) y se obtiene la cantidad de material indicada en la tabla 3.7, más la tolerancia indicada.

Fotografía 3.30: Tamizado de muestra



Las muestras obtenidas se deberán lavar y secar en el horno a una temperatura constante de 110°C ± 5°C, hasta peso constante.

El material seco debe ser pesado nuevamente, constatando que su cantidad este dentro del rango indicado en la tabla 3.7.

Si son varias muestras, se debe unirlos en un solo recipiente y volverlos a pesar, dando un acumulado de 5000 ± 10 .

Fotografía 3.31: Muestra acumulada



Se retira la tapa de la máquina de los Ángeles, se verifica que el tambor este limpio y se introduce el material con la carga abrasiva (esferas).

Se coloca la tapa de la máquina y se la fija mediante pernos, para impedir la pérdida de finos durante el ensayo.

Fotografía 3.32: Muestra y carga abrasiva



Colocar la bandeja de recolección bajo el tambor de la máquina. Programar la máquina al número revoluciones adecuado y accionarla. Su velocidad deberá ser constante y comprendida entre 188 y 208 rad/minuto, hasta completar las 500 revoluciones.

Fotografía 3.33: Recolección de material ensayado



Finalizado el número de revoluciones, se libera la tapa del tambor y se descarga el material ensayado junto con la carga abrasiva, en la bandeja de recolección. Retirar la carga abrasiva de la bandeja y tamizar la muestra ensayada por el tamiz # 12, y registrar el peso retenido.

3.3.5.3 Análisis de resultados:

La granulometría de nuestra muestra de ensayo, define el uso del método C. el resultado obtenido es expresado en (%) y se calcula con la fórmula:

Fórmula 3.1: Porcentaje de abrasión

$$\% \text{ de abrasión} = \frac{P1 + P2}{P1} \times 100$$

Fuente: Norma INEN 860 (2011)

Dónde:

P1 = masa de la muestra seca antes del ensayo.

P2 = masa de la muestra seca después del ensayo y del tamizado.

Tabla 3.8: Resultados finales del ensayo de Abrasión

| Resultados: | |
|--|--------|
| Gradación tipo: | C |
| # de esferas: | 8 |
| Masa Inicial (g): | 5000.0 |
| Retenido Tamiz No. 12 después de 500 revoluciones (g): | 3570.0 |
| Pérdida de las 500 revoluciones (g) | 1430.0 |
| % Pérdida de las 500 revoluciones : | 29 |

Fuente: Laboratorios HCC³⁷.

Autor: Elaboración propia.

Nota: El agregado cumple con la especificación del desgaste por abrasión para el diseño de Micro-pavimento.

3.3.6 Durabilidad de los agregados frente a la acción de los sulfatos

3.3.6.1 Equipo y materiales

1. Material pétreo con su humedad natural.
2. Tamices, de acuerdo al tamaño de sus partículas:

Tabla 3.9: Serie de tamices según su abertura

| Tamices serie fina | | Tamices serie gruesa | |
|--------------------|----------|----------------------|----------|
| 150 µm | (No.100) | 8.0 mm | (5/16") |
| 300 µm | (No. 50) | 9.5 mm | (3/8") |
| 600 µm | (No. 30) | 12.5 mm | (1/2") |
| 1.18 mm | (No. 16) | 16.0 mm | (5/8") |
| 2.36 mm | (No. 8) | 19.0 mm | (3/4") |
| 4.00 mm | (No. 5) | 25.0 mm | (1") |
| 4.75 mm | (No. 4) | 31.5 mm | (1 1/4") |
| | | 37.5 mm | (1 1/2") |
| | | 50.0 mm | (2") |
| | | 63.0 mm | (2 1/2") |

Fuente: Norma INEN 863 (2011).

3. Recipiente plástico, con capacidad de 5 litros.
4. Recipientes metálicos, capaces de contener sumergida el total de la muestra a ensayar.

³⁷ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

5. Sulfato de magnesio.

Fotografía 3.34: Sulfato de magnesio



6. Matraz aforado de 1000 ml y embudo.

Fotografía 3.35: Matraz aforado y embudo



7. Termómetro calibrado de mercurio.

Fotografía 3.36: Termómetro calibrado de mercurio



8. Horno, con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
9. Balanza, con capacidad de 2000g y de sensibilidad 0.1 g.
10. Agitador de madera, metálico o de vidrio.

3.3.6.2 Procedimiento

La muestra de agregado para el ensayo se la debe lavar completamente y secarla en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ de temperatura, hasta obtener el peso constante.

Seco el material, separar mediante tamizado las muestras con diferentes tamaños de partículas.

Fotografía 3.37: Torres para tamizado de finos



Para el agregado fino se debe preparar muestras de 100 g de cada uno de las fracciones, como se indica en la tabla 3.10.

Tabla 3.10: Tamices para muestra de árido fino

| Fracciones | |
|----------------------------|---------------------------|
| Pasa Tamiz | Retenido en Tamiz |
| 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ ") | 4.75 mm (No.4) |
| 4.75 mm (No.4) | 2.36 mm (No.8) |
| 2.36 mm (No.8) | 1.18 mm (No.16) |
| 1.18 mm (No.16) | 600 μm (No.30) |
| 600 μm (No.30) | 300 μm (No.50) |

Fuente: Norma INEN 863 (2011).

Obtenidas las muestras colocarlas en los recipientes metálicos, debidamente identificados.

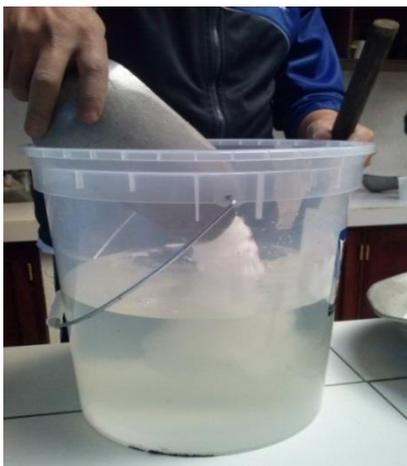
Fotografía 3.38: Muestras para ensayo de sulfatos



Verter agua en el recipiente plástico, suficiente para sumergir todas las muestras a ensayar. El agua debe tener una temperatura constante entre 25° a 30°c, por lo que se recomienda preparar la solución de sulfato de magnesio con ayuda del baño maría.

Al obtener la temperatura adecuada del agua, colocar el polvo de $MgSO_4$, en una relación aproximada de: si es sal hidratada colocar 350 g o si es sal heptahidratada 1230 g, para cada litro de agua. Se disuelve completamente el polvo en el agua con ayuda del agitador, controlando la temperatura de la solución con el termómetro.

Fotografía 3.39: Solución de sulfato de magnesio



Disuelto completamente el polvo en el agua, se le deja que la solución enfriar a $21^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$, a esta temperatura se toma una muestra en el matraz de 1000 ml, llenándolo hasta la señal de aforado con ayuda del embudo. La muestra se pesa en la balanza, para verificar la gravedad específica de la solución, que no debe ser

menos a 1295 ni mayor a 1.308. Si no cumple con el rango especificado es posible que se deba a la falta de agitación de la mezcla o baja de temperatura en el agua durante la disolución del sulfato. Si la agitación y temperatura fueron correctas, será necesario aumentar sulfato de magnesio, hasta obtener la gravedad específica dentro de los parámetros indicados.

Tapar la solución y dejar que permanezca en reposo a temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas, antes de ser utilizada.

Fotografía 3.40: Gravedad específica de la solución



Transcurrido el tiempo de reposo de la solución, agitar nuevamente y comprobar su gravedad específica. Sumergir las muestras en la solución, de forma que el sobrepase 12.5 mm el nivel de la masa de partículas. Mantenerlas sumergidas a $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura, durante mínimo 16 horas y máximo 18 horas. Se recomienda tapar las muestras para reducir la evaporación y evitar ingreso de agentes extraños.

Fotografía 3.41: Muestras sumergidas en la solución



Terminado el periodo de inmersión, drenar totalmente la solución evitando pérdida de material. Una vez drenada la solución, se recomienda lavar la muestra para eliminar residuos de solución, el lavado debe ser con agua potable y con la ayuda de un tamiz de abertura inferior al árido, para evitar pérdidas en su masa. En este proceso de lavado las muestras no deben ser sometidas a impacto o abrasión, para evitar que las partículas tiendan a romperse.

Fotografía 3.42: Lavado de muestra sumergida



Secar las muestras en el horno a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener la masa constante, la cual se establece de la siguiente manera: transcurridas 2 horas retirar la muestra del horno y pesarla, inmediatamente volver a colocarla el recipiente dentro del horno. Este proceso se lo debe repetir cada 2 horas, hasta verificar que los dos últimos pesos registrados de la muestra, mantenga una diferencia no mayor del 0.1 %.

Fotografía 3.43: Secado de muestras



Alcanzada la masa constante, enfriar las muestras a temperatura ambiente y luego volver a sumergirlas en la solución, realizando todo el proceso nuevamente hasta obtener el número de repeticiones requeridas (5 repeticiones).

Para la última repetición, se deben lavar las muestras mediante circulación de agua a $43^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Este proceso se lo puede realizar calentando suficiente agua a la temperatura indicada y con ayuda de un recipiente verter el líquido constantemente, sustituyendo el lavado con el chorro de agua potable. Finalmente, realizado el lavado con agua caliente, secar las muestras a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener la masa constante. Tamizar la muestra utilizando el mismo tamiz en que fue retenido antes del ensayo. El tamizado debe tener la misma duración que el utilizado al preparar la muestra y evitando manipulación adicional para forzar que las partículas pasen los tamices.

Registrar la masa de material retenido en cada tamiz, para determinar la diferencia con su masa inicial y expresarla en porcentaje.

3.3.6.3 Análisis de resultados:

La muestra analizada se la define como agregado fino, debido al tamaño de sus partículas, para la cual se realizaron 5 muestras y los resultados obtenidos son:

Tabla 3.11: Resultados finales del ensayo de Integridad (usando MgSO_4)

| Tamaño de las aberturas del tamiz | Gradación de la muestra original (%) | Masa de las fracciones de ensayo, antes del ensayo (g) | Masa de las fracciones de ensayo, después del ensayo (g) | Porcentaje que pasa el tamiz designado luego del ensayo (%) | Porcentaje ponderado de pérdida (%) |
|---|--------------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|
| Ensayo de desempeño del árido fino | | | | | |
| Menor al # 100 | 14.55 | | | | |
| de # 50 a # 100 | 6.74 | | | | |
| de # 30 a # 50 | 9.32 | 100.00 | 96.30 | 3.70 | 0.34 |
| de # 16 a # 30 | 11.57 | 100.00 | 97.10 | 2.90 | 0.34 |
| de # 8 a # 16 | 16.62 | 100.00 | 96.00 | 4.00 | 0.66 |
| de # 4 a # 8 | 21.68 | 100.00 | 92.50 | 7.50 | 1.63 |
| de 3/8 a # 4 | 19.52 | 100.00 | 86.70 | 13.30 | 2.60 |
| Totales | 100.00 | | | | 5.57 |

Fuente: Laboratorios HCC³⁸.

Autor: Elaboración propia.

Nota: El agregado cumple con la especificación de Integridad para el diseño de Micro-pavimento.

³⁸ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Analizando los resultados obtenidos, se determina que el agregado proveniente de la mina Colibrí, es de muy buena calidad y puede ser usado para el diseño de Micro-pavimentos.

Aceptado el agregado, se procede con el diseño y calificación de la emulsión asfáltica. El cual estará regido a las características del agregado y su reacción en conjunto.

3.3.7 Resultados finales de los ensayos realizados al agregado.

Cantera: Colibrí

Agregado: Tamaño máximo nominal de 3/8"

Tabla 3.12: Resultados finales de los ensayos realizados al agregado

| Norma | Ensayo | Especificación | Resultados |
|-----------------------------|--|----------------------|----------------|
| AASHTO T-2 ASTM D-75 | * Muestreo de los agregados | - | - |
| AASHTO T-27 ASTM C-117. | * Granulometría de los agregados Granulometría seca Granulometría lavada | Tipo II o III | Tipo III |
| AASHTO T-176 ASTM D-2419 | * Equivalente de arena | 60% mín. | 72% |
| AASHTO T-96 ASTM C-131 | * Pérdida por abrasión (Ángeles) Grado C Grado D | 30% máx. | Grado C 28% |
| AASHTO T-104 ASTM C-88 | * Durabilidad Sulfato de sodio (Na ₂ SO ₄) Sulfato de magnesio (MgSO ₄) | 15% máx. 25% máx. | - 5.57 % |

Fuente: Laboratorios HCC.³⁹

Autor: Elaboración propia.

3.4 ENSAYOS DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Para calificar la emulsión debemos comenzar analizando uno de sus principales componentes, como es el residuo asfáltico. Se utilizará emulsión (CSS - 1h) sin polímero, tomando en cuenta que los ensayos a realizarse calificarán las propiedades del residuo asfáltico únicamente, mediante los siguientes ensayos:

³⁹ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.4.1 Residuo asfáltico por evaporación

3.4.1.2 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión sin polímero.
2. Recipientes metálicos o de vidrio con capacidad de 60 cm³, equipados con sus respectivas tapas y agitadores, todos resistentes al calor.

Fotografía 3.44: Recipientes resistentes al calor



3. Horno con temperatura constante de 110°C ± 5°C.
4. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.

3.4.1.3 Procedimiento

Según el número de ensayos que se vayan a realizar con el residuo obtenido, existen dos procedimientos:

Tabla 3.13: Procedimientos para ensayo Residuo por evaporación

| Procedimiento | Número de recipientes | Ensayos |
|---------------|-----------------------|--------------------------------------|
| A | 3 | % residuo de emulsión |
| B | 4 | % residuo de emulsión y varios otros |

Fuente: Norma INEN 905.

Para nuestro ensayo realizaremos el procedimiento B, ya que de la misma muestra de emulsión realizaremos otros ensayos.

Método B

Pesar cada uno de los recipientes con su respectivo agitador y tapa, registrando su valor.

Mezclar bien la muestra de emulsión antes de verterla en los recipientes metálicos. En cada recipiente colocar y pesar una cantidad de 50 ± 0.1 gramos de emulsión y registrar su valor.

Colocar los cuatro recipientes en el horno por el lapso de 2 horas a una temperatura constante de $163^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Transcurrido el tiempo, se saca los recipientes, se agita bien el residuo y se los vuelve a colocar dentro del horno por un periodo de una hora más.

Fotografía 3.45: Calentado de recipientes



Al finalizar este periodo, sacar los recipientes del horno, dejarlos enfriar a temperatura ambiente y pesarlos junto con su agitador y tapa.

3.4.1.4 Análisis de resultados:

Los cálculos se deben realizar con la siguiente fórmula, tanto para el procedimiento A y B.

Fórmula 3.2: Porcentaje de Residuo por evaporación.

$$\% \text{ de residuo} = \frac{A + B}{C} \times 100$$

Fuente: Norma INEN 905.

Dónde:

A = peso del vaso + varilla y tapa + residuo.

B = peso del vaso + varilla y tapa.

C = peso de la muestra de emulsión.

Tabla 3.14: Resultados finales del ensayo, (%) de Residuo asfáltico

| Resultados | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| # de prueba | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A = peso del vaso + varilla y tapa + residuo (g) | 143.7 | 133.3 | 137.9 | 137.2 |
| B = peso del vaso + varilla y tapa (g) | 113.1 | 102.8 | 107.1 | 106.4 |
| C = peso de la muestra de emulsión (g) | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 |
| (%) de residuo = $2 \times (A - B)$ | 61.2 | 61.0 | 61.6 | 61.6 |
| Promedio | 61.35 | | | |

Fuente: Laboratorios HCC.⁴⁰

Autor: Elaboración propia.

Nota: La muestra cumple con la especificación del (%) de residuo asfáltico por evaporación, para el diseño de Micro-pavimento.

3.4.2 Gravedad específica del residuo asfáltico a 25 °c

3.4.2.2 Equipo y materiales

1. Muestra del residuo (emulsión sin polímero).
2. Picnómetro de 25 ml, forma cónica para fluidos viscosos, bitúmenes semi-sólidos y emulsiones asfálticas.

Fotografía 3.46: Picnómetro cónico



⁴⁰ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3. Balanza electrónica de precisión, con protección externa.

Fotografía 3.47: Balanza electrónica de precisión



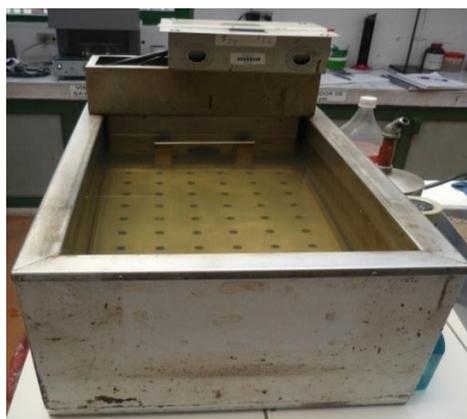
4. Vaso de precipitación, de vidrio o plástico.

Fotografía 3.48: Vaso de precipitación



5. Baño maría, con regulación a temperatura constante.

Fotografía 3.49: Baño maría



6. Reverbero o estufa.

7. Agua destilada.

8. Termómetro calibrado de mercurio.

3.4.2.3 Procedimiento

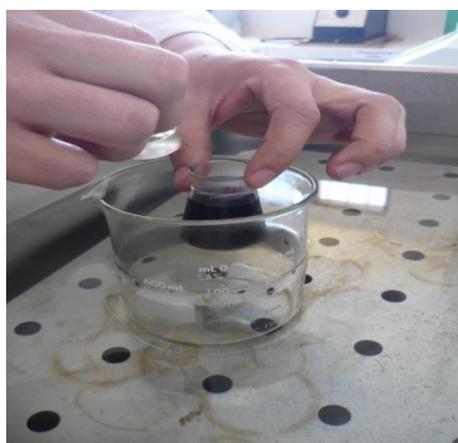
Pesar el picnómetro con su tapa, registrar el valor y dejarlo tomar temperatura ambiente durante 40 minutos. Transcurrido el tiempo, calentar en el reverbero uno de los recipientes usados en el ensayo de residuo asfáltico por evaporación. Una vez líquido el residuo, se lo vierte en el picnómetro hasta la señal de llenado y se lo deja enfriar a temperatura ambiente durante 40 minutos.

Fotografía 3.50: Vertido de residuo asfáltico



Al completar el tiempo de enfriamiento, se lo pesa con la tapa y se registra su valor. A continuación colocamos agua destilada en el vaso de precipitación, la cual debe estar a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura para sumergir el picnómetro con el contenido de residuo y la tapa por un periodo de 30 minutos. Para mantener la temperatura constante durante el tiempo establecido, se recomienda sumergir parte del vaso que contiene el picnómetro en el baño maría. Estas temperaturas deberán ser controladas paulatinamente con ayuda del termómetro de mercurio.

Fotografía 3.51: Ensayo con ayuda del baño maría



Finalmente se retira el picnómetro del recipiente de vidrio, manteniéndolo de forma vertical y lleno de agua destilada. Se lo tapa verificando que no existan burbujas de aire en su interior y con ayuda de una franela o papel absorbente se lo seca excluyendo a la parte superior del tapón, a este se lo enraza una sola vez con el papel absorbente.

Una vez seco se lo pesa en la balanza electrónica y se registra su valor para realizar los cálculos.

Fotografía 3.52: Pesado en balanza electrónica



3.4.2.4 Análisis de resultados:

Los cálculos se deben realizar con la siguiente fórmula:

Fórmula 3.3: Gravedad específica del residuo asfáltico.

$$\text{Gravedad específica del residuo} = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$$

Fuente: Norma I.N.V.E 707-07

Dónde:

A = masa del picnómetro (incluido tapón).

B = masa del picnómetro + agua. (Dato)

C = masa del picnómetro + residuo asfáltico.

D = masa del picnómetro + agua + residuo asfáltico.

Como dato adicional se calcula la densidad del residuo asfáltico, con la fórmula:

Fórmula 3.4: Densidad del residuo asfáltico.

$$Densidad = Gravedad\ Específica * Wt$$

Fuente: Norma I.N.V.E 707-07

Dónde:

Wt = peso unitario del agua a temperatura del ensayo 25°C ± 1°C. Siendo este de 0.9971 g/cm³.

Ensayo # 1:

Tabla 3.15: Resultados finales del ensayo # 1

| Resultados | |
|--|--------|
| A = masa del picnómetro (g) | 38.490 |
| B = masa del picnómetro + agua (dato) | 63.650 |
| C = masa del picnómetro + residuo asfáltico (g) | 56.580 |
| D = masa del picnómetro + agua + residuo asfáltico (g) | 63.914 |
| Gravedad específica del residuo a 25°C ± 1°C = ((C - A) / ((B-A)-(D-C))) | 1.0148 |
| Peso unitario del agua a 25°C ± 1°C (dato) | 0.9971 |
| Densidad del residuo a 25°C ± 1°C = Gravedad específica * Wt | 1.0119 |

Fuente: Laboratorios HCC.⁴¹

Ensayo # 2:

Tabla 3.16: Resultados finales del ensayo # 2

| Resultados | |
|--|--------|
| A = masa del picnómetro (g) | 38.489 |
| B = masa del picnómetro + agua (dato) | 63.650 |
| C = masa del picnómetro + residuo asfáltico (g) | 61.900 |
| D = masa del picnómetro + agua + residuo asfáltico (g) | 63.952 |
| Gravedad específica del residuo a 25°C ± 1°C = ((C - A) / ((B-A)-(D-C))) | 1.0131 |
| Peso unitario del agua a 25°C ± 1°C (dato) | 0.9971 |
| Densidad del residuo a 25°C ± 1°C = Gravedad específica * Wt | 1.0101 |

Fuente: Laboratorios HCC.

La diferencia obtenida de ambos ensayos es:

⁴¹ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Tabla 3.17: Resultados del ensayo Gravedad y Densidad Específica

| Descripción | Ensayo # 1 | Ensayo # 2 | Diferencia | Promedio |
|---------------------------------|------------|------------|---------------|---------------|
| Gravedad especifica del residuo | 1.0148 | 1.0131 | 0.0017 | 1.0139 |
| Densidad del residuo | 1.0119 | 1.0101 | 0.0017 | 1.0110 |

Fuente: Laboratorios HCC.

Autor: Elaboración propia.

La especificación para el presente diseño detalla que, los valores encontrados de dos ensayos realizados por un mismo operador y equipo sobre una misma muestra, deberán tener una diferencia máxima de 0.002.

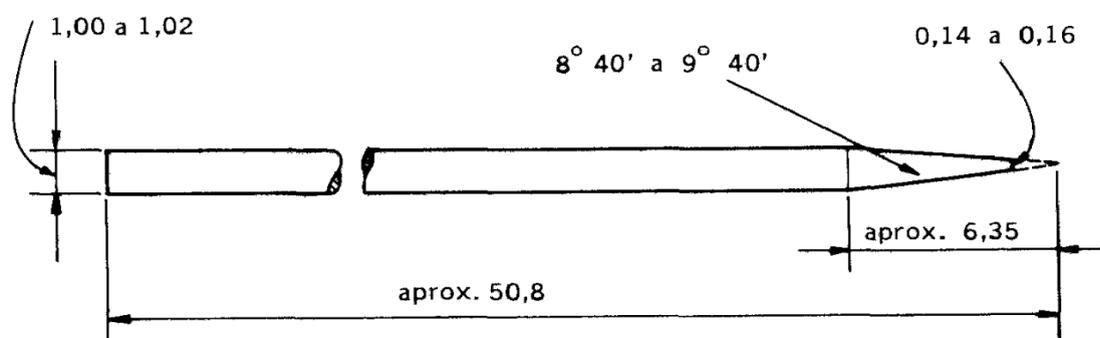
Nota: La muestra cumple con la especificación de Gravedad y Densidad específica del residuo para el diseño de Micro-pavimento.

3.4.3 Penetración del residuo asfáltico

3.4.3.2 Equipo y materiales

1. Muestra del residuo (emulsión sin polímero).
2. Penetrómetro, compuesto de un brazo de penetración que permite el movimiento vertical sin rozamiento, en su parte inferior tiene un vástago que fija firmemente a la aguja de penetración de acero inoxidable y templado, su longitud es de 50 mm por 1.00 y 1.02 mm de diámetro y con unos de sus extremos afilado hasta formar un cono de ángulo entre $8^{\circ} 40'$ y $9^{\circ} 40'$ en toda su longitud.

Figura 3.1: Aguja normalizada (mm)



Fuente: Norma INEN 917

Incluye también un embolo con 47.5 g de 32 mm agujero, y dos pesos de carga de 50 y 100 g que permiten realizar diferentes cargas suplementarias. Su medidor de penetración esta calibrado en unidades de 1/10 mm.

Fotografía 3.53: Penetrómetro



2. Recipiente cilíndrico, metálico o de vidrio, de base plana, de dimensiones:

Tabla 3.18: Diámetros del recipiente

| Penetración (mm) | Diámetro (mm) | Profundidad interna (mm) |
|------------------|---------------|--------------------------|
| menores a 200 | 55 | 35 |
| de 200 a 350 | 70 | 45 |

Fuente: Norma INEN 917.

3. Baño maría, con regulación a temperatura constante.
4. Estufa o reverbero.
5. Pinzas o tenazas metálicas, para transportar recipientes calientes.
6. Termómetro calibrado de mercurio.
7. Lupa.

3.4.3.3 Procedimiento

Utilizar la estufa o reverbero para calentar una muestra de residuo obtenida en el ensayo de Residuo asfáltico por evaporación. Obtenido el estado líquido del

residuo, con ayuda de la pinza metálica se lo vierte en el molde metálico hasta casi llenarlo y se deja enfriar a temperatura ambiente durante un tiempo de 90 a 120 minutos si se utiliza un recipiente de 177 cm³ y de 60 a 90 minutos si se utiliza un recipiente de 88.5 cm³.

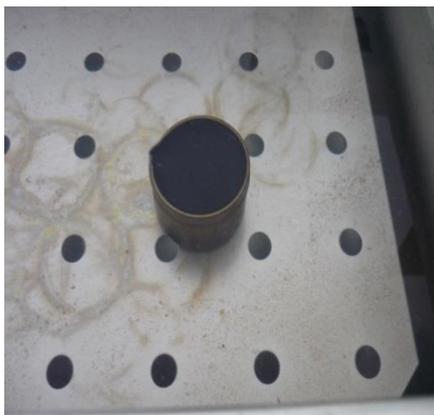
Es recomendable hacer dos muestras para obtener datos más precisos.

Fotografía 3.54: Vertido de residuo asfáltico



Transcurrido el tiempo de enfriamiento, sumergir la muestra en el baño maría a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura, durante el mismo periodo que se utilizó para enfriar la muestra.

Fotografía 3.55: Residuo sumergido en baño maría



Antes de colocar la muestra en la máquina de penetración, debemos tener en cuenta que las condiciones normalizadas de este ensayo deberán ser de: 25°C , 100 g y 5 segundos para la temperatura, carga y tiempo de duración. Sin embargo puede usarse otras condiciones para ensayos especiales, que son:

Tabla 3.19: Diferentes condiciones de ensayo

| Temperatura (°c) | Carga (g) | Tiempo (seg) |
|------------------|-----------|--------------|
| 0 | 200 | 60 |
| 4 | 200 | 60 |
| 25 | 100 | 5 |
| 25 | 50 | 5 |
| 45 | 50 | 5 |
| 46.1 | 50 | 5 |

Fuente: Norma INEN 917

Verificar que el vástago que sujeta la aguja este limpio y seco, con deslizamiento suave y sin rozamiento sobre su guía. Observar que la aguja esta sujeta firmemente y que no presente dobladuras.

Finalizado el tiempo de inmersión en el baño maría, se coloca la muestra en la máquina y con ayuda de la lupa se acerca la aguja hasta que rose la superficie de la muestra, sin penetrarla.

Fotografía 3.56: Penetración de la muestra



Previo al ensayo se debe encerrar la máquina y programar el tiempo especificado de 5 segundos.

Finalmente se libera el mecanismo que sujeta a la aguja y luego del tiempo programado se registra el valor observado de penetración, expresado en decimales de milímetros (1/10 mm).

Se debe realizar por lo menos tres penetraciones a la misma muestra en diferentes lugares de su superficie.

Luego de cada penetración sumergir la muestra en el baño maría, por el tiempo que tome desmontar la aguja para limpiarla y secarla para una nueva penetración.

Fotografía 3.57: Penetraciones realizadas



3.4.3.4 Análisis de resultados:

El valor final de la penetración, se lo realiza calculando el promedio de todas las lecturas registradas:

Tabla 3.20: Resultados finales del ensayo Penetración del residuo asfáltico

| Emulsión | Prueba 1 (1/10 mm) | Prueba 2 (1/10 mm) | Prueba 3 (1/10 mm) | Penetración (1/10 mm) |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| CSS - 1h (sin polímero) | 50 | 49 | 51 | 50 |

Fuente: Laboratorios HCC⁴².

Autor: Elaboración propia.

Nota: La muestra cumple con la especificación de Penetración del residuo asfáltico para el diseño de Micro-pavimento.

3.4.4 Punto de Ablandamiento del residuo asfáltico

3.4.4.1 Equipo y materiales

1. Muestra del residuo (emulsión sin polímero).
2. Plato base de forma circular con un orificio en su centro equipado con un anillo de caucho. A un radio de 33.5 mm medidos desde el centro del plato base se colocan dos varillas ranuradas, que sujetan la chapa de broce y el porta anillos.

⁴² Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

El conjunto de elementos descritos va dispuesto como se muestra en la fotografía 3.58.

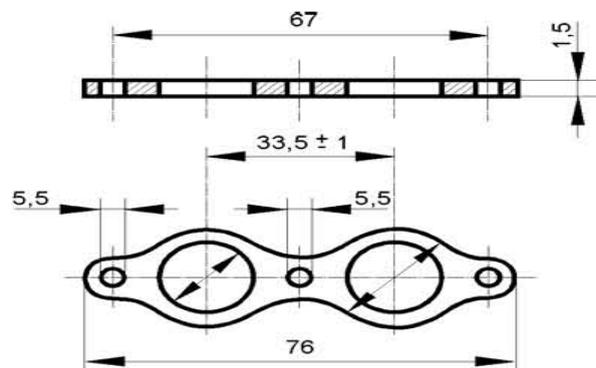
Fotografía 3.58: Plato y accesorios



3. Chapa de bronce de forma plana, lisa y sin orificios, capaz de mantener sobre ella las muestras ensayadas. Sus medidas serán las mismas que la del porta anillos.

4. Porta anillos de bronce, compuesta de tres orificios para mantener los dos anillos y el termómetro en posición horizontal. Su forma y medidas se indican en la figura 3.5.

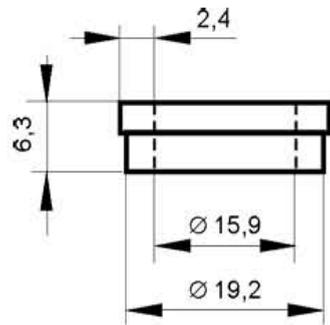
Figura 3.2: Porta anillos de bronce (mm)



Fuente: Norma IRAM 6841

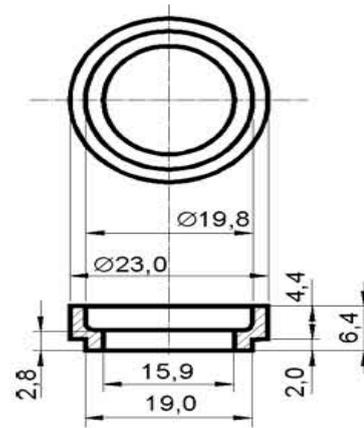
5. Dos anillos de bronce con bordes cuadrados, diseñado con o sin borde de asentamiento, como se ilustra en las figuras 3.3 y 3.4.

Figura 3.3: Anillo sin borde (mm)



Fuente: Norma IRAM 6841

Figura 3.4: Anillo con borde (mm)

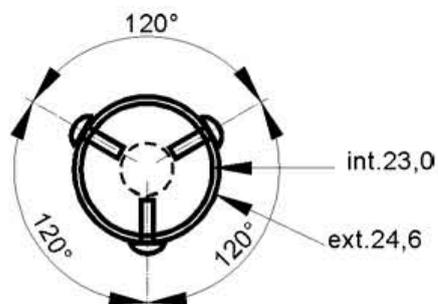


Fuente: Norma IRAM 6841

6. Dos esferas de acero, de diámetro 9.5 mm y peso 3.5 g cada una.

7. Guías de esferas, para centrar las esferas de acero como se muestra en la figura 3.5.

Figura 3.5: Anillo sin borde (mm)



Fuente: Norma IRAM 6841

8. Agua destilada.

9. Hielo

10. Termómetro calibrado de mercurio.

11. Vaso de precipitación, de vidrio o plástico.

12. Reverbero.

13. Agente aislante, compuesto de glicerina y talco neutro.

Fotografía 3.59: Compuesto aislante



3.4.4.2 Procedimiento

Verificar que se cuenta con todos los implementos a utilizar, para terminar el ensayo en 6 horas. Caliéntese cuidadosamente en forma conjunta; la muestra de residuo asfáltico, hasta llegar a su estado fluido y los anillos de broce a la misma temperatura del residuo. El residuo puede ser calentado en la estufa y los anillos en el horno.

Tratar con un agente aislante (glicerina y talco neutro) a una superficie de vidrio o de porcelana, para evitar que el residuo se le adhiera en su proceso de enfriamiento. Se coloca los anillos y en su interior se vierte la muestra con un ligero exceso, y se deja enfriar a temperatura ambiente por el lapso de 30 minutos.

Enfriado el residuo, calentar el filo de una espátula y cortar el exceso de las muestras colocadas en los anillos.

El ensayo no deberá durar más de 240 minutos, contabilizados desde el vertido de las muestras.

Fotografía 3.60: Muestras con agente aislante



Fotografía 3.61: Retiro de excesos



Se llena el vaso de precipitación con agua destilada hasta una altura de 100 mm, medidos a partir del fondo del vaso. Se puede introducir hielo para enfriar el líquido hasta una temperatura de 5°C.

A continuación se arma el conjunto del baño con las muestras del residuo y cuidadosamente se lo introduce en el vaso que contiene el líquido, dejándolo sumergido durante 15 minutos, controlando su temperatura con el termómetro acoplado. También introducir las esferas de acero en el fondo del recipiente, durante el mismo tiempo.

Al finalizar el tiempo de inmersión, retirar el conjunto de baño y colocar las esferas sobre las muestras del residuo.

Fotografía 3.62: Inmersión del conjunto



Fotografía 3.63: Esferas sobre muestras

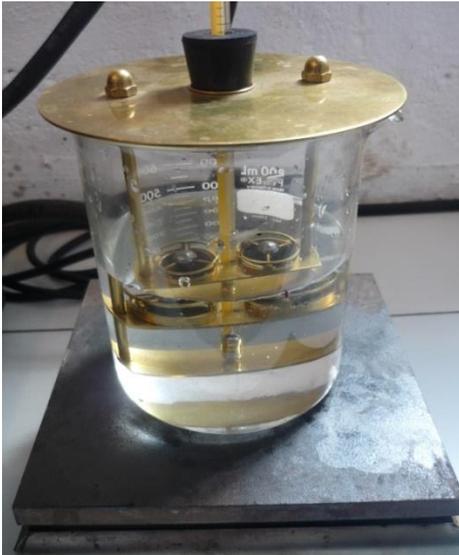


Finalmente se retira el hielo que no se diluyó en el recipiente y se introduce nuevamente el conjunto en el líquido.

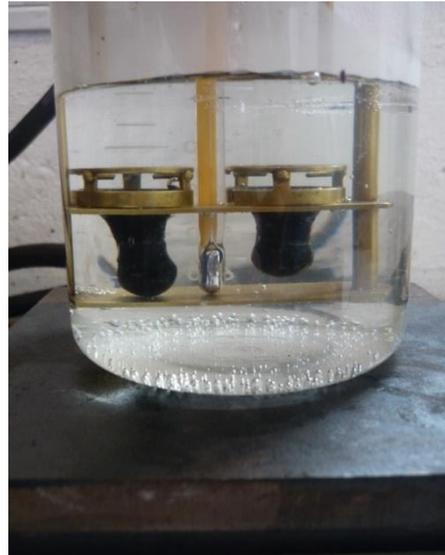
Se calienta el baño de forma pausada con ayuda de un reverbero, asegurando que el aumento de temperatura sea constante a 5°C por minuto.

Por el aumento de temperatura las muestras se ablandarán y por el peso de las esferas se deformarán hasta llegar a tocar la chapa de bronce, momento en el cual se registra la temperatura con la que cada muestra tocó la chapa.

Fotografía 3.64: Calentado del baño



Fotografía 3.65: Punto de ablandamiento



Si la diferencia entre las dos temperaturas con las que las muestras tocaron la chapa de aluminio es mayor a 1°C, se repite el ensayo.

3.4.4.3 Análisis de resultados:

El valor final del Punto de ablandamiento, se lo realiza calculando el promedio de las dos lecturas registradas:

Tabla 3.21: Resultados finales del ensayo Punto de Ablandamiento del residuo

| Emulsión | Muestra 1 | Muestra 2 | Punto de Ablandamiento (°C) |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| CSS-1h (sin polímero) | 60 | 59 | 60 |

Fuente: Laboratorios HCC⁴³.

Autor: Elaboración propia.

Nota: La muestra cumple con la especificación mínima de Punto de ablandamiento del residuo asfáltico para el diseño de Micro-pavimento.

3.4.5 Método para determinar la Ductilidad del residuo asfáltico

3.4.5.1 Equipo y materiales

1. Muestra del residuo (emulsión sin polímero).

⁴³ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

2. Ductilómetro con baño de agua termo regulable para mantener la temperatura de ensaye especificada, con una tolerancia de $\pm 0.1^\circ\text{C}$, y capaz de ensayar tres muestras a la vez.

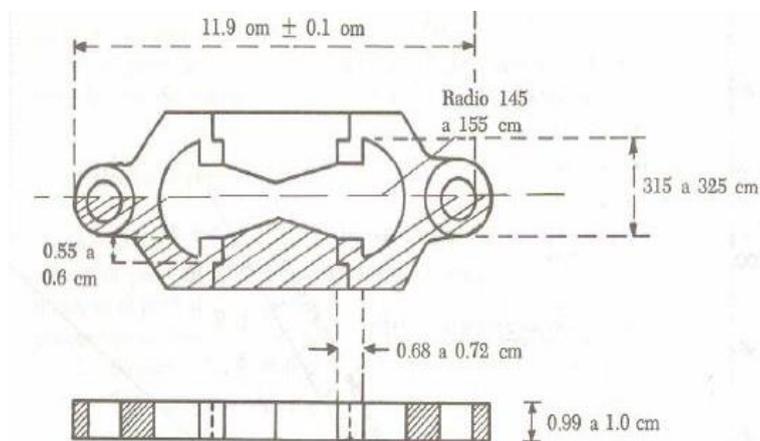
Fotografía 3.66: Ductilómetro con baño de agua



3. Placa de bronce o zinc perfectamente plana y a nivel, de superficie mayor al de la briqueta.

4. Moldes de bronce o zinc, capaces de acoplarse entre sí y formar una briqueta con las dimensiones que se indican en la figura 3.6:

Figura 3.6: Moldes acoplados en forma de briqueta (mm)



Fuente: Emulsiones asfálticas de Gustavo Rivera E.

5. Agente aislante, compuesto de glicerina y talco neutro.

6. Termómetro calibrado de mercurio.

7. Espátula o cuchilla.

8. Reverbero.

3.4.5.2 Procedimiento

Llenar el baño de agua hasta una altura no menor de 10 cm del fondo del baño, para lo cual se necesitará aproximadamente 10 lt de agua. Encender el Ductilómetro calibrándolo a 5 rpm y a $25^{\circ} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ de temperatura.

Colocar una capa de agente aislante en las placas y sobre ellas armar las tres briquetas como se ilustró en la figura 3.6. Se debe untar una capa de aislante en los moldes intermedios de las briquetas, debido a que estas son retiradas durante el ensayo.

Fotografía 3.67: Armado de briquetas.



Caliéntese cuidadosamente la muestra de residuo asfáltico, hasta llegar a su estado fluido y verterla dentro de las briquetas hasta rebasar ligeramente el nivel de enrase, evitando la formación de burbujas. Dejarlas enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos. Transcurrido el tiempo de enfriamiento, verificar con el termómetro que la temperatura del baño de agua sea de $25^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ y sumergir las briquetas por un periodo de 30 minutos.

Fotografía 3.68: Vertido del residuo asfáltico



Fotografía 3.69: Muestras sumergidas



Después, retirar del baño las muestras enrasarlas con el filo de la espátula previamente calentada en el reverbero. Cuidadosamente retirar los moldes intermedios de las briquetas y sumergir las muestras en el Ductilómetro, introduciendo los seguros de la máquina en los orificios de los extremos de las briquetas.

Finalmente colocar la aguja de medición en cero y encender el motor iniciando la elongación de las muestras.

Fotografía 3.70: Colocación de las briquetas



Fotografía 3.71: Elongación de las muestras



La muestra deberá alongarse hasta romperse, inmediatamente se verifica la distancia que señalo la aguja cuando se realizó la rotura y se registra expresándola en cm.

3.4.5.3 Análisis de resultados:

Para el presente diseño se realizaron tres muestras de ensayo, y los resultados que se obtuvieron son:

Tabla 3.22: Resultados finales del ensayo Ductilidad del residuo asfáltico

| Emulsión | Muestra 1 (cm) | Muestra 2 (cm) | Muestra 3 (cm) | Ductilidad (cm) |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| CSS-1h (sin polímero) | 45 | 46 | 44 | 46 |

Fuente: Laboratorios HCC.⁴⁴

Autor: Elaboración propia.

Nota: La emulsión tiene una ductilidad baja, pero está dentro de las especificaciones de diseño para Micro-pavimento.

⁴⁴ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.4.6 Resultados finales de los ensayos realizados al residuo asfáltico.

Emulsión: Residuo de CSS - 1h (sin polímero).

Tabla 3.23: Resultados finales de los ensayos realizados al residuo asfáltico

| Norma | Ensayo | Especificación | Resultado |
|-----------------------------|---|--------------------------|-----------------|
| I.N.V.E 771 INEN 905 | * Residuo Asfáltico por evaporación | 50 a 70 % | 61.35% |
| I.N.V.E 707-07 | * Gravedad Específica y Densidad del residuo a 25°C | Diferencia 0.002 máx. | 0.0017 |
| ASSHTO T-49 ASTM D-5 | * Penetración del residuo asfáltico (1/10 mm) | 40 a 90 máx. | 50 (1/10 mm) |
| AASHTO T53-96 ASTM D-36 | * Punto de Ablandamiento del residuo asfáltico | 57 % mín. | 60% |
| AASHTO T51-00 ASTM D-113 | * Ductilidad del residuo asfáltico | 40 (cm) mín. | 46 cm |

Fuente: Laboratorios HCC.

Autor: Elaboración propia.

3.4.7 Porcentaje teórico de emulsión por el Método de Hvem

Este método determina el área superficial del agregado, mediante la cual se puede aproximar de forma teórica el contenido de emulsión necesaria en la mezcla. El área superficial se determina después de tamizar el agregado y pesar el pasante de cada tamiz (Tabla 3.4), que será multiplicado por los factores de la tabla 3.24.

El área superficial será expresada en pie cuadrado por libra o metros cuadrado por kilogramo.

Tabla 3.24: Factores para determinar la capacidad superficial del agregado

| Factores de área superficial | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Tamaño máximo | | | | | | | | |
| mm | | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| # | 4 | 4 | 8 | 16 | 30 | 50 | 100 | 200 |
| Factor de área superficial | 2 | 2 | 4 | 8 | 14 | 30 | 60 | 160 |
| ft ² /lb (m ² /kg) | 0.41 | 0.41 | 0.82 | 1.64 | 2.87 | 6.14 | 12.29 | 32.77 |
| * Los factores de área superficial se aplican solamente cuando todos los tamices citados arriba se usan en el análisis de tamices | | | | | | | | |

Ejemplo:

| Tamaño del tamiz | | % que pasa | Factor de A.S. | | Área superficial | | | |
|--------------------|----------|------------|----------------|---|---------------------|--------------------|-------|-------|
| | | | | | ft ² /lb | m ² /kg | | |
| 19 mm | (3/4") | 100 | x | = | 2.00 | 0.41 | | |
| 9.5 mm | (3/8") | 90 | | | | | 2 | 0.41 |
| 4.75 mm | (No.4) | 75 | | | | | 2 | 0.41 |
| 2.36 mm | (No.8) | 60 | | | | | 4 | 0.82 |
| 1.18 mm | (No.16) | 45 | | | | | 8 | 1.64 |
| 0.60 mm | (No.30) | 35 | | | | | 14 | 2.87 |
| 0.30 mm | (No.50) | 25 | | | | | 30 | 6.14 |
| 0.15 mm | (No.100) | 18 | | | | | 60 | 12.29 |
| 0.075 mm | (No.200) | 10 | | | | | 160 | 32.77 |
| Área superficial = | | | | | | | 48.70 | 9.98 |

Fuente: Principios de construcción de pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente y Slurry Seal

3.4.7.1 Procedimiento

Se inicia calculando el Contenido de asfalto residual sobre el peso del agregado, para lo cual se utiliza la fórmula:

Fórmula 3.5: Contenido de asfalto residual sobre el peso del agregado

$$\% L = STA * t * 0.02047 * DB$$

Fuente: Método de Hvenn

Dónde:

L = contenido de asfalto residual sobre el peso del agregado.

STA = superficie teórica de agregado (ft²/lb) = Suma (% pasa * factor Hvenn).

t = espesor aproximado de la película de Micro-pavimento.

0.02047 = coeficiente de conversión de unidades.

DB = peso específico del asfalto.

Se toma los valores de la tabla 3.4 obtenidos en el ensayo de Granulometría del agregado y se reemplaza en la tabla 3.24, obteniendo:

Tabla 3.25: Resultados de Superficie teórica del agregado

| Área superficial | | | | | | |
|--------------------|----------|---------------------|----------------|-------|---------------------|--------------------|
| Cálculo: | | | | | | |
| Tamaño del tamiz | | Porcentaje que pasa | Factor de A.S. | | Área superficial | |
| | | | | | ft ² /lb | m ² /kg |
| 19 mm | (3/4") | 0 | | | | |
| 9.5 mm | (3/8") | 100 | 2 | 0.41 | 2.00 | 0.41 |
| 4.75 mm | (No.4) | 81.48 | 2 | 0.41 | 1.63 | 0.33 |
| 2.36 mm | (No.8) | 58.81 | x 4 | 0.82 | = 2.35 | 0.48 |
| 1.18 mm | (No.16) | 42.19 | 8 | 1.64 | 3.38 | 0.69 |
| 0.60 mm | (No.30) | 30.62 | 14 | 2.87 | 4.29 | 0.88 |
| 0.30 mm | (No.50) | 21.3 | 30 | 6.14 | 6.39 | 1.31 |
| 0.15 mm | (No.100) | 14.56 | 60 | 12.29 | 8.74 | 1.79 |
| 0.075 mm | (No.200) | 8.63 | 160 | 32.77 | 18.54 | 2.83 |
| Área superficial = | | | | | 47.31 | 8.72 |

Fuente: Laboratorios HCC.⁴⁵

Autor: Elaboración propia.

De la tabla 3.17 se extrae el valor de 1.0139 g/cm³, que corresponde al peso específico del asfalto.

El espesor aproximado de la película de Micro-pavimento (t), asumimos el valor de 10 mm basado con el espesor máximo que indica la tabla 2.5 para la granulometría tipo III. Y se reemplaza en la fórmula 3.5.

$$\% L = 47.31 * 10 * 0.02047 * 1.0139$$

$$\% L = 9.82$$

A continuación, de la tabla 3.14 se toma el valor de 61.35%, que corresponde al ensayo residuo asfáltico por evaporación.

Se calcula el porcentaje teórico de emulsión con la fórmula:

Fórmula 3.6: Porcentaje teórico de emulsión asfáltica

$$\% E = \frac{\%L * 100}{\% Asfalto}$$

Fuente: Método de Hvem

⁴⁵ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Reemplazando:

$$\% E = \frac{9.82 * 100}{61.35 \%}$$

$$\% E = 16.00 \%$$

El porcentaje teórico de emulsión obtenido para elaborar la mezcla, será referencial y susceptible a cambios, debido a que todo depende de su compatibilidad con el agregado y el agua.

Al observar que el agregado no tiene deficiencia de finos, por lo que teóricamente no será necesario el uso de cemento portland. De existir necesidad de usar cemento se proporcionará de forma que: por cada porcentaje de cemento, se aumenta el 0.6% de emulsión.

3.4.8 Método para determinar la Viscosidad Saybolt.

3.4.8.1 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión sin polímero.
2. Viscosímetro Saybolt con baño incluido.

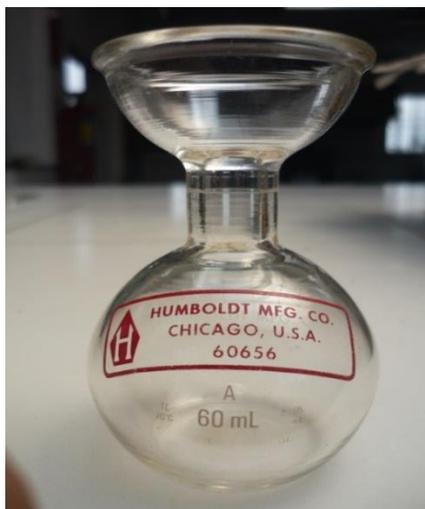
Fotografía 3.72 Viscosímetro Saybolt



3. Dos termómetros calibrados de mercurio, uno para el viscosímetro y el otro para el baño maría.

4. Matraz recibidor de 60 ml.

Fotografía 3.73: Matraz recibidor



5. Cronómetro, apreciación de 0.01 segundos.

3.4.8.2 Procedimiento

Disponer y controlar con el termómetro la temperatura del baño del Viscosímetro Saybolt. Las temperaturas estandarizadas para medir la viscosidad por este método son de: 25, 37.8, 50 y 98.9 °c.

El tipo de emulsión a utilizar es quien define la temperatura a la cual se debe realizar el ensayo, en nuestro caso se la realizará a 25 °c.

Para verificar que el equipo obtenga la temperatura deseada, se coloca el termómetro en el orificio diseñado para ese propósito, como se ilustra en la fotografía 3.74.

Se verifica la temperatura de la muestra de emulsión, si es necesario aumentar su temperatura se puede recurrir a calentarla la muestra cuidadosamente en una estufa o reverbero, controlando con el termómetro obtener la temperatura desea.



Fotografía 3.74: Control de temperatura

Otro método que podemos realizar es: en un recipiente cerrado llevar la muestra a baño maría durante un periodo de 30 minutos, controlando su temperatura con el termómetro. Cualquiera que fuese el método a utilizar la muestra debe obtener una temperatura de 25 °c, para poder ensayarla.

Fotografía 3.75: Obtención de la temperatura de ensayo



Al obtener la temperatura deseada en la muestra y en el viscosímetro, inmediatamente se vierte la muestra directamente en los contenedores del viscosímetro hasta que el nivel este por encima del borde de desbordamiento.

Fotografía 3.76: Vertido de emulsión en el Viscosímetro



Colocar los recipientes (matraz) bajo cada contenedor donde se vertió la muestra. Retirar el corcho del viscosímetro e inmediatamente poner en marcha el cronometro, el tiempo que transcurre desde que se retira el corcho, hasta el

momento en que la muestra llega a la marca de graduación indicada en su cuello vertical del matraz, ese periodo será registrado como el tiempo de medición.

Fotografía 3.77: Llenado del matraz



3.4.8.3 Análisis de resultados:

Para el presente diseño se realizaron dos muestras de ensayo, y los resultados que se obtuvieron son:

Tabla 3.26: Resultados finales del ensayo de Viscosidad Saybolt

| Emulsión | Tiempo de medición | | Promedio |
|-----------------------|--------------------|-----------|----------|
| | Muestra A | Muestra B | |
| | (seg) | (seg) | (seg) |
| CSS-1h (sin polímero) | 23 | 24 | 23.5 |

Fuente: Laboratorios HCC.⁴⁶

Autor: Elaboración propia.

Nota: La emulsión tiene una viscosidad baja, pero está dentro de las especificaciones de diseño para Micro-pavimento.

3.4.9 Tamizado de las emulsiones asfálticas

3.4.9.1 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión sin polímero.
2. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.

⁴⁶ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3. Tamiz # 20 y recipiente de recolección con tamaño apropiado para que el tamiz puede colorarse sobre él.

Fotografía 3.78: Tamiz y recipiente base



4. Agua destilada (para emulsiones catiónicas).

5. Vaso de precipitación, de vidrio o plástico.

3.4.9.2 Procedimiento

Se toma 1000 ml de emulsión sin polímero y se la enfría (a temperatura ambiente) o calienta (a baño maría) hasta obtener una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Obtenida la temperatura, se la vierte sobre el tamiz # 20.

Fotografía 3.79: Tamizado de emulsión



Lave el tamiz y el contenido con agua destilada, hasta que el agua usada salga limpia y clara.

Fotografía 3.80: Lavado del tamiz y de las partículas retenidas



Realizado el lavado, se coloca el recipiente de recolección debajo del tamiz y se seca en el horno a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por el lapso de 2 horas. Finalizado el tiempo de secado, sacar la muestra y dejar enfriar a temperatura ambiente, para posteriormente pesar el tamiz con el residuo retenido seco.

Fotografía 3.81: Partículas retenidas secas



3.4.9.3 Análisis de resultados:

Los cálculos se deben realizar con la siguiente fórmula:

Fórmula 3.7: Tamizado de emulsiones asfálticas

$$\% \text{ Muestra retenida} = \frac{B - A}{10}$$

Fuente: Norma I.N.V.E 765

Dónde:

A = peso del tamiz + recipiente.

B = peso del tamiz + recipiente + residuo retenido.

Tabla 3.27: Resultados finales del ensayo Tamizado de emulsiones asfálticas

| Emulsión | A (g) | B (g) | Retenido en Tamiz (%) |
|-----------------------|----------|----------|--------------------------|
| CSS-1h (sin polímero) | 140.6 | 140.73 | 0.013 |

Fuente: Laboratorios HCC.⁴⁷

Autor: Elaboración propia

Nota: La muestra cumple con la especificación para Tamizado de emulsiones asfálticas, para el diseño de Micro-pavimento.

3.4.10 Ensayo de Estabilidad a las 24 horas

3.4.10.1 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión sin polímero.
2. Dos probetas de 500 ml, con base inferior.

Fotografía 3.82: Probeta de 500 ml



3. Cuatro recipientes de precipitación, con sus respectivos agitadores.
4. Horno, con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
5. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.
6. Papel de aluminio.
7. Pipeta y bomba de caucho tipo sifón.

⁴⁷ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Fotografía 3.83: Pipeta y bomba de caucho



3.4.10.2 Procedimiento

Coloque una cantidad de emulsión que afore cada una de las probetas de 500 ml, a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Sellar las probetas con tapones de papel de aluminio y dejarla reposar durante 24 horas, a la temperatura del laboratorio.

Fotografía 3.84: Muestra en reposo durante 24 horas



Transcurrido el tiempo de reposo, pesar un recipiente de precipitación con su agitador y registrar su valor. Luego introducir la pipeta tipo bomba en la parte superior de la probeta, succionar 55 ml sin agitar la muestra y colocar en el recipiente 50 g de la muestra succionada, y registrar su valor e identificarlo como “superior”. A continuación y sin agitar la probeta, tome 390 ml del restante de la emulsión superficial y deséchelos. Limpie la pipeta y vuelva a introducirla para succionar 55 ml del fondo de la probeta y colocar 50 g de la muestra succionada en

otro recipiente previamente pesado con su agitador, registrar su valor e identificarlo como “inferior”.

Fotografía 3.85: Succión de la muestra



Fotografía 3.86: Colocación de la muestra



Realizar el mismo proceso para tomar las muestra de la segunda probeta. Obtenidas las cuatro muestras, colocar los recipientes en el horno por el lapso de 2 horas a una temperatura constante de $163^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Transcurrido el tiempo, se saca los recipientes, se agita bien el residuo y se los vuelve a colocar dentro del horno por un periodo de una hora más.

Finalizado el tiempo de secado, sacar los recipientes del horno y dejarlos enfriar a temperatura ambiente, para posteriormente pesarlos.

3.4.10.3 Análisis de resultados:

Los cálculos se deben realizar con la siguiente fórmula:

Fórmula 3.8: Estabilidad de emulsiones asfálticas

$$\% \text{ de Estabilidad a las 24 horas} = B - A$$

Fuente: Norma INEN 909

Dónde:

A = porcentaje del residuo asfáltico de la muestra superior.

B = porcentaje del residuo asfáltico de la muestra inferior.

Tabla 3.28: Resultados finales del ensayo de Estabilidad

| Resultados | | |
|--|--------|--------|
| Muestra | A | B |
| A = peso del vaso + varilla y tapa + residuo (g) | 143.80 | 133.30 |
| B = peso del vaso + varilla y tapa (g) | 113.00 | 102.40 |
| C = peso de la muestra de emulsión (g) | 50.00 | 50.00 |
| (%) de residuo = $2 \times (A - B)$ | 61.60 | 61.80 |
| (%) de Estabilidad a las 24 horas | 0.20 | |

Fuente: Laboratorios HCC⁴⁸

Autor: Elaboración propia

Nota: La muestra cumple con la especificación de Estabilidad de emulsiones asfálticas a las 24 horas para el diseño de Micro-pavimento.

3.4.11 Ensayo de Asentamiento a los 5 días.

3.4.11.1 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión sin polímero.
2. Dos probetas de 500 ml, con base inferior.
3. Pipeta y bomba de caucho tipo sifón.
4. Cuatro recipientes de precipitación, con sus respectivos agitadores.
5. Horno, con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
6. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.
7. Papel de aluminio

3.4.11.2 Procedimiento

Coloque una cantidad de emulsión que afofe cada una de las probetas de 500 ml, a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Sellar las probetas con tapones de papel de aluminio y dejarla reposar durante 5 días, a la temperatura del laboratorio. Transcurrido el tiempo de reposo, pesar un recipiente de precipitación con su agitador y registrar su valor. Luego introducir la pipeta tipo bomba en la parte superior de la probeta, succionar 55 ml sin agitar la muestra y colocar en el

⁴⁸ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

recipiente 50 g de la muestra succionada, y registrar su valor e identificarlo como “superior”. A continuación y sin agitar la probeta, tome 390 ml del restante de la emulsión superficial y deséchelos. Limpie la pipeta y vuelva a introducirla para succionar 55 ml del fondo de la probeta y colocar 50 g de la muestra succionada en otro recipiente previamente pesado con su agitador, registrar su valor e identificarlo como “inferior”. Realizar el mismo proceso para tomar las muestra de la segunda probeta.

Obtenidas las cuatro muestras, colocar los recipientes en el horno por el lapso de 2 horas a una temperatura constante de $163^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Transcurrido el tiempo, se saca los recipientes, se agita bien el residuo y se los vuelve a colocar dentro del horno por un periodo de una hora más. Finalizado el tiempo de secado, sacar los recipientes del horno y dejarlos enfriar a temperatura ambiente, para pesarlos.

3.4.11.3 Análisis de resultados:

Los cálculos se deben realizar con la siguiente fórmula:

Fórmula 3.9: Asentamiento de emulsiones asfálticas

$$\% \text{ de Asentamiento a los 5 días} = B - A$$

Fuente: Norma INEN 909

Dónde:

A = porcentaje del residuo asfáltico de la muestra superior.

B = porcentaje del residuo asfáltico de la muestra inferior.

Tabla 3.29: Resultados finales del ensayo de Asentamiento

| Resultados | | |
|--|--------|--------|
| Muestra | A | B |
| A = peso del vaso + varilla y tapa + residuo (g) | 136.44 | 137.84 |
| B = peso del vaso + varilla y tapa (g) | 90.88 | 90.48 |
| C = peso de la muestra de emulsión (g) | 50.00 | 50.00 |
| (%) de residuo = $2 \times (A - B)$ | 91.12 | 94.72 |
| (%) de Asentamiento a los 5 días | 3.60 | |

Fuente: Laboratorios HCC⁴⁹

Autor: Elaboración propia

⁴⁹ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Nota: La muestra cumple con la especificación de Asentamiento de emulsiones asfálticas a los 5 días para el diseño de Micro-pavimento.

3.4.12 Resultados finales de los ensayos realizados a la emulsión

Emulsión: CSS - 1h (sin polímero).

Tabla 3.30: Resultados finales de los ensayos realizados a la emulsión sin polímero

| Norma | Ensayo | Especificación | Resultados |
|---------------------------|---|----------------|------------|
| ASSTHO T-59 ASTM D-244 | * Viscosidad Saybolt (25 °c) | 20 a 100 seg. | 24 seg. |
| I.N.V.E 765 ASTM 244 | * Tamizado de las emulsiones asfálticas (Tamiz # 20) | 0 a 0.1 % | 0.013% |
| AASHTO T-59 INEN 909 | * Estabilidad de las emulsiones asfálticas, a las 24 horas. | Dif. 1 % máx. | 0.20 |
| AASHTO T-59 ASTM 244 | * Asentamiento de las emulsiones asfálticas, a los 5 días. | Dif. 5 % máx. | 3.60% |

Fuente: Laboratorios HCC.⁵⁰

Autor: Elaboración propia.

3.5 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE LA MEZCLA

3.5.1 Porcentajes iniciales de la mezcla

Una vez calificados los componentes de la mezcla, se determina los porcentajes iniciales con los que se diseñará las muestras de Micro-pavimento a ser ensayado. Los porcentajes señalados serán iniciales y susceptibles a cambios:

El porcentaje inicial de emulsión será del 16 % respecto al peso del agregado seco. Valor teórico obtenido con el Método de Hvenn.

El polímero a utilizar será el Butonal NX-4190, que es un Polímero Catiónico Modificador SBS para aplicaciones de emulsiones asfálticas. La cantidad considerada de polímero será del 3 %, equivalente al valor mínimo recomendado en la Norma Ecuatorial Vial (2012).

El emulsificante es Asfier 211G (Grasas aminas) y esta formulado con el 1.1% respecto al volumen de la emulsión, el cual, es combinado con el ácido clorhídrico

⁵⁰ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

en el Tanque de solución jabonosa, convirtiéndolas en jabón que será mezclada con el agua.

La cantidad inicial de agua será del 10% respecto al peso del agregado seco, como lo recomienda la Norma Ecuatorial Vial (2012).

Tabla 3.31: Porcentajes iniciales para el diseño de Micro-pavimento

| Porcentajes iniciales para el diseño de Micro-pavimento | | | | | | |
|---|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|---------|
| Material | Agregado | Emulsión | Emulsificante | Polímero | Filler | Agua |
| Tipo | 3/8" | CSS - 1h | Asfier 211G | Butonal NX 4190 | Cemento Portland | Potable |
| Porcentaje | 100.00% | 16.00% | 1.10% | 3.00% | - | 10.00% |

Fuente: Laboratorios HCC.⁵¹

Autor: Elaboración propia.

Obtenidos los porcentajes iniciales, a continuación se realiza los ensayos finales con la mezcla, definiendo los porcentajes óptimos para determinar la fórmula ideal de diseño.

3.5.2 Ensayo de Contenido de humedad óptima

3.5.2.1 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión con polímero.
2. Agregado con TMN de 3/8" completamente seco.
3. Molde cónico, de metal o plástico rígido, con diámetro superior de 38.3 mm, diámetro en su base inferior de 89.3 mm y altura de 76.3 mm.

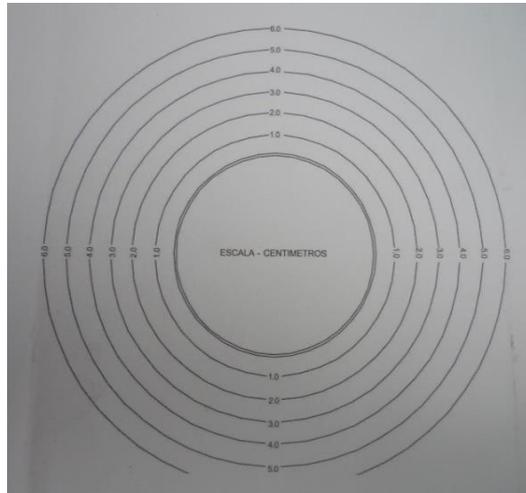
Fotografía 3.87: Molde cónico de metal



⁵¹ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

4. Base graduada en cm, de metal o papel en cuyo centro lleva una serie de círculos impresos, el menor de ellos con diámetro de 89 mm y los restantes con radios crecientes en 10 mm.

Fotografía 3.88: Base graduada de papel



5. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.
6. Cronómetro, apreciación de 0.01 segundos.
7. Agua potable.
8. Cemento Portland.
9. Recipiente metálico.
10. Espátula.
11. Base de vidrio.

3.5.2.2 Procedimiento

Utilizar los porcentajes iniciales para el diseño de Micro-pavimento indicado en la tabla 3.31, los cuales de ser necesario, irán variando sus porcentajes hasta obtener la mezcla deseada.

Se inicia pesando 500 g de agregado en un recipiente metálico, si existe una deficiencia de finos en la granulometría del agregado, agregar cemento portland y mezclar uniformemente con la espátula por un minuto.

Transcurrido el tiempo de mezclado, colocar el porcentaje de agua y mezclar uniformemente por un minuto, verificando el tiempo con el cronómetro.

Fotografía 3.89: Mezclado uniforme



Antes de verter la emulsión en la mezcla, verificar que no tenga presencia natas o burbujas, caso contrario mezclarla con un agitador hasta conseguir una total homogeneidad. Realizado el proceso, colocar el porcentaje de emulsión y mezclar uniformemente de 1 a 3 minutos, hasta obtener un amasado homogéneo sin que la emulsión muestre coloración de ruptura.

Colocar el papel graduado en una base horizontal y sobre él colocar la base de vidrio para protegerlo. Centrar la base inferior del cono con las graduaciones del papel.

Fotografía 3.90 Centrado del cono con la base graduada



Una vez obtenida la homogeneidad de la mezcla, se vierte suavemente en el interior del cono por su abertura superior con ayuda de la espátula, hasta llenado completo. Mientras se realiza el llenado del cono se debe mantener fija su base y centrada con la hoja graduada.

Fotografía 3.91: Introducción de la mezcla



Finalizado el llena y enrasado los excesos, rápidamente levantar el cono con un movimiento vertical, lo que ocasionara el que la mezcla fluya libremente sobre la base graduada.

Fotografía 3.92: Fluidez de la mezcla



Se mide la fluencia de la mezcla en centímetros alcanzada por la mezcla en cuatro puntos de la escala de círculos de la base graduada, separados entre sí 90 grados. La fluencia recomendable que debe tener la mezcla, se da cuando recorre de 2 a 3 cm respecto al borde inferior del cono.

3.5.2.3 Análisis de resultados:

Para el ensayo se fabricaron varias muestras con diferentes porcentajes de emulsión, agua y cemento. Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 3.32: Porcentaje óptimo de humedad

| Consistencia del Cono para el diseño de Micro-pavimento | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----|---------|-----|----------|-----|------|-----|--------------|-------------|
| Muestra | Agregado | | Cemento | | Emulsión | | Agua | | Consistencia | Observación |
| # | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | (cm) | |
| 1 | 100 | 500 | 0.5 | 2.5 | 16 | 80 | 10 | 50 | 0 | Muy seca |
| 2 | 100 | 500 | 1 | 5 | 15 | 75 | 15 | 75 | 4 | Muy fluida |
| 3 | 100 | 500 | 0.5 | 2.5 | 15 | 75 | 15 | 75 | 4 | Muy fluida |
| 4 | 100 | 500 | 0.5 | 2.5 | 15 | 75 | 14 | 70 | 3 | Fluida |
| 5 | 100 | 500 | 0.5 | 2.5 | 15 | 75 | 13 | 65 | 2.5 | Optima |

Fuente: Laboratorios HCC⁵²

Autor: Elaboración propia.

Es evidente que para mejorar la consistencia de la mezcla y el tiempo de ruptura de la emulsión, se necesita la adición de cemento en una mínima cantidad, a pesar que el ensayo de granulometría indicó que no existe deficiencia de finos. El filler a utilizar será del tipo cemento portland y en una mínima cantidad del 0.5%.

Nota: la muestra # 5 presentó una consistencia óptima de humedad por el método del cono, por lo tanto, los siguientes ensayos se los realizará utilizando como base estos valores.

3.5.3 Ensayo de Cohesión húmeda

3.5.3.1 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión con polímero.
2. Agregado con TMN de 3/8" completamente seco.
3. Cohesímetro, compuesto de un cilindro neumático de presión cuyo pistón tendrá en su parte inferior un pie de goma dura de 25.4 mm de diámetro. El recorrido del pistón estará comprendido entre 35 y 40 mm. En la parte superior del cilindro neumático se podrá acoplar el torsiómetro para medir el par de torsión. El Cohesímetro dispondrá del sistema de toma de aire de presión y conducción del

⁵² Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

mismo al cilindro neumático, acoplado con un manómetro intercalado en el circuito, que pueda medir y suministrar presiones de 0 a 1.100 kPa (de 0 a 11 kg/cm²).

4. Torsiómetro, es un equipo de uso manual, adecuado para medir el par de torsión de esfuerzos entre 0 y 3.5 N.m (0-35 kg.cm). Se acopla a la parte superior del Cohesiómetro mediante un anillo tipo corona que posee la parte inferior del torsiómetro.

Fotografía 3.93: Cohesiómetro



Fotografía 3.94: Torsiómetro



5. Anillos metálicos con dimensiones de: 65.5 ± 0.5 mm de diámetro exterior; 60.0 ± 0.5 mm de diámetro interior; altura de 6.0 ± 0.5 mm ó 10.0 ± 0.5 mm, según el tamaño máximo del agregado en la lechada por ensayar.

Cada anillo debe descansar sobre un fondo de caucho, cartón asfáltico u otro material no absorbente.

Fotografía 3.95: Anillos metálicos sobre fondo de caucho



6. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.

7. Papel lija # 100 y # 200.
8. Cronómetro, apreciación de 0.01 segundos.
9. Recipiente plástico o metálico.
10. Agua potable.
11. Cemento Portland.
12. Espátula.

3.5.3.2 Procedimiento

Utilizar los porcentajes óptimos de humedad obtenidos en la tabla 3.32, los cuales de ser necesario, irán variando sus porcentajes hasta obtener el diseño deseado. Se inicia pesando 100 g de agregado en un recipiente plástico, luego agregar el cemento portland y mezclar uniformemente con la espátula por un minuto. Finalizado el mezclado, colocar el porcentaje de agua y mezclar de igual manera y por el mismo tiempo.

Antes de verter la emulsión en la mezcla, verificar que no tenga presencia natas o burbujas, caso contrario mezclarla con un agitador hasta conseguir una total homogeneidad. Realizado el proceso, colocar el porcentaje de emulsión y mezclar uniformemente de 1 a 3 minutos, hasta obtener un amasado homogéneo sin que la emulsión muestre coloración de ruptura.

Fotografía 3.96: Mezclado uniforme de 1 a 3 minutos



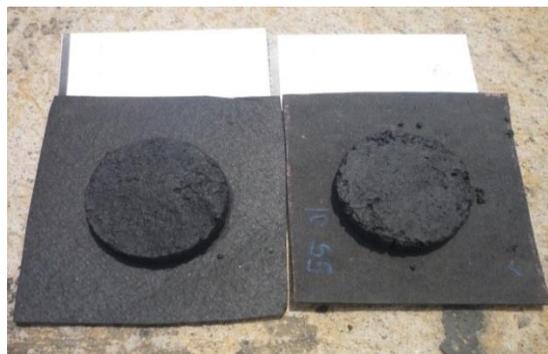
Colocar dos fondos de caucho en una base horizontal y sobre ellos colocar los anillos metálicos. Obtenida la homogeneidad de la mezcla, se vierte suavemente en el interior de los anillos con ayuda de la espátula, hasta llenado completo. Los anillos deben permanecer fijos a su fondo de caucho, mientras se realiza el llenado.

Fotografía 3.97: Llenado del anillos con la mezcla



Finalizado el llenado, enrasar los excesos y transportar cuidadosamente los anillos con su fondo, a un lugar donde pueda realizar un secado bajo el sol. Ubicadas las muestras, identificar cada molde y luego de 3 minutos retirar cuidadosamente los anillos realizando suaves movimientos circulares. Dejar secar una muestra por un periodo de tiempo de 30 minutos y la otra por 60 minutos, antes de ser ensayadas. Los intervalos de tipos adecuados para ensayar las muestras son a los 30, 60, 150, 210 y 270 minutos, teniendo en cuenta que se debe fabricar una muestra para cada intervalo.

Fotografía 3.98: Muestras secadas al sol



Antes de ensayar las muestras se debe calibrar la máquina; colocando su presión en 30 Psi, luego colocar papel lija debajo del pie de goma y permitir que el pisto neumático descienda y presione la lija.

Encerar el torsiómetro y acoplarlo en el eje metálico que sobresale del cilindro de compresión neumático del Cohesiómetro. Finalmente se gira el torsiómetro de forma suave y sin ejercer presión en un movimiento horizontal hasta unos 90° a 120° de arco, en un tiempo comprendido entre 0.7 y 1.0 segundos. La medida del par de torsión para la calibración de la máquina debe estar entre los 18 y 20 kg/cm².



Fotografía 3.99: Calibrado de la máquina

Una vez transcurrido el tiempo del primer secado, se coloca la muestra en el Cohesiómetro centrándola con el pie de goma, desciende el pisto neumático y presione la muestra simulando la presión ejercida por un automóvil de tipo mediano. Se encera el torsiómetro y desde este punto se continúa con el proceso detallado para calibrar la máquina.

El mismo proceso se realiza para la segunda muestra, luego de transcurrido su tiempo de secado.

Fotografía 3.100: Muestra lista para ensayar



Fotografía 3.101: Muestra ensayada



Las medidas del par de torsión obtenidas deberán ser expresadas en kg/cm² y registradas junto al detalle de fabricación y tiempo de secado de cada muestra para evitar confusiones.

3.5.3.3 Análisis de resultados:

Para el ensayo se fabricaron varias muestras con diferentes porcentajes de agua y cemento. Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 3.33: Resultados de Cohesión húmeda

| Resultados de Cohesión húmeda para el diseño de Micro-pavimento | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|------------|
| Muestra | Agregado | | Cemento | | Emulsión | | Agua | | Cohesión | Tiempo |
| # | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | (kg/cm ²) | (min) |
| 1 | 100 | 100 | 1 | 1 | 15 | 75 | 15 | 75 | 12 | 30 |
| 2 | 100 | 100 | 1 | 1 | 15 | 75 | 15 | 75 | 18 | 60 |
| 3 | 100 | 100 | 1 | 1 | 15 | 75 | 15 | 75 | 25 | 120 |
| 4 | 100 | 100 | 0.5 | 0.5 | 15 | 75 | 13 | 65 | 14 | 30 |
| 5 | 100 | 100 | 0.5 | 0.5 | 15 | 75 | 13 | 65 | 22 | 60 |
| 6 | 100 | 100 | 0.5 | 0.5 | 15 | 75 | 13 | 65 | 27 | 120 |

Fuente: Laboratorios HCC⁵³

Autor: Elaboración propia

Nota: la dosificación con el 0.5% de filler en las muestras 4, 5 y 6 proporcionó notables mejoras en su capacidad de soportar esfuerzos de deformación permanente (fuerzas de cohesión) y sus resultados cumplen con la especificación, por lo tanto, se sigue manteniendo esta dosificación para el resto de ensayos.

3.5.4 Ensayo de Abrasión húmeda

3.5.4.1 Equipo y materiales

1. Muestra de emulsión con polímero.
2. Agregado pasante del tamiz # 4, completamente seco.
3. Cemento Portland.
4. Agitador mecánico, equipado con un dispositivo para sujetar el cabezal de abrasión, con un movimiento libre hacia arriba y hacia abajo en la camisa del eje.

⁵³ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Posee una bandeja metálica de fondo plano de aproximadamente 330 mm de diámetro, con paredes laterales verticales de 51 mm de alto, con dos tornillos equidistantes, capaces de sujetar una muestra de 285 mm de diámetro al fondo de la bandeja.

Fotografía 3.102: Agitador mecánico



5. Molde plástico tipo plantilla, con diámetro interior de 279 mm y espesor de 6 mm. Cada molde debe descansar sobre un fondo de caucho, cartón asfáltico u otro material no absorbente, diseñado de forma circular con diámetro externo de 300 mm.

Fotografía 3.103: Molde plástico y base de caucho



6. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.
7. Baño maría, con regulación a temperatura constante.
8. Horno, con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

9. Cronómetro, apreciación de 0.01 segundos.
10. Recipiente metálico o plástico.
11. Cuchara o espátula.
12. Bases metálicas cuadradas, de 300 mm por lado.

3.5.4.2 Procedimiento

Utilizar los porcentajes óptimos obtenidos en la tabla 3.33, los cuales de ser necesario, irán variando sus porcentajes hasta obtener el diseño deseado.

Se inicia pesando 800 g de agregado en un recipiente metálico, luego agregar el cemento portland y mezclar uniformemente con la espátula por un minuto. Finalizado el mezclado, colocar el porcentaje de agua y mezclar de igual manera y por el mismo tiempo.

Antes de verter la emulsión en la mezcla, verificar que no tenga presencia natas o burbujas, caso contrario mezclarla con un agitador hasta conseguir una total homogeneidad. Realizado el proceso, colocar el porcentaje de emulsión y mezclar uniformemente de 1 a 3 minutos, hasta obtener un amasado homogéneo sin que la emulsión muestre coloración de ruptura.

Fotografía 3.104: Colocación de la emulsión



Identificar el fondo caucho, luego colocarlo en una base horizontal y sobre él colocar el molde plástico.

Obtenida la homogeneidad de la mezcla, se vierte suavemente en el interior del molde con ayuda de la cuchara, hasta llenado completo. El molde debe permanecer fijo a su fondo de caucho mientras se realiza el llenado y el esparcido uniforme de la mezcla, con el mínimo de manipulación y enrasando sus excesos.

Fotografía 3.105: Colocado del molde



Fotografía 3.106: Llenado y distribución



Dejar reposar la muestra por lo menos 5 minutos, luego retirar cuidadosamente el molde realizando suaves movimientos circulares. Una vez retirado el molde, colocar la muestra sobre la base metálica evitando que la mezcla pierda su forma. Se recomienda forrar la base metálica con papel para evitar que la base de caucho se le adhiera. Colocar la muestra en el horno a una temperatura de 60°C y secar hasta peso constante (mínimo 16 horas de secado).

Fotografía 3.107: Muestra en base metálica

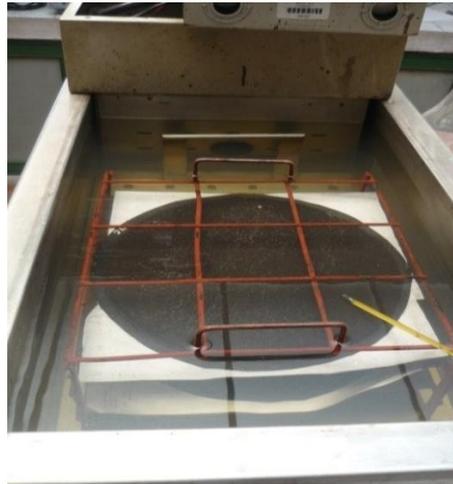


Fotografía 3.108: Muestra secada al horno



Transcurrido el tiempo de secado, retirar la muestra del horno y dejarla enfriar a temperatura ambiente por 30 minutos y se registra su peso. Seguidamente sumergir la muestra en baño maría a 25°C durante el lapso de 60 minutos.

Fotografía 3.109: Muestra sumergida



Retirar la muestra del baño maría y colocarla en la bandeja metálica de fondo plano, sujetar sus extremos con los tornillos equidistantes. Fijar la cabeza abrasiva al aje de la máquina, luego tomar agua del baño maría y llenar la bandeja metálica hasta sumergir la muestra por lo menos 6 mm.

Elevar la plataforma hasta que la cabeza abrasiva se apoye en la superficie de la muestra. Encender la máquina a una velocidad aproximada de 144 rpm, con 61 vueltas de la cabeza abrasiva y en un tiempo aproximado de 5 minutos.

Fotografía 3.110: Muestra sumergida y ensayada



Finalizado el ciclo de abrasión, se retira la muestra y se lava para eliminar los residuos de materiales sueltos. Se coloca nuevamente sobre la base metálica forrada con papel y se la introduce en el horno a 60°C hasta alcanzar peso constante.

Fotografía 3.111: Muestras ensayadas



Se retira la muestra del horno y se la deja enfriar a temperatura ambiente por 30 minutos y se registra su peso.

Es recomendable fabricar y ensayar por lo menos tres probetas (muestras) para cada variación en proporciones o calidad de los ingredientes de la mezcla.

3.5.4.3 Análisis de resultados:

Para el ensayo se fabricaron varias muestras con diferentes porcentajes de emulsión y agua. Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 3.34: Resultados de Abrasión húmeda

| | | | | | | | | | | | k= | 34.98 |
|---|------------|------------|------------|----------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| Resultados de Abrasión húmeda para el diseño de Micro-pavimento | | | | | | | | | | | | |
| # | Agregado | | Cemento | | Emulsión | | Agua | | Peso (g) | | Peso perdido | |
| | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | Antes | Después | (g) | (g/m ²) |
| 1 | 100 | 800 | 0.5 | 4 | 17 | 136 | 11 | 88 | 926.0 | 922.5 | 3.5 | 122.4 |
| 2 | 100 | 800 | 0.5 | 4 | 15 | 120 | 13 | 104 | 845.2 | 840.9 | 4.3 | 150.4 |
| 3 | 100 | 800 | 0.5 | 4 | 14 | 112 | 14 | 112 | 916.8 | 909.7 | 7.1 | 248.4 |
| 4 | 100 | 800 | 0.5 | 4 | 13 | 104 | 15 | 120 | 920.4 | 904.2 | 16.2 | 566.7 |

Fuente: Laboratorios HCC⁵⁴

Autor: Elaboración propia

Nota: la dosificación de las muestras # 1 y 2 la menor diferencia de masas luego del ensayo y cumplen con la especificación, por lo tanto, se sigue manteniendo estas dosificaciones para el resto de ensayos.

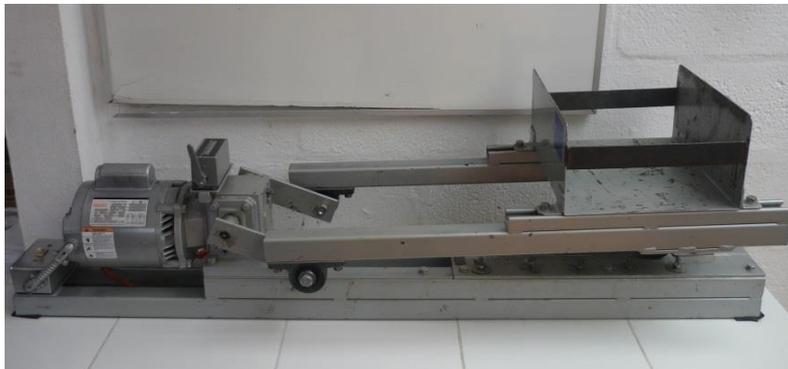
⁵⁴ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.5.5 Ensayo de Rueda Cargada

3.5.5.1 Equipo y materiales

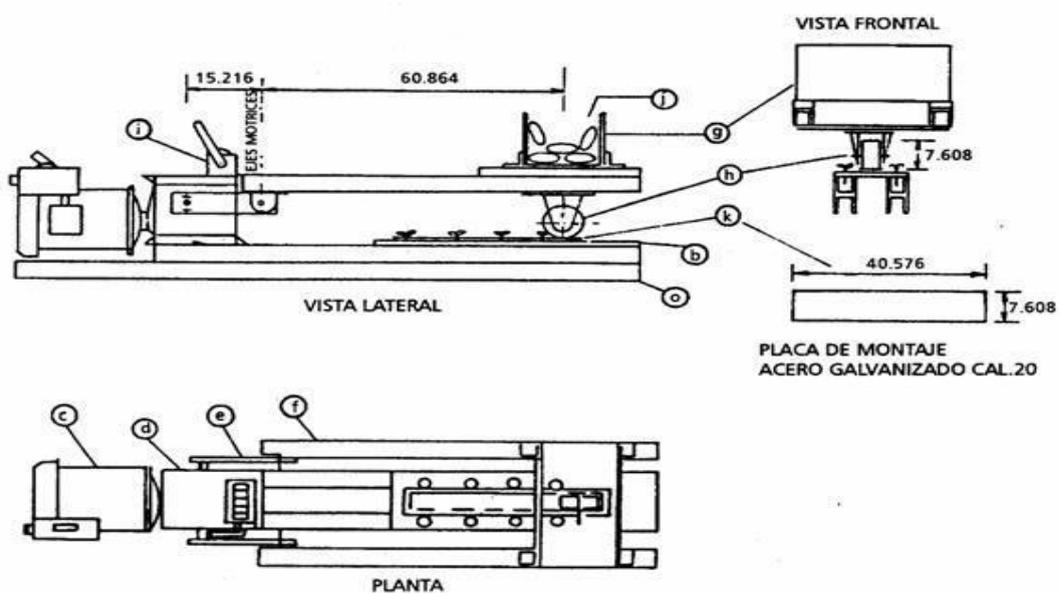
1. Muestra de emulsión con polímero.
2. Agregado con TMN de 3/8'' completamente seco.
3. Agua potable.
4. Cemento Portland.
5. Máquina de rueda cargada (LWT), diseñada para la simulación de tráfico.

Fotografía 3.112: Agitador mecánico



La máquina está equipada con:

Figura 3.7: Máquina de ensayo Rueda cargada (LWT)



Fuente: Instituto Nacional de Vías de Colombia

Dónde:

- a. Base y canal ajustable de acero.
- b. Placa de montaje para muestras.
- c. Motor, con accesorios de acoplamiento, de 1/3 hp y 750 rpm.
- d. Engranaje reductor horizontal, de doble salida y relación 40:1.
- e. Biela motriz de 15,216 cm. de radio.
- f. Brazos conectores de conducción, de canal de acero, ajustables.
- g. Caja para pesas, ajustable para centrarla sobre el eje de la rueda.
- h. Ensamblaje con rueda neumática de 7,608 cm. de diámetro por 2,536 cm de ancho, de caucho blando (dureza 60-70), montada a una distancia de 60,864 cm de los ejes motrices que la impulsen.
- i. Contador de revoluciones, re-graduable a ceros.
- j. Pesas de plomo que den un total de 125 libras.
- k. Moldes de acero galvanizado para fabricación y ensayo de la muestra, tales como: molde para arena de 3.804 cm de ancho por 35.504 cm de largo, marco para fabricación de la muestra de 7.61 cm de ancho por 40.57 cm de largo, cubierta para arena y base para la muestra.

Fotografía 3.113: Moldes para fabricación y ensayo



6. Balanza, con capacidad de 2000 g y de sensibilidad 0.1 g.
7. Horno, con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
8. Cronómetro, apreciación de 0.01 segundos.
9. Recipiente metálico o plástico.
10. Cuchara o espátula.
11. Brocha.
12. Arena fina de Ottawa.

3.5.5.2 Procedimiento

Utilizar los porcentajes óptimos obtenidos en la tabla 3.34, los cuales de ser necesario, irán variando sus porcentajes hasta obtener el diseño deseado.

Se inicia pesando 400 g de agregado en un recipiente metálico, luego agregar el cemento portland y mezclar uniformemente con la espátula por un minuto. Finalizado el mezclado, colocar el porcentaje de agua y mezclar de igual manera y por el mismo tiempo.

Antes de verter la emulsión en la mezcla, verificar que no tenga presencia natas o burbujas, caso contrario mezclarla con un agitador hasta conseguir una total homogeneidad.

Realizado el proceso, colocar el porcentaje de emulsión y mezclar uniformemente de 1 a 3 minutos, hasta obtener un amasado homogéneo sin que la emulsión muestre coloración de ruptura.

Identificar la base metálica, luego colocarla en una base horizontal y sobre ella colocar el marco metálico para fabricación de la muestra.

Obtenida la homogeneidad de la mezcla, se vierte suavemente en el interior del marco con ayuda de la espátula, hasta llenado completo. El marco debe permanecer fijo a su base metálica mientras se realiza el llenado y el esparcido uniforme de la mezcla, con el mínimo de manipulación y enrasando sus excesos.

Fotografía 3.114: Marco y base metálica



Fotografía 3.115: Distribución de la mezcla



Dejar reposar la muestra por lo menos 5 minutos, luego retirar cuidadosamente el marco realizando suaves movimientos verticales.

Una vez retirado el marco, colocar la muestra en el horno a una temperatura de 60°C y secar hasta peso constante (mínimo 16 horas de secado).

Fotografía 3.116: Retiro del marco metálico



Fotografía 3.117: Muestra lista para secado



Transcurrido el tiempo de secado, retirar la muestra del horno y dejarla enfriar a temperatura ambiente por 30 minutos. A continuación, con la espátula se limpia los excesos de la briqueta y se registra su peso, luego se la coloca en la máquina centrando sus caras y se fija las arandelas de agarre.

Fotografía 3.118: Limpieza de excesos



Fotografía 3.119: Fijación en la máquina



Se coloca la rueda sobre la briqueta y se verifica que el recorrido de la rueda sea por el centro de la muestra. Después, se humedece la rueda con agua y se carga la caja de pesos hasta la carga de 125 libras.

Se encera el contador de revoluciones y se enciende la máquina iniciando el proceso de compactación hasta completar 1000 ciclos; se apaga la máquina y se retira los pesos.

Fotografía 3.120: Compactación de briqueta



Se retira las briqueta para registra su peso y se la vuelve a colocar en la máquina fijándola en su posición inicial. Se coloca el molde para arena sobre la briqueta con el caucho espumoso hacia ella, se centra la abertura molde con la señal del recorrido realizado por la rueda y se fija evitando que la espuma se deforme.

Se esparce uniformemente dentro del molde 300 g de arena fina de Ottawa y se coloca la cubierta para arena, ambas calentadas a 82°C.

Fotografía 3.121: Ajuste de molde para arena

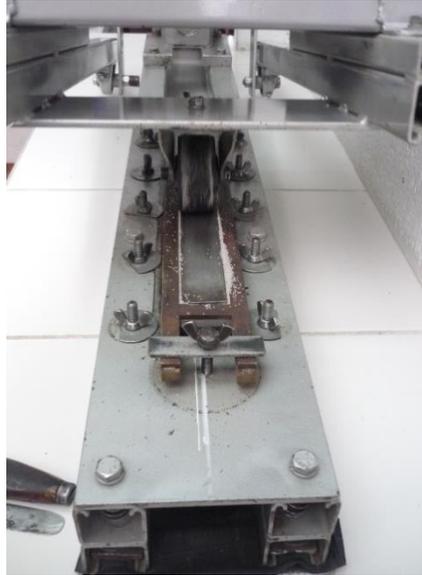


Fotografía 3.122 Colocación de arena



Se coloca nuevamente la rueda sobre la briqueta y se coloca los pesos. Se enciende la máquina y se inicia el proceso de compactación hasta completar 100 ciclos adicionales.

Fotografía 3.123: Compactación con arena



Finalizado los 100 ciclos, retirar briqueta y limpiar con una brocha la arena suelta. La limpieza debe ser sin ejercer presión con la broca y realizando el mismo número de pasadas para cada briqueta.

Registrar el peso de briqueta con el área que quedó adherida.

Fotografía 3.124: Pesado de briqueta ensayada



Es recomendable fabricar y ensayar por lo menos tres briquetas (muestras) para cada variación en proporciones o calidad de los ingredientes de la mezcla.

3.5.5.3 Análisis de resultados:

Los cálculos para determinar el valor de arena adherida a la briqueta se determinan mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 3.10: Arena adherida a la briqueta

$$PA = (P2 - P1) * k$$

Fórmula 3.11: Factor de corrección según molde para arena

$$k = 1/A$$

Fuente: ISSA TB-109

Dónde:

PA = arena adherida a la briqueta en g/m².

P1 = peso de la briqueta luego de sometida a 1000 ciclos, antes de esparcir la arena.

P2 = peso de la briqueta luego de sometida a 100 ciclos, con arena.

A = área de la probeta para adherencia de arena en m².

$$k = 1/((.03804 * 0.35504)m)$$

$$k = 74.04 \text{ l/m}^2$$

Los porcentajes de emulsión y agua variaron, obteniendo resultados de:

Tabla 3.35: Resultados de la Rueda cargada

| | | | | | | | | | | | k= | 74.04 |
|---|------------|------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| Resultados de Rueda Cargada para el diseño de Micro-pavimento | | | | | | | | | | | | |
| # | Agregado | | Cemento | | Emulsión | | Agua | | Peso (g) | | Peso perdido | |
| | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | (%) | (g) | P1 | P2 | (g) | (g/m ²) |
| 1 | 100 | 400 | 0.5 | 2 | 17 | 68 | 11 | 44 | 578.6 | 585.9 | 7.3 | 540.5 |
| 2 | 100 | 400 | 0.5 | 2 | 15 | 60 | 13 | 52 | 563.3 | 570.0 | 6.7 | 496.1 |
| 3 | 100 | 400 | 0.5 | 2 | 14 | 56 | 14 | 56 | 560.2 | 566.7 | 6.5 | 481.3 |
| 4 | 100 | 400 | 0.5 | 2 | 13 | 52 | 15 | 60 | 575.7 | 581.6 | 5.9 | 436.8 |

Fuente: Laboratorios HCC⁵⁵

Autor: Elaboración propia

⁵⁵ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Nota: la dosificación de la muestras # 4 presenta la menor diferencia de masas luego del ensayo y cumple con las especificaciones, por lo tanto, el porcentaje óptimo de emulsión se lo definirá gráficamente.

3.5.6 Resultados finales de los ensayos realizados a la mezcla.

Emulsión: CSS - 1h (con polímero).

Tabla 3.36: Resultados finales de los ensayos realizados a la emulsión sin polímero

| Norma | Ensayo | Especificación | Resultados |
|----------------------------|---|--|-----------------------------|
| ASTM D-3910 ISSA TB-106 | * Contenido de humedad óptima (Consistencia con el cono). | 2 a 3 cm (desplazam.) | 2.5 cm |
| ASTM D-3910 ISSA TB-13 | Cohesión húmeda * Tiempo ruptura (30 minutos) * Tiempo apertura al tráfico (1 hora) | 12 kg/cm mín. 20 kg/cm mín. | 14 kg/cm 22 kg/cm |
| ASTM D-3910 ISSA TB-100 | * WTAT Pérdida abrasión húmeda (g/m ²) 1 hora en agua 6 días en agua | 538 g/m ² máx. 807 g/m ² máx. | 150.4 g/m ² - |
| ISSA TB-109 I.N.V.E-779 | * Exceso de asfalto LWT Rueda cargada adhesión de arena | 538 g/m ² máx. | 436 g/m ² |

Fuente: Laboratorios HCC.⁵⁶

Autor: Elaboración propia.

3.6 FÓRMULA IDEAL DE DISEÑO

3.6.1 Definición

Es el porcentaje óptimo de cada elemento que interviene en el diseño de un compuesto, luego de haberlo diseñado con diferentes porcentajes y observado sus resultados.

3.6.2 Determinación de la fórmula ideal de diseño

La fórmula ideal de diseño de un Micro-pavimento se la determina luego de haber calificado cada elemento que va intervenir en la mezcla, para lo cual se realizaron ensayos debidamente normados. Calificados los materiales se procede a la fabricación de la mezcla que de igual forma es calificada mediante ensayos y con

⁵⁶ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

distintos porcentajes de sus componentes, analizando sus resultados con las especificaciones establecidas.

Con los resultados obtenidos en el laboratorio, a continuación se definen los porcentajes a intervenir de cada elemento.

3.6.2.1 Agregado

El agregado utilizado es de tamaño máximo nominal de 3/8", proveniente de la cantera de Colibrí y procesado en la planta de trituración ubicada en el mismo lugar.

Después de realizada su Granulometría en el laboratorio, se lo clasifica como Tipo III, en base a las especificaciones ISSA. Entre las principales características que se observaron en base a los ensayos realizados al agregado, fueron:

- No posee carencia de finos.
- Resistencia al desgaste.
- Resistencia a la desintegración por acción de los efectos atmosféricos.

Por lo tanto, para este diseño se asume que el:

% de agregado con TMN 3/8" = 100%

3.6.2.2 Emulsión

La ISSA señala, que con los resultados obtenidos en los ensayos de abrasión húmeda y rueda cargada es posible definir el porcentaje óptimo de emulsión.

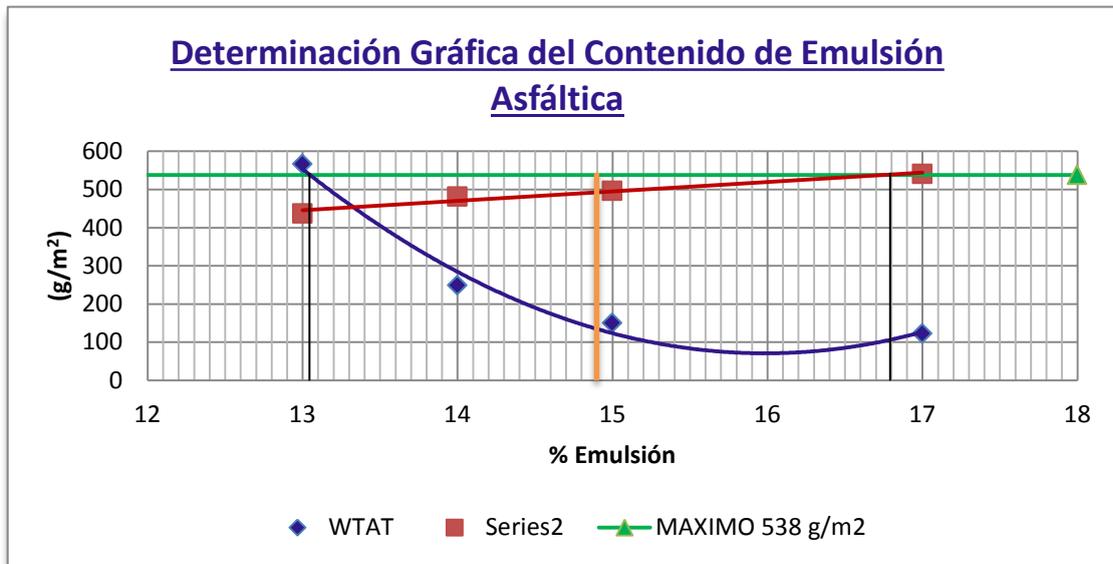
Mediante la representación gráfica de los resultados de ambos ensayos, se detecta el punto en el cual las curvas se corta con la recta que indica el valor máximo de abrasión (538 g/m²), identificados los puntos se trazan dos perpendiculares en dirección al eje X (% de emulsión). El valor en el cual se corten ambas rectas con el eje serán denominadas "Mínima" y "Máxima", respectivamente.

Ubicamos el valor medio entre ambas rectas y trazamos otra perpendicular, determinando así el "% óptimo de emulsión asfáltica".

Tabla 3.37: Resumen de resultados

| Resumen de resultados | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Emulsión (%) | Abrasión húmeda (g/m ²) | Rueda Cargada (g/m ²) |
| 17 | 122.43 | 540.49 |
| 15 | 150.41 | 496.07 |
| 14 | 248.36 | 481.26 |
| 13 | 566.68 | 436.84 |

Gráfico 3.4: Determinación gráfica del contenido óptimo de emulsión



Fuente: Laboratorios HCC.⁵⁷

Autor: Elaboración propia

El (%) óptimo de emulsión asfáltica, definido gráficamente señala 14.9 %, lo que indica que el porcentaje con el cual se realizaron los ensayos es el correcto.

También se verifica que el Porcentaje teórico de emulsión calculado (16%) estaba dentro de los parámetros. Por lo tanto, para este diseño se asume que el:

% óptimo de emulsión asfáltica = 15%

Nota: la definición del % óptimo de emulsión mediante la gráfica, solamente se la realiza si ambas curvas sobrepasa el valor especificado en las normas de 538 Kg/m².

⁵⁷ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

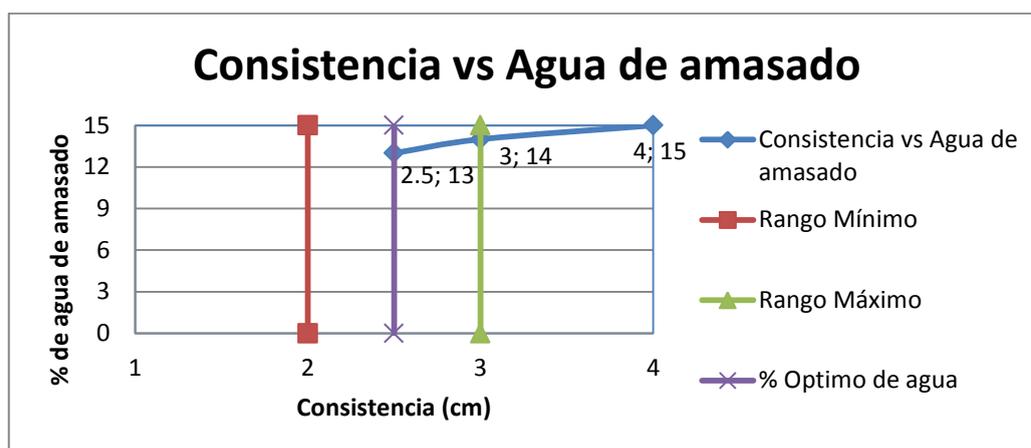
3.6.2.3 Agua

El porcentaje óptimo de agua necesarios para el diseño, se define con los resultados obtenidos en el ensayo Contenido de humedad óptima (Consistencia con el cono), demostrando la trabajabilidad de la mezcla.

Tabla 3.38: Determinación gráfica del contenido óptimo de emulsión

| Resumen de resultados | | |
|-----------------------|----------|-------------|
| Emulsión (%) | Agua (%) | Observación |
| 15 | 15 | |
| 15 | 14 | Fluida |
| 15 | 13 | Optima |

Gráfico 3.5: Gráfica de Consistencia vs Agua de amasado



Fuente: Laboratorios HCC⁵⁸

Autor: Elaboración propia

De varias mezclas fabricadas con diferentes porcentajes de agua, se obtuvo el (%) óptimo de agua de amasado, que en base a la trabajabilidad que presento y a su fluidez en el ensayo se la califica como “optima”. Por lo tanto, para este diseño se asume que el:

% óptimo de agua = 13%

Nota: el % óptimo de agua obtenido en el laboratorio, es susceptible a cambios, debido a que será obra donde se determine el real porcentaje a suministrar en la máquina al momento de fabricar y colocar el Micro-pavimento.

⁵⁸ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.6.2.4 Filler

Para definir el porcentaje de filler o relleno mineral, analizamos los resultados obtenidos en el ensayo Cohesión húmeda, debido a que su adición se la realizo para mejorar los tiempos de ruptura y la consistencia de las muestras ensayadas.

El filler utilizado es del tipo cemento portland, la cantidad usada fue mínima ya que la granulometría del agregado no presentaba deficiencia de finos y su uso fue para mejorar la consistencia y tiempo de ruptura de la mezcla.

Los resultados óptimos fueron:

Tabla 3.39: Resumen de resultados-Cohesión húmeda

| Resultados de Cohesión húmeda | | | | | |
|-------------------------------|---------|----------|------|----------|--------|
| Agregado | Cemento | Emulsión | Agua | Cohesión | Tiempo |
| (%) | (%) | (%) | (%) | (kg/cm2) | (min) |
| 100 | 0.5 | 15 | 13 | 14 | 30 |
| 100 | 0.5 | 15 | 13 | 22 | 60 |
| 100 | 0.5 | 15 | 13 | 27 | 120 |

Fuente: Laboratorios HCC⁵⁹

Autor: Elaboración propia

Por lo tanto, para este diseño se asume que el:

% óptimo de cemento portland = 0.5 %

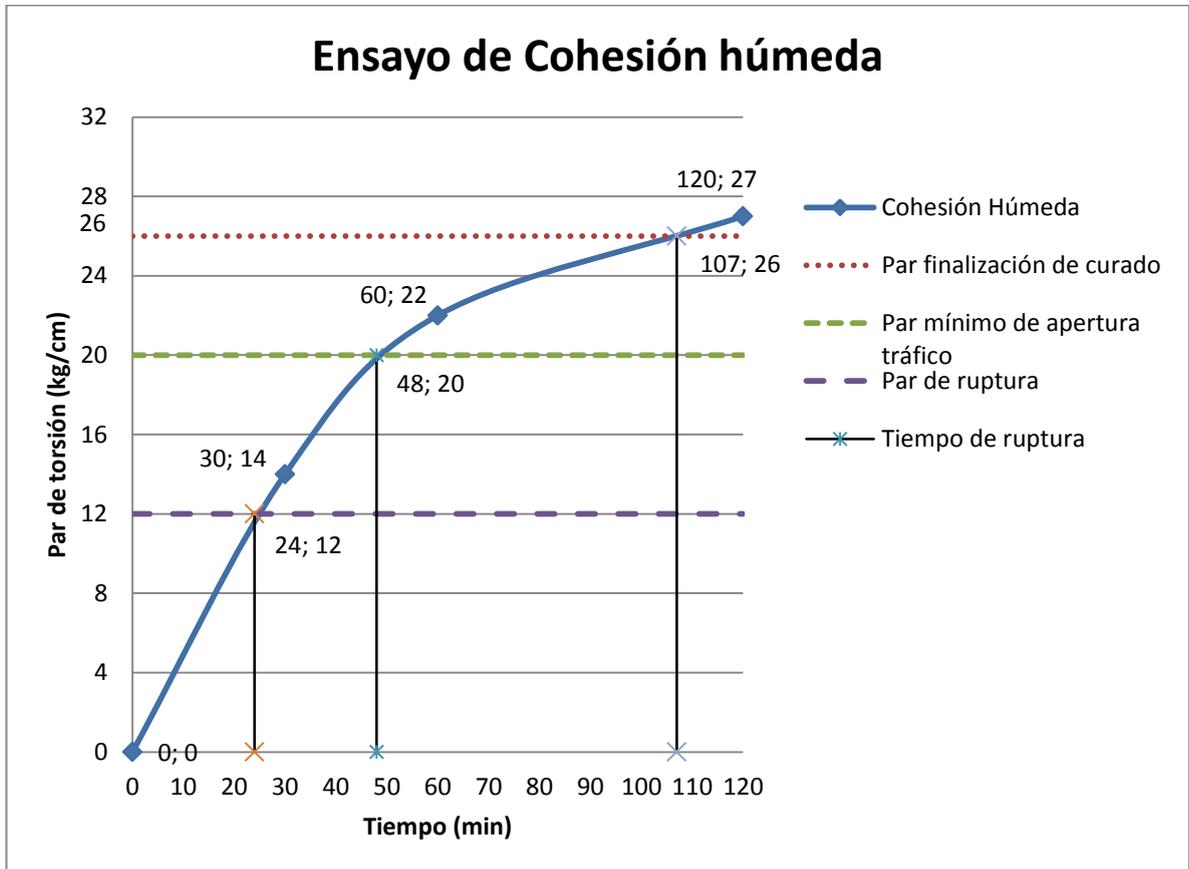
Nota: el uso de filler o cemento portland no se lo realizó para mejorar la granulometría del agregado.

⁵⁹ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.6.2.5 Tiempo de apertura al tráfico

El tiempo de apertura al tráfico se lo define graficando los resultados obtenidos en el ensayo Cohesión húmeda, para lo cual tenemos:

Gráfico 3.6: Cohesión húmeda para definir tiempo de apertura al tráfico



Fuente: Laboratorios HCC.⁶⁰

Autor: Elaboración propia

Por lo tanto, para este diseño se asume que el:

Tiempo de apertura al tráfico = 48 minutos.

Nota: a pesar de los valores obtenidos son óptimos, se recomienda que trascurren los 107 minutos que finaliza el curado, para poder abrir al tráfico.

⁶⁰ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.6.2.6 Porcentajes óptimos de la fórmula ideal de diseño.

Tabla 3.40: Fórmula ideal de diseño

| Fórmula ideal de diseño | | |
|-------------------------|--------------|--|
| Agregado - Mina Colibrí | 100.0 | % (peso seco) |
| Emulsión CSS-1h | 15.0 | % (respecto al peso del agregado seco) |
| Agua | 13.0 | % (respecto al peso del agregado seco) |
| Filler | 0.5 | % (respecto al peso del agregado seco) |

Fuente: Laboratorios HCC.⁶¹

Autor: Elaboración propia

⁶¹ Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

3.7 APLICACIÓN EN CAMPO

3.7.1 Micro-pavimento sobre la superficie del proyecto real

3.7.1.1 Proceso.

El proceso constructivo para la colocación de Micro-pavimento sobre una superficie asfáltica existente, obedece al siguiente proceso:

- a) Limpieza y barrido de la calzada.
- b) Señalización del área de trabajo.
- c) Suministro y calibración de la máquina (Macropaver).
- d) Aplicación del Micro-pavimento.
- e) Ruptura y curado.
- f) Apertura al tráfico.

3.7.1.2 Equipo

La elaboración y colocación del Micro-pavimento sobre una superficie asfáltica existente, en general requiere el siguiente equipo:

- a) Equipo de mezclado continuo para Micro-pavimento.

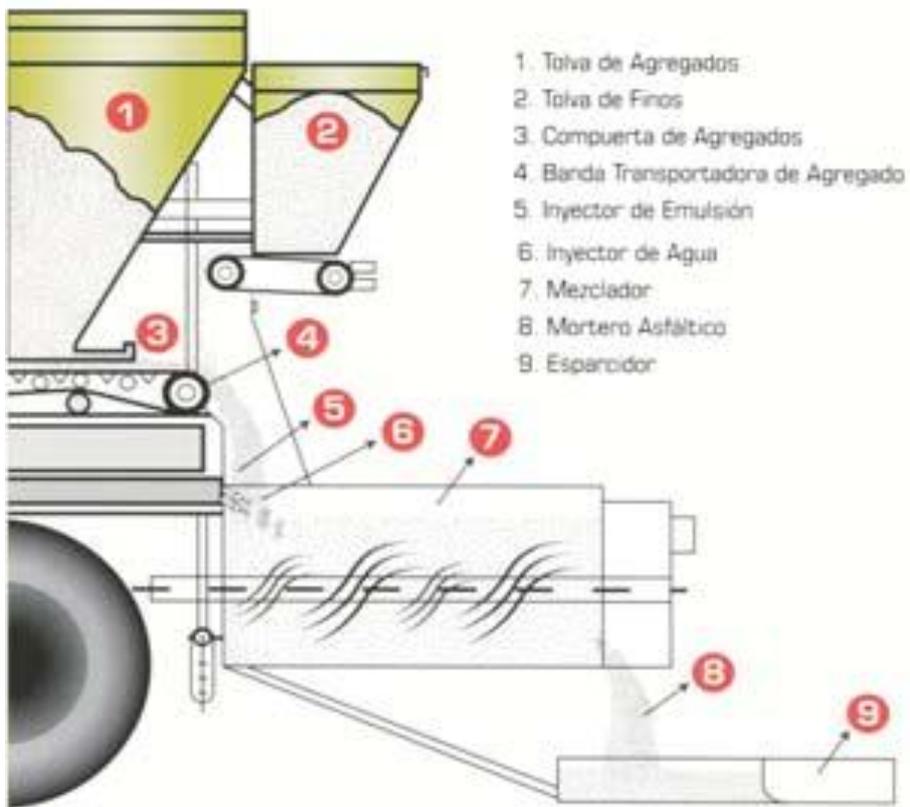
Fotografía 3.125: Máquina de mezclado continuo Macropaver



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

Su composición está dispuesta de la siguiente manera:

Figura 3.8: Composición de la Macropaver



Fuente: Revista Lechadas & Micro pavimentos.

- b) Barredora mecánica.
- c) Camión distribuidor de asfalto.
- d) Cargadora frontal.
- e) Camión cisterna.

3.7.1.3 Colocación en obra.

El proceso de colocación en obra del Micro-pavimento obedece al siguiente proceso:

- a) Limpieza y barrido de la superficie de la vía, utilizando la barredora mecánica para eliminar la mayor cantidad de polvos y materiales nocivos para el Micro-pavimento.
- b) Sellado de fisuras, baches o grietas existentes manteniendo el perfil de la vía.

Fotografía 3.126: Sellado de fisuras



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

- c) Tendido de los conos, rótulos y cintas de seguridad en toda el área a tratar, para evitar accidentes.
- d) Suministro de emulsión, agregado, agua y el cemento, utilizando el camión distribuidor de asfalto, cargadora frontal y camión cisterna, respectivamente. El cemento se lo puede colocar manualmente en su contenedor.

Fotografía 3.127: Contenedores del Macropaver



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

- e) Colocado de la banda en la plancha de tendido (cama mezcladora), luego engancharla en la parte posterior de la máquina para dirigirse hacia la vía.

Fotografía 3.128: Plancha de tendido



Fotografía 3.129: Plancha y banda colocada



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

- f) Centrado de la plancha en el sitio a realizarse el riego.
- g) Calibración del computador de mando de la máquina. En este equipo y entre otras cosas, aquí se ingresan todos los porcentajes de la fórmula ideal de diseño obtenida, así como también la temperatura de los líquidos y velocidad de las hélices de la cama de mezclado.

Fotografía 3.130: Computador de control



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

- h) Regulado de los patines de la plancha para el espesor de riego deseado.
- i) Encendido del motor de la plancha de tendido, permitiendo el ingreso de la mezcla.

Fotografía 3.131: Ingreso de la mezcla a la plancha



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

- j) Inicio del riego, verificando en todo momento la uniformidad de la mezcla, la trayectoria de la máquina y limpieza de los bordes.

Fotografía 3.132: Riego de Micro-pavimento



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

- k) Finalizado del riego.
- l) Alzado de plancha y retorno al stop.
- m) Desenganchado de la plancha para su limpieza.
- n) Verificado de curado de la mezcla en relación al clima y al tiempo registrado en los ensayos de laboratorio. Los elementos de seguridad deben permanecer en la vía hasta que el tratamiento superficial obtenga las propiedades necesarias para abrirlo al tráfico.

Fotografía 3.133: Textura del Micro-pavimento (antes de curado)



Fuente: Tramo Santa Rosa de Cusubamba

CAPÍTULO IV

4. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS

4.1 ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

El precio unitario es un análisis matemático para determinar el costo o valor económico que tendrá un producto. En la construcción para efectuar dicho análisis intervienen factores como: mano de obra, equipo y materiales.

Un precio unitario se divide en tres partes, las cuales son:

- Costos directos.
- Costos Indirectos.
- Costo total.

4.1.1 Costo directo

4.1.1.1 Definición

Los costos directos en lo que se refiere a construcción son todos los costos que están asociados directamente con la obra. Siendo cuatro los componentes básicos: mano de obra, equipos de construcción, materiales y muy particularmente dadas las condiciones y ubicación geográfica del proyecto, el transporte. En el presente caso no se ha incluido el transporte en el costo del material utilizado en la composición del rubro.

Previo al análisis de los componentes de los costos directos del rubro, se estableció la conformación de los equipos necesarios para la ejecución de las diferentes actividades, la cuadrilla de operadores y trabajadores y se estableció los rendimientos correspondientes en base a los observados en obra por el personal encargado. Igualmente se consideró las dificultades particulares, la facilidad de obtención de los diferentes materiales básicos como son: la emulsión, agregado, cemento y otros materiales que influyen en el análisis, de tal manera que éste sea técnico y económico.

Los precios de los materiales fueron tomados a costo directo del boletín de la Contraloría General del Estado actualizado al 2013.

El Análisis del Precio Unitario (APU) está determinado en unidades de metro cuadrado de colocación en obra.

4.1.2 Costo Indirecto

4.1.2.1 Definición

Los costos indirectos se determinan en base a los gastos que debe incurrir el Contratista para la Licitación, preparación de la oferta, contratación, instalaciones, costos internos y externos a la obra, así como los imprevistos y utilidades.

Generalmente para los costos indirectos ha sido costumbre colocar como valor un porcentaje de los costos directos para obtener aquellos, sin entrar en ningún análisis detallado de los mismos.

Los costos indirectos, especialmente en obras de cierta complejidad y envergadura, pueden llegar a variar entre el 20 y el 60% de los costos directos. Tomando en cuenta todos estos detalles para el cálculo de los costos indirectos, para nuestro estudio se estimó un valor del 27.5% (HCC).

No se considera costo de transporte debido a que la distancia al centro de acopio del material es menor a 500 metros.

4.1.3 Costo Total

4.1.3.1 Definición

El costo total se define como la suma del total costos directos más el total de los indirectos. Su cálculo es de suma importancia ya que este será el valor con el que se ofertará el producto terminado.

4.1.4 Parámetros para el cálculo del Precios Unitarios.

Para el cálculo de los Precios Unitarios se toma en cuenta los siguientes parámetros analizados por la experiencia verificada en obra. Para lo cual señalamos:

- ♦ Máquina Macropaver modelo 12B, con capacidad de producción de entre 2.700 a 3.600 kg/min, utilizando 12 m³ de agregado, 800 galones de emulsión, 800 galones de agua y 150 kg de cemento.

- ◆ Ancho de la plancha de tendido 3.65 m.
- ◆ Producción de entre 350 a 380 ml, en presencia de clima soleado.
- ◆ Producción por hora 220 m², tomando en cuenta el tiempo que requiere la limpieza y el abastecimiento de la máquina.

4.1.5 Detalle de análisis del precio unitario Micro-pavimento

| ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | |
|--|----------|----------|---------------|-----------|----------------|
| NOMBRE DEL PROPONENTE: SR. LUIS TOSCANO | | | | | |
| RUBRO: MICRO-PAVIMENTO TIPO III e=12 mm, INCLUYE MAQUINARIA Y LIMPIEZA | | | | | |
| CAPITULO: | | | UNIDAD | | M2 |
| DETALLE: | | | | | |
| EQUIPO: | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | C/HORA | RENDIM. | COSTO |
| Equipo de distribución continua | 1.00000 | 54.35000 | 54.35000 | 0.00450 | 0.24458 |
| Barredora mecánica (76hp) | 1.00000 | 23.21000 | 23.21000 | 0.00450 | 0.10445 |
| Distribuidor de asfalto | 1.00000 | 38.49000 | 38.49000 | 0.00450 | 0.17321 |
| Camión cisterna 12 m3 | 1.00000 | 38.88000 | 38.88000 | 0.00450 | 0.17496 |
| Cargadora Frontal (220 hp) | 1.00000 | 48.33000 | 48.33000 | 0.00450 | 0.21749 |
| Herramientas manuales (% MO) | 0.15000 | 0.18000 | 0.02700 | 0.00450 | 0.00012 |
| PARCIAL | | | | | 0.91481 |
| MANO DE OBRA: | | | | | |
| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JOR/HORA | C/HORA | RENDIM. | COSTO |
| Inspector de obra | 1.00000 | 3.03225 | 3.03225 | 0.00450 | 0.01365 |
| Op. Equipo de Microaglomerado | 1.00000 | 3.01918 | 3.01918 | 0.00450 | 0.01359 |
| Op. Distribuidor de asfalto | 1.00000 | 2.94073 | 2.94073 | 0.00450 | 0.01323 |
| Op. Barredora | 1.00000 | 2.94073 | 2.94073 | 0.00450 | 0.01323 |
| Chofer Tipo E | 1.00000 | 4.16224 | 4.16224 | 0.00450 | 0.01873 |
| Op. Cargadora Frontal | 1.00000 | 3.01918 | 3.01918 | 0.00450 | 0.01359 |
| Peón | 4.00000 | 2.81946 | 11.27783 | 0.00450 | 0.05075 |
| PARCIAL | | | | | 0.13677 |
| MATERIALES: | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITAR | COSTO | |
| Agregado pétreo (Mina Colibrí) | m3 | 0.024000 | 12.00000 | 0.28800 | |
| Emulsión asfáltica | lt | 3.140000 | 0.36000 | 1.13040 | |
| Cemento Portland | kg | 0.016000 | 0.14000 | 0.00224 | |
| Polímero | kg | 0.096000 | 5.96000 | 0.57216 | |
| Agua | m3 | 0.002000 | 4.00000 | 0.00800 | |
| PARCIAL | | | | | 2.00080 |
| TRANSPORTE: | | | | | |
| DESCRIPCION | unidad | CANTIDAD | COSTO/KM | DISTANCIA | TARIFA |
| | | 0.000000 | 0.000000 | 0.00000 | 0.00000 |
| PARCIAL | | | | | 0.00000 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 3.05238 |
| C. INDIRECTO Y UTILIDADES % | | | | | 0.27500 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 3.89178 |
| VALOR PROPUESTO | | | | | 3.89 |

4.1.6 Detalle de análisis del precio unitario Slurry Seal

| ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | |
|--|----------|----------|-----------|------------------|----------------|
| NOMBRE DEL PROPONENTE: SR. LUIS TOSCANO | | | | | |
| RUBRO: SLURRY SEAL TIPO III e=12 mm, INCLUYE MAQUINARIA Y LIMPIEZA | | | | | |
| CAPITULO: | | | | UNIDAD M2 | |
| DETALLE: | | | | | |
| EQUIPO: | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | C/HORA | RENDIM. | COSTO |
| Equipo de distribución continua | 1.00000 | 54.35000 | 54.35000 | 0.00450 | 0.24458 |
| Barredora mecánica (76hp) | 1.00000 | 23.21000 | 23.21000 | 0.00450 | 0.10445 |
| Distribuidor de asfalto | 1.00000 | 38.49000 | 38.49000 | 0.00450 | 0.17321 |
| Camión cisterna 12 m3 | 1.00000 | 38.88000 | 38.88000 | 0.00450 | 0.17496 |
| Cargadora Frontal (220 hp) | 1.00000 | 48.33000 | 48.33000 | 0.00450 | 0.21749 |
| Herramientas manuales (% MO) | 0.15000 | 0.18000 | 0.02700 | 0.00450 | 0.00012 |
| | | | | PARCIAL | 0.91481 |
| MANO DE OBRA: | | | | | |
| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JOR/HORA | C/HORA | RENDIM. | COSTO |
| Inspector de obra | 1.00000 | 3.03225 | 3.03225 | 0.00450 | 0.01365 |
| Op. Equipo de Microaglomerado | 1.00000 | 3.01918 | 3.01918 | 0.00450 | 0.01359 |
| Op. Distribuidor de asfalto | 1.00000 | 2.94073 | 2.94073 | 0.00450 | 0.01323 |
| Op. Barredora | 1.00000 | 2.94073 | 2.94073 | 0.00450 | 0.01323 |
| Chofer Tipo E | 1.00000 | 4.16224 | 4.16224 | 0.00450 | 0.01873 |
| Op. Cargadora Frontal | 1.00000 | 3.01918 | 3.01918 | 0.00450 | 0.01359 |
| Peón | 4.00000 | 2.81946 | 11.27783 | 0.00450 | 0.05075 |
| | | | | PARCIAL | 0.13677 |
| MATERIALES: | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITAR | COSTO | |
| Agregado pétreo (Mina Colibrí) | m3 | 0.024000 | 12.00000 | 0.28800 | |
| Emulsión asfáltica | lt | 3.140000 | 0.36000 | 1.13040 | |
| Agua | m3 | 0.002000 | 4.00000 | 0.00800 | |
| | | | | PARCIAL | 1.42640 |
| TRANSPORTE: | | | | | |
| DESCRIPCION | unidad | CANTIDAD | COSTO/KM | DISTANCIA | TARIFA |
| | | 0.000000 | 0.000000 | 0.00000 | 0.00000 |
| | | | | PARCIAL | 0.00000 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 2.47798 |
| C. INDIRECTO Y UTILIDADES % | | | | | 0.27500 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 3.15942 |
| VALOR PROPUESTO | | | | | 3.16 |

4.1.7 Análisis de Costo - Beneficio.

A continuación un análisis del costo-beneficio entre el Micro-pavimento y el tratamiento comúnmente utilizado, ambos en pavimento nuevo.

4.1.7.1 Slurry Seal

Basado en la experiencia de la empresa de Concesión Vial que apoyó el presente trabajo y el tiempo especificado por la Norma Ecuatoriana antes de rehabilitar una vía, se detallan los siguientes datos:

Vida útil del pavimento antes de fresado = 7 a 8 años

Tiempo de Vida Útil del tratamiento = 2 a 3 años

4.1.7.2 Micro-pavimento

Mediante el estudio realizado para The State of Montana Department of Transportation, se considera:

Tiempo de Vida Útil del tratamiento = 4 a 7 años

4.1.7.3 Análisis comparativo

Con los datos anteriormente detallados elaboramos la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 4.1: Análisis comparativo Costo Directo por m2

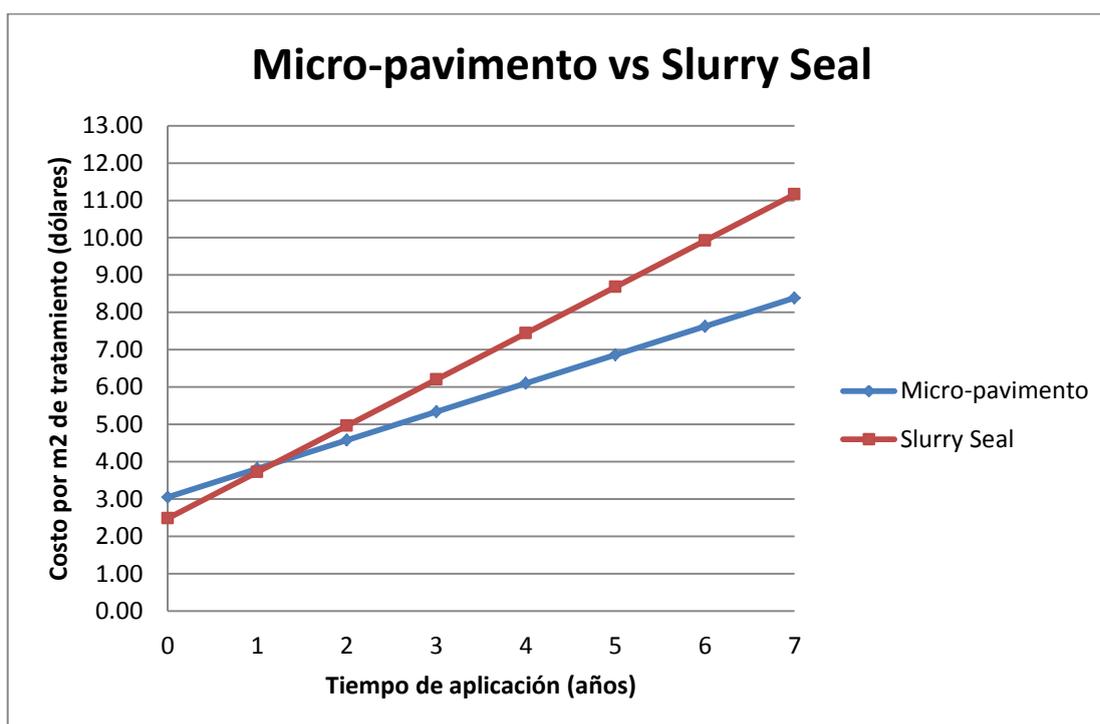
| Años | Micro-pavimento | Slurry Seal |
|------|--------------------------|--------------|
| 0 | 3.29 | 2.72 |
| 1 | 4.12 | 4.08 |
| 2 | 4.94 | 5.44 |
| 3 | 5.77 | 6.80 |
| 4 | 6.59 | 8.16 |
| 5 | 7.41 | 9.52 |
| 6 | 8.24 | 10.88 |
| 7 | 9.06 | 12.24 |
| 8 | Fresado Capa de rodadura | |

Fuente: Laboratorios HCC⁶²

Autor: Elaboración propia

⁶² Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Gráfico 4.1: Diferencia de costo por m2 entre Micro-pavimento y Slurry Seal



Fuente: Elaboración propia.

Resultados:

El número de intervenciones en un tiempo de 8 años con Micro-pavimento es menor al de Slurry Seal. Y su ahorro en dicho periodo será de 2.77 dólares por m2.

Al tratar por 8 años un kilómetro de vía estándar de 11 metros de ancho (dos carriles), el ahorro será de aproximadamente 30.500 dólares / km. Citando un ejemplo, la Ampliación del tramo Colibrí – Pifo – Pifo – Santa Rosa con 56 km de longitud, reflejará un ahorro de 1,707.000 dólares.

Es evidente que el Micro-pavimento proporcionará un ahorro económico al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), así como también a las empresas de Concesión y Construcción Vial de nuestro país.

El beneficio será también reflejado en el adecuado índice de servicialidad que mantendrán las vías, lo que proporcionará seguridad en todo momento al usuario.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 Elementos de la mezcla.

5.1.1.1 Agregado.

El agregado es el elemento fundamental del diseño. Su granulometría define el tipo de Micro-pavimento y determina el exceso o deficiencia de partículas finas o gruesas presentes en la muestra.

La forma de extraer el agregado del sitio de acopio y su transportación al laboratorio, son vitales para la obtención de resultados reales de sus ensayos.

El clima es un agente externo que puede aumentar o disminuir el porcentaje de humedad del agregado apilado, lo que afectará directamente el porcentaje de agua que la máquina deberá distribuir en la mezcla.

5.1.1.2 Elaboración de la Emulsión.

La emulsión del tipo CSS - 1h modificada con polímeros y sin aditivos en su emulsificante, presentó una interacción satisfactoria con el agregado.

Se usó polímeros elastómeros termoplásticos SBS, la cantidad suministrada fue del 3% en peso del contenido de asfalto presente en la mezcla. Su colocación fue directamente en el tanque de distribución después del proceso de emulsificación, poco antes de ser vertida en la pipa del tanquero.

El emulsificante colocado de tipo Asfier 211G presentó en el diseño de la mezcla buena estabilidad, adherencia y cubrimiento adecuado con el agregado debido a su naturaleza catiónica.

No se utilizó aditivos en el emulsificante, debido a que la producción de emulsión se la realiza en base al requerimiento en obra, sin necesidad de almacenarla por largo tiempo. Los resultados de los ensayos de Estabilidad y Asentamiento se

encuentran dentro de los parámetros especificados, por lo tanto, el uso de aditivos no es necesario.

La emulsión al permanecer en reposo in situ por varios días, normalmente presenta en su superficie una “nata”, pero debajo de ella se encuentra la emulsión con las características de una emulsión fresca.

5.1.1.3 Filler.

Se utilizó Cemento Portland Tipo I de una marca conocida, la cantidad de 0.5% se determinó en base a los ensayos realizados en el laboratorio. Con su uso se obtuvo mejor consistencia y mayor tiempo de ruptura como se observó al realizar el ensayo de “Contenido de humedad óptima (Consistencia con el cono)”.

La efectividad de su uso también se vio reflejada en el ensayo de “Cohesión húmeda”, mejorando los tiempo de curado y apertura al tráfico.

5.1.1.4 Agua.

El agua que se utiliza en el laboratorio es potable de la red del Distrito Metropolitano de Quito, y su porcentaje final en la mezcla de diseño fue del 13%.

In situ, de igual forma se utiliza agua potable con la diferencia de que su distribución es con tanquero.

5.1.2 Mezcla Diseñada en el laboratorio.

Para definir la fórmula ideal de diseño se realizaron diversas mezclas variando los porcentajes de sus componentes, observando el comportamiento de sus propiedades físicas y mecánicas.

Los resultados obtenidos al realizar el secado de la mezcla en el medio ambiente en día nublado, son inferiores o los obtenidos con secado en día soleado.

5.1.3 Riego de la mezcla in situ

La colocación del tratamiento en periodos de tiempo húmedo, frío, en amenaza de llover o en lluvia, provoca que la emulsión presente problemas en su ruptura y curado, ocasionando que el agregado no se adhiera adecuadamente.

La limpieza de la superficie a tratar es un factor importante para la adherencia del riego con el pavimento existente y de una aplicación uniforme de la mezcla. La limpieza puede ser manual, mecánica o mediante chorro de agua, eliminando la mayor cantidad de suciedad de la superficie.

El Micro-pavimento aplicado sobre grietas o baches de gran tamaño que no fueron corregidas adecuadamente, provocará el reflejo de las mismas en la superficie del tratamiento.

La mezcla inicial colocada en la plancha de tendido es el punto de partida del trabajo, su eficiente colocación le da un aspecto estético y sin desniveles molestos para el usuario.

5.2 RECOMENDACIONES

5.2.1 Elementos de la mezcla.

5.2.1.1 Agregado.

El agregado a utilizar en el laboratorio se lo debe extraer en porciones y de diferentes lugares del nivel medio del acopio. Al transportarlo se debe evitar el aplastamiento o los impactos que puedan fracturar al material antes de ensayarlo.

Es recomendable realizar la granulometría con el agregado seco, evitando la pérdida de partículas y sin forzar el paso de las mismas por las aberturas de los tamices.

In situ, de existir la presencia de polvo en el agregado, es recomendable humedecerlo ligeramente antes de su colocación en la máquina, eliminado así el polvo aumentando su adherencia con la emulsión. Si el acopio estuvo expuesto a lluvia, con ayuda de la cargadora realizar un mezclado previo antes de disponerlo en la tolva de la máquina, eliminando la capa de material humedecido que se forma en los exteriores del acopio.

Luego de realizar cualquiera de estos procedimientos, se debe de calibrar el porcentaje óptimo de agua en el computador de la máquina, teniendo en cuenta la humedad con la que ingresa el agregado a la tolva.

5.2.1.2 Elaboración de la Emulsión.

Para la calificación del emulsificante Asfier 211G, se debe verificar que su naturaleza sea compatible con la de la emulsión CSS-1h, su forma de colocación y su uso.

Antes de agregar el polímero se debe identificar el tipo de emulsión con la que se va a realizar la combinación, debido a que existen polímeros para emulsiones catiónicas y aniónicas. Su colocación se la debe realizar durante la preparación de la solución jabonosa o mezclado con el asfalto antes del proceso de emulsificación, para asegurar una buena combinación con el resto de elementos de la emulsión.

Es recomendable producir emulsiones de uso inmediato evitando su almacenamiento y así el uso de aditivos, o por seguridad al cambio climático se coloca un porcentaje mínimo de aditivo. La emulsión en épocas de frío o lluvia no puede ser utilizada y debe permanecer almacenada, ya sea en la pipa del tanquero o en tanques diseñados para este fin.

Al verificar la presencia de “natas” en la superficie de la emulsión, se recomienda con ayuda de un agitador mecánico o manual mezclar el líquido hasta conseguir una total homogeneidad antes de disponerla en la Macropaver.

5.2.1.3 Filler.

En el laboratorio se recomienda diseñar varias muestras con y sin el uso de filler, hasta obtener la consistencia deseada, sin rupturas prematuras.

Antes de colocar el filler en su respectivo contenedor de la máquina Macropaver, se recomienda que esté libre de terrones y su volumen sea el requerido con un exceso de $\pm 10\%$.

5.2.1.4 Agua.

En el laboratorio y en la Macropaver es recomendable utilizar agua potable o de tanquero libre de sales solubles o químicos reactivos, y su porcentaje en la mezcla se determinará en base a la humedad del agregado.

El porcentaje de agua que la máquina distribuirá a la mezcla, debe ser calibrado en el computador de control en base a la humedad con la que el agregado ingresa a la tolva.

5.2.2 Mezcla Diseñada en el laboratorio.

Se recomienda realizar un mínimo de tres a cuatro diseños de Micro-pavimento por cada ensayo, para poder tener una mejor apreciación de las características que presentan al variar los porcentajes de los componentes que intervienen en la mezcla.

El secado de las muestras al medio ambiente se debe realizar en día soleado, para obtener mejores resultados después de ensayarlas.

5.2.3 Riego de la mezcla in situ

Antes de realizar la colocación del tratamiento superficial, es recomendable verificar dos temperaturas:

- ♦ La primera, la temperatura del ambiente debe ser de por lo menos 10°C a la sombra y en ascenso.
- ♦ La segunda, la temperatura de la superficie a tratar debe ser superior a 27°C, antes de aplicar el tratamiento.

Si la limpieza de la superficie a tratar se la realiza con chorro de agua se debe verificar que las grietas, uniones u otras aberturas por donde filtre el agua, estén completamente secas antes de aplicar el Micro-pavimento.

Es recomendable proteger las alcantarillas, cunetas, cajas de revisión u otros elementos de servicio, pudiendo así volver a sus funciones luego de ser aplicado el Micro-pavimento. De existir elementos de señalización adherido a la vía como son las tachas reflectivas, se las debe retirar para su posterior colocación, caso contrario serán selladas por el tratamiento.

Ante la presencia de baches o grietas de gran espesor y profundidad en la superficie del pavimento a tratar, se debe utilizar el tratamiento y proceso respectivo de sellado o bacheo, manteniendo el perfil longitudinal y transversal de la vía. Se debe respetar su tiempo de curado antes de colocar el Micro-pavimento.

Para asegurar la adherencia entre el Micro-pavimento y la superficie a tratar se recomienda realizar una pre-humectación con riego de liga asfáltica, esto incrementaría el costo del tratamiento pero aseguraría la unión de ambos elementos, evitando desprendimientos futuros.

Antes de realizar el riego del Micro-pavimento, se recomienda permitir que el tratamiento se mezcle en la plancha de tendido por aproximadamente 15 segundos, antes de poner en marcha el camión. Luego con ayuda de una perfiladora manual se da el perfil deseado, este procedimiento se lo debe realizar tanto al inicio como al final del riego y antes de que la emulsión rompa.

5.3 IMPACTO AMBIENTAL

La emulsión utilizada en el diseño del Micro-pavimento debe ser de uso inmediato o de poco tiempo de almacenamiento. La elaboración de la emulsión en la planta debe obedecer al requerimiento en obra, por lo que, es recomendable realizar este tipo de emulsiones con el mínimo de aditivos o sin su adición. Una vez mezclada y colocada la emulsión con el agregado, el aditivo o solvente se evapora directamente al aire, afectando su calidad.

b) La elaboración del Micro-pavimento con una sola máquina “Micro-paver” emana menores cantidades de CO₂ a la atmósfera, lo que no ocurría en técnicas anteriores que se las realizaba con varias máquinas para realizar el abastecimiento, mezclado y riego de la mezcla.

5.4 BIBLIOGRAFIA

- Asphalt Institute (2009) ***El asfalto en la preservación y el mantenimiento de los pavimentos*** (MS-16, Ed. 4ta), EE.UU.
- Ing. Jorge Coronado Iturbide (2002) ***Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.***
- Ing. Milton Torres Espinoza (2010) ***Pavimentos de Carreteras*** (Ed. enero).
- Asphalt Institute y Asphalt Emulsion Manufacturers Association AEMA (s.f.) ***Manual Básico de emulsiones asfálticas*** (Ed. 19). USA.
- Silvia Caro Spinel-Cristina García Aragón (s.f.) Tecnología de pavimentos asfálticos. ***Efecto del clima sobre el desempeño de pavimentos*** (s.n.), Colombia.
- Ing. Pablo E. Bolzan (s.f.) Soluciones en Ingeniería y Pavimentos. ***Sistemas de pavimento urbano de bajo espesor*** (s.n.), Argentina.
- Quimikao (2006) ***Curso básico de emulsiones asfálticas*** (Ed. septiembre),
- Norma Ecuatorial Vial (2012) ***Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*** (Vol. 3), Ecuador: MTOP.
- Instituto Argentino de Normalización (2001) ***Asfaltos para uso Vial*** (Norma 6841), Bueno Aires: IRAM.
- Insumos Viales S.A. (s.f) ***Microaglomerados-Compendio de normas y procedimientos***, Santa Fe.
- American Society for Testing and Materials ASTM (1991) ***Métodos de prueba estándar para emulsiones asfálticas*** (D 244-91), U.S.A.
- Ing. Alfonso Montejo Fonseca (2002) ***Ingeniería de Pavimentos – Fundamentos, estudios básicos y diseño*** (Tomo I, Ed. 3), Colombia.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN (2012) ***Emulsiones Asfálticas***, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN (2012) ***Agregados Pétreos***, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN (2012) ***Materiales Bituminosos***, Ecuador.
- Instituto Nacional de Vías INV (s.f) ***Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos***, Colombia.

- Instituto Nacional de Vías de Colombia (1994) **Normas para Ensayos, Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras**, Bogotá.
- Elsamex (s.f.) Tecnología de pavimentos asfálticos. **Emulsiones** (s.n.), Madrid.
- International Slurry Surfacing Association ISSA (1991, enero) **Procedimientos recomendados para la realización de Micro-aglomerados**, (A 143.), Washington.
- Química Latinoamericana S.A. (s.f) **Lechadas & Micropavimentos**, Santiago.
- Barrionuevo Aldaz, Luis Guillermo (2012) **Diseño de Micro-pavimento utilizando emulsión asfáltica modificada con polímero, con agregado procedente de la cantera Calagua de la ciudad de San Miguel, provincia de Bolívar** (Trabajo de graduación), Carrera de ingeniería Civil UCE, Ecuador.
- Eli Cuelho, Robert Mokwa and Michelle Akin (2006) **Preventive Maintenance Treatments of Flexible Pavements** (FHWA/MT-06-009/8117-26), The State of Montana Department of Transportation, Montana.
- Surface Rehabilitation Techniques (1994, junio) **Condiciones para prácticas de diseño, construcción y rendimiento de Micro-pavimentos** (FHWA-SA-94-051), Washington.
- Nicholas J. Garber (2005) **Ingeniería de tránsito y de carreteras** (Ed. 3), México: Thomson Editores. <http://es.scribd.com/doc/96629599/Libro-Ingenieria-de-Transito-y-Carreteras-Garber>[Consulta: 5 de febrero de 2014].
- Asfaltos y Emulsiones de Colombia S.A.S (2009) **Productos/Emulsiones asfálticas** http://www.asfaltosyemulsiones.com/productos/emulsiones_asfalticas_1.php [Consulta: 22/01/2014].
- En-Ecuador.com (s.f) **Clima del Ecuador** <http://www.en-ecuador.com/clima.php> [Consulta: 12/01/2014].

5.5 ANEXOS

5.5.1 Apoyo brindado por la empresa Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

Quito, 20 de Diciembre 2013

Señor Ingeniero

Gonzalo Martínez H.
SUPERINTENDENTE GENERAL
HERDOIZA CRESPO CONSTRUCCIONES S.A.

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente me permito poner a su consideración lo siguiente:

Como es de su conocimiento he culminado mis estudios superiores en el transcurso del presente año y al momento me encuentro en calidad de egresado realizando el Trabajo de Tesis para titularme como Ingeniero Civil, mismo que requiere de una atención a tiempo completo debido a plazos estipulados por la Universidad para su entrega y posterior defensa.

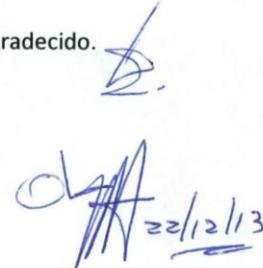
Por tal razón y apelando a su consideración, muy respetuosamente solicito me conceda una Licencia de Estudios sin remuneración durante el periodo de tres meses (01 de enero al 31 de marzo del 2014). Adicionalmente me conceda la autorización para el ingreso a las instalaciones de la empresa, para la obtención de información, ensayos de laboratorio y materiales requeridos para la estructuración de la tesis.

Esperando contar con la aprobación de la presente, me despido muy agradecido.



Luis Vicente Toscano Maila

ASISTENTE DE OFICINA TECNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
HERDOIZA CRESPO CONSTRUCCIONES S.A.



Aprobado

5.5.2 Solicitud de datos Meteorológicos Estación La Victoria – Inerhi



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

SISTEMA DE EDUCACIÓN PRINCIPAL

Quito, 27 de enero de 2014

Met. Carlos Naranjo J.

DIRECTOR EJECUTIVO DEL INAMHI

Presente:

Estimado Director, me permito extenderle un cordial saludo de parte de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Internacional del Ecuador "UIDE" y del Sr. Luis Toscano en calidad de egresado de dicha carrera.

El motivo de la presente es darle a conocer que nuestro alumno se encuentra desarrollando su trabajo de tesis, con el tema "ESTUDIO DE MICRO PAVIMENTOS COMO TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA EL CONTROL DE LA VARIACIÓN TÉRMICA EN VÍAS DE PRIMER ORDEN EN EL ECUADOR, COMO PARTE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO", tomando como punto de estudio la vía Calderón – Guayllabamba – Tabacundo, para lo cual es indispensable contar con los datos diarios meteorológicos de los últimos 5 años, de la zona:

- Estación - La Victoria Inerhi
- Heliófila
- Temperaturas medias, máximas y mínimas (°C)
- Humedad relativa
- Precipitación (mm)

Contando con la atención y apoyo de la presente extendemos nuestros profundos agradecimientos.

Ing. Byron Morales. MSc.
Coordinador Escuela Ing. Civil

Sr. Luis Toscano
Egresado de Ingeniería Civil

INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
GESTIÓN, DESARROLLO ORGANIZACIONAL,
DOCUMENTACIÓN Y ARCHIVO
RECIBIDO

Samuel Narvaez
30-01-2014
10h00

5.5.3 Insumos utilizados en la fabricación de emulsión asfáltica

|  ACC <small>HERNANDEZ CEREBRO CONSTRUCCIONES S.A.</small> | | INSUMOS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE EMULSION ASFALTICA | | | | | | | | | | Código: FO-025-11 Versión: 00 Fecha: 10/06/2013 | |
|---|----------------------|---|-----------------|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------------|-------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|--|
| | | Elaborado por: Planta de emulsion | | | | | Aprobado por: Gerencia Técnica | | | | | | |
| No. C.P. | Fecha de Utilización | Asfalto AC - 20 Kgs. | EMULSIFICANTES | | | Butonal NX 4190 Kgs. | Acido Clorhidrico Kgs. | Diesel Gls. | Agua Tons. | Emulsión Fabricada Gls. | Emulsión Enviada gls. | Tipo de Emulsión Enviada | |
| | | | Asf. N480L Kgs. | Red. E 64R Lbs. | Asf. 211G Kgs. | | | | | | | | |
| 47 | 1-Mar-14 | 20500 | | | 210 | | 20 | 14 | 10000 | | Reciclado | | |
| 48 | 1-Mar-14 | 20500 | | | 420 | 907.2 | 42 | 14 | 10000 | | Micropavimento | | |
| 49 | 6-Mar-14 | 20500 | 180 | | 210 | | 195 | 14 | 10000 | | Reciclado | | |
| 50 | 7-Mar-14 | 20500 | | | 210 | | 20 | 14 | 10000 | | Reciclado | | |
| 51 | 7-Mar-14 | 20500 | | | 420 | 907.2 | 42 | 14 | 10000 | | Micropavimento | | |
| 52 | 8-Mar-14 | 20500 | | | 210 | | 20 | 14 | 10000 | | Reciclado | | |
| 53 | 10-Mar-14 | 20500 | 180 | | 210 | | 195 | 14 | 10000 | | Reciclado | | |
| 54 | 11-Mar-14 | 20500 | 180 | | 210 | | 195 | 14 | 10000 | | Reciclado | | |
| 55 | 12-Mar-14 | 20500 | | | 420 | 907.2 | 42 | 14 | 10000 | | Micropavimento | | |
| 56 | 12-Mar-14 | 20500 | | | 210 | | 20 | 14 | 10000 | | Reciclado | | |

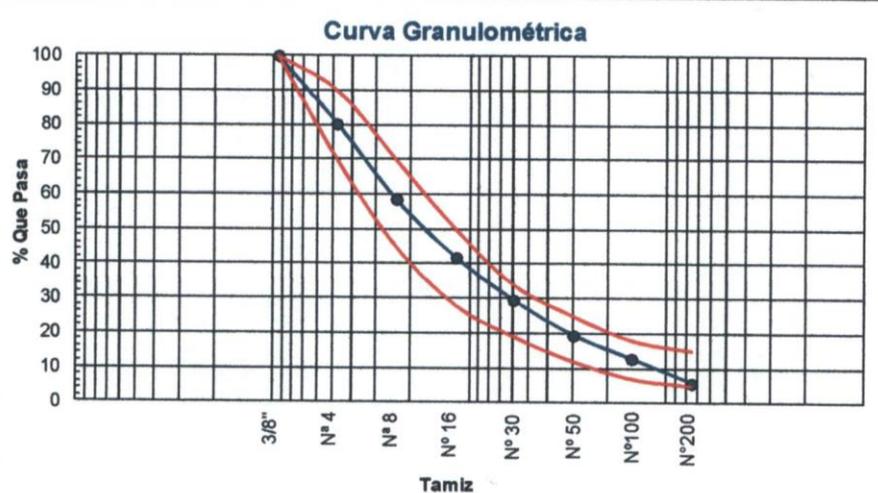
5.5.4 Respaldos de Ensayos de Laboratorio

| | | | |
|--|--|-------------------------------|---|
|  <p>Panavial Vías seguras para el desarrollo del Ecuador</p> | ANALISIS GRANULOMETRICO SECA | | Código: FO-023-07 Versión: 00 Fecha: 05/02/2014 |
| | Elaborado por: Coordinador Control Calidad | Aprobado por: Gerente Técnico | |
| PROYECTO: | Cayambe - Cusubamba | CONTRATISTA: | Herdoiza Crespo Construcciones S.A. |
| LOCALIZACION: | Provincia de Pichincha | FISCALIZA: | M.T.O.P. |
| FECHA: | 05-02-14 | ABSCISA: | Stock |
| MUESTRA: | 3/8" | YACIMIENTO: | Mina Colibri |
| NORMA: | AASHTO T-27 / ASTM C-117 | LABORATORIO: | Planta de Emulsión |

ANALISIS GRANULOMETRICO SECA
(AASHTO T 27-00)

| TAMIZ | APERTURA (mm) | PESO RET ACUMULADO | % RETENIDO | % PASA | ESPECIFICACION TIPO III ISSA | |
|----------|---------------|--------------------|------------|--------|------------------------------|-----|
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| Nº 4 | 4.75 | 154.10 | 20 | 80 | 70 | 90 |
| Nº 8 | 2.38 | 325.20 | 41 | 59 | 45 | 70 |
| Nº 16 | 1.18 | 456.10 | 58 | 42 | 28 | 50 |
| Nº 30 | 0.60 | 554.10 | 70 | 30 | 19 | 34 |
| Nº 50 | 0.30 | 631.90 | 80 | 20 | 12 | 25 |
| Nº 100 | 0.150 | 685.90 | 87 | 13 | 7 | 18 |
| Nº 200 | 0.075 | 739.50 | 94 | 6 | 5 | 15 |
| PASA 200 | | 47.50 | 6 | | | |
| TOTAL | | 787.0 | | | | |

Curva Granulométrica



| | | |
|--|--|--|
| ENSAYADO POR:  Sr. Luis Toscano M. ESTUDIANTE | REVISADO POR:  Sr. Campy Reascos C. LABORATORISTA | APROBADO POR:  Ing. Rafael Lastra G. CONTROL DE CALIDAD |
|--|--|--|

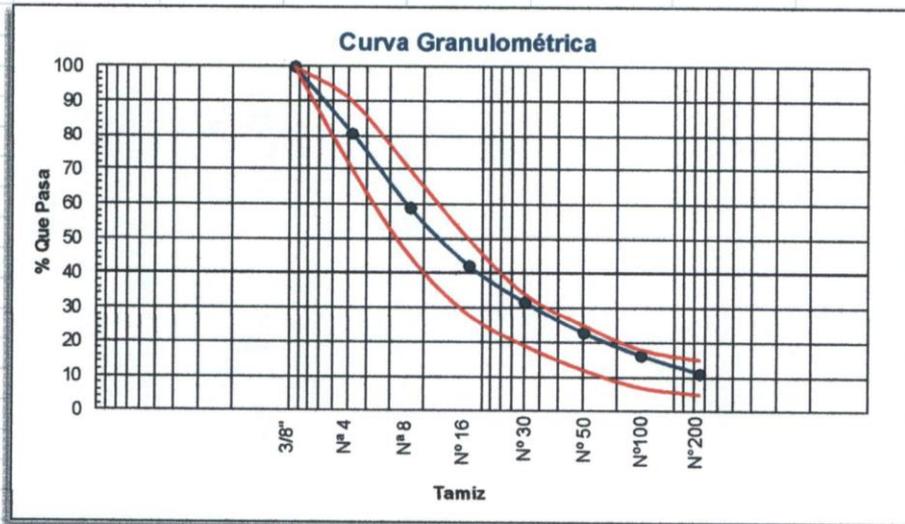
Elaborado por: Coordinador Control Calidad

Aprobado por: Gerente Técnico

| | | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| PROYECTO: | Cayambe - Cusubamba | CONTRATISTA: | Herdoiza Crespo Construcciones S.A. |
| LOCALIZACION: | Provincia de Pichincha | FISCALIZA: | M.T.O.P. |
| FECHA: | 05-02-14 | ABSCISA: | Stock |
| MUESTRA: | 3/8" | YACIMIENTO: | Mina Colibri |
| NORMA: | AASHTO T-27 / ASTM C-117 | LABORATORIO: | Planta de Emulsión |

**ANALISIS GRANULOMETRICO LAVADA
(AASHTO T 27-00)**

| TAMIZ | APERTURA (mm) | PESO RET ACUMULADO | % RETENIDO | % PASA | ESPECIFICACION TIPO III ISSA | |
|----------|---------------|--------------------|------------|--------|------------------------------|-----|
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| Nº 4 | 4.75 | 199.70 | 19 | 81 | 70 | 90 |
| Nº 8 | 2.38 | 421.60 | 41 | 59 | 45 | 70 |
| Nº 16 | 1.18 | 592.00 | 58 | 42 | 28 | 50 |
| Nº 30 | 0.60 | 701.70 | 68 | 32 | 19 | 34 |
| Nº 50 | 0.30 | 791.60 | 77 | 23 | 12 | 25 |
| Nº 100 | 0.150 | 859.50 | 84 | 16 | 7 | 18 |
| Nº 200 | 0.075 | 911.40 | 89 | 11 | 5 | 15 |
| PASA 200 | | 115.22 | 11 | | | |
| TOTAL | | 1026.6 | | | | |



ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

Sr. Luis Toscano M.
ESTUDIANTE

Campy Reascos C.
Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA

Ing. Rafael Lastra G.
Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD



ANALISIS GRANULOMETRICO SECA Y LAVADA

Código: FO-023-07
 Versión: 00
 Fecha: 05/02/2014

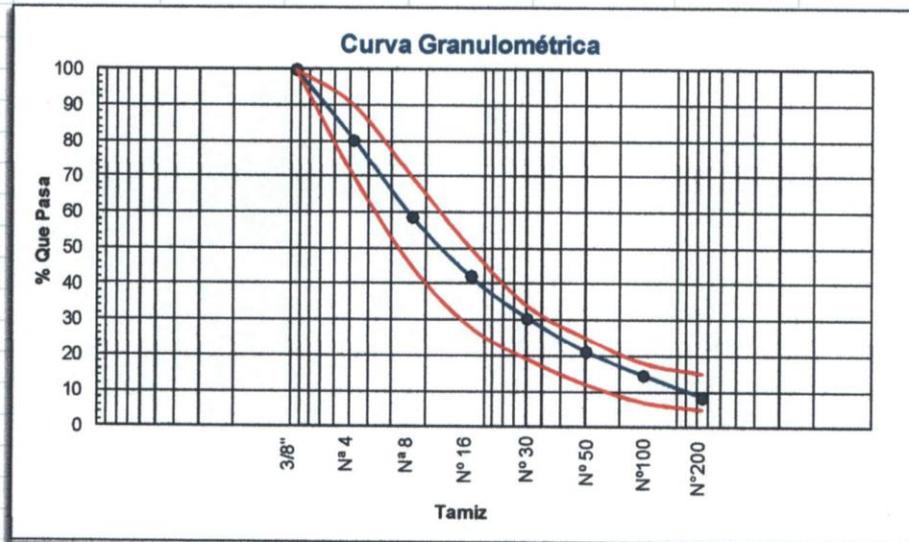
Elaborado por: Coordinador Control Calidad

Aprobado por: Gerente Técnico

PROYECTO: Cayambe - Cusubamba CONTRATISTA: Herdoiza Crespo Construcciones S.A.
 LOCALIZACION: Provincia de Pichincha FISCALIZA: M.T.O.P.
 FECHA: 05-02-14 ABCISA: Stock
 MUESTRA: 3/8" YACIMIENTO: Mina Colibri
 NORMA: AASHTO T-27 / ASTM C-117 LABORATORIO: Planta de Emulsión

**ANALISIS GRANULOMETRICO PROMEDIO
 (AASHTO T 27-00)**

| TAMIZ | APERTURA (mm) | % PASA | ESPECIFICACION TIPO III ISSA | |
|----------|---------------|--------|------------------------------|-----|
| 3/8" | 9.5 | 100 | 100 | 100 |
| Nº 4 | 4.75 | 80 | 70 | 90 |
| Nº 8 | 2.38 | 59 | 45 | 70 |
| Nº 16 | 1.18 | 42 | 28 | 50 |
| Nº 30 | 0.60 | 31 | 19 | 34 |
| Nº 50 | 0.30 | 21 | 12 | 25 |
| Nº 100 | 0.150 | 15 | 7 | 18 |
| Nº 200 | 0.075 | 9 | 5 | 15 |
| PASA 200 | | | | |



ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

[Signature]
 Sr. Luis Toseño M.
ESTUDIANTE

[Signature]
 Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA

[Signature]
 Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD

Elaborado por: Coordinador Control Calidad

Aprobado por: Gerente Técnico

| | | | |
|----------------------|---------------------------------|---------------------|--|
| PROYECTO: | <u>Cayambe - Cusubamba</u> | CONTRATISTA: | <u>Herdoiza Crespo Construcciones S.A.</u> |
| LOCALIZACION: | <u>Provincia de Pichincha</u> | FISCALIZA: | <u>M.T.O.P.</u> |
| FECHA: | <u>27-02-14</u> | ABSCISA: | <u>Stock</u> |
| MUESTRA: | <u>3/8"</u> | YACIMIENTO: | <u>Mina Colibri</u> |
| NORMA: | <u>AASHTO T-96 / ASTM C-131</u> | LABORATORIO: | <u>Planta de Emulsión</u> |

| RESULTADOS: | |
|--|---------------|
| GRADACION TIPO: | C |
| MASA INICIAL (g): | 5000.0 |
| Retenido Tamiz No. 12 después de 500 revoluciones (g): | 3570.0 |
| PERDIDA DE LAS 500 REVOLUCIONES (g) | 1430.0 |
| % PERDIDA DE LAS 500 REVOLUCIONES : | 29 |

OBSERVACIONES:

La Abrasión esta en el límite de las especificaciones, se recomienda verificar el comportamiento al combinarlo con la emulsión antes de realizar correcciones.

ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:


Sr. Luis Teodoro
ESTUDIANTE


Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA


Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD



**SOLIDEZ DE LOS ÁRIDOS MEDIANTE EL USO DE
SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO**

Código: FO-023-08
 Versión: 00
 Fecha: 09/02/2014

Elaborado por: Coordinador Control Calidad

Aprobado por: Gerente Técnico

| | | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| PROYECTO: | Cayambe - Cusubamba | CONTRATISTA: | Herdoiza Crespo Construcciones S.A. |
| LOCALIZACION: | Provincia de Pichincha | FISCALIZA: | M.T.O.P. |
| FECHA: | 09-02-14 | ABCISA: | Stock |
| MUESTRA: | 3/8" | YACIMIENTO: | Mina Colibri |
| NORMA: | AASHTO T-104 / ASTM C-88 | LABORATORIO: | Planta de Emulsión |

| Tamaño de las aberturas del tamiz | Gradación de la muestra original (%) | Masa de las fracciones de ensayo, antes del ensayo (g) | Masa de las fracciones de ensayo, después del ensayo (g) | Porcentaje que pasa el tamiz designado luego del ensayo (%) | Porcentaje ponderado de pérdida (%) |
|---|--------------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|
| ENSAYO DE DESEMPEÑO DEL ÁRIDO FINO | | | | | |
| Menor a 150µm | 14.55 | - | - | - | - |
| de 300µm a 150µm | 6.74 | - | - | - | - |
| de 600µm a 300µm | 9.32 | 100.0 | 96.3 | 3.7 | 0.3 |
| de 1,18µm a 600µm | 11.57 | 100.0 | 97.1 | 2.9 | 0.3 |
| de 2,36µm a 1,18µm | 16.62 | 100.0 | 96.0 | 4.0 | 0.7 |
| de 4,75µm a 2,36µm | 21.68 | 100.0 | 92.5 | 7.5 | 1.6 |
| de 9,5µm a 4,75µm | 19.52 | 100.0 | 86.7 | 13.3 | 2.6 |
| Totales | 100.0 | | | | 5.6 |

ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

Sr. Luis Tostano M.
ESTUDIANTE

Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA

Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD



ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

Código : FO-023-07
 Versión : 00
 Fecha : 07/02/2014

Elaborado por: Coordinador Control Calidad

Aprobado por: Gerente Técnico

PROYECTO: Cayambe - Cusubamba CONTRATISTA: Herdoiza Crespo Construcciones S.A.
 LOCALIZACION: Provincia de Pichincha FISCALIZA: M.T.O.P.
 FECHA: 07-02-14 ABSCISA: Stock
 MUESTRA: 3/8" YACIMIENTO: Mina Colibri
 NORMA: AASHTO T-176 / ASTM D-2419 LABORATORIO: Planta de Emulsión

**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA
(ASTM D2419)**

| MUESTRA | LECTURA DE ARCILLA | LECTURA DE ARENA | EQUIVALENTE DE ARENA |
|---------|--------------------|------------------|----------------------|
| No. | (mm) | (mm) | (%) |
| 1 | 3.80 | 2.70 | 71.05% |
| 2 | 3.70 | 2.60 | 70.27% |
| | | PROMEDIO | 71% |

OBSERVACIONES: El porcentaje de equivalente de arena es mayor a 60%

ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

[Firma]
 Sr. Luis Toscano M.
ESTUDIANTE

[Firma]
 Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA

[Firma]
 Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD



PROPIEDADES DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

| | | | | | |
|--|--------------|--|----------|----------|--|
| | | | | | |
| <p align="center">Código : FO-023-20 Versión : 00 Fecha : 20/02/2014</p> | | <p align="center">Aprobado por: Gerente Técnico</p> | | | |
| <p align="center">PROYECTO: Planta de Emulsión LOCALIZACIÓN: Quito - Carcelen MUESTRA: Tomada del tanque de producción DESCRIPCIÓN: Emulsión Asfáltica CSS - 1h (sin polímero)</p> | | <p align="center">CONTRATISTA: Herdoiza Crespo Construcciones S.A... FISCALIZACIÓN: M.T.O.P ENSAYADO POR: Sr. Luis Toscano M. FECHA DE ENSAYO: Jueves, 20 de febrero de 2014</p> | | | |
| <p align="center">COORDINADOR CONTROL CALIDAD</p> | | <p align="center">APROBADO POR:</p> | | | |
| <p align="center">DETERMINACIÓN DEL RESIDUO POREVAPORACIÓN (INEN 905)</p> | | <p align="center">VISCOSIDAD SAYBOLT (ASTM D 88)</p> | | | |
| Nº DE PRUEBA | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| X: Peso vaso + agitador + residuo (g) | 143.7 | 133.3 | 137.9 | 137.2 | |
| Y: Peso vaso + agitador antes de ensayo (g) | 113.1 | 102.8 | 107.1 | 106.4 | |
| Residuo Asfáltico (%) = 2 (X - Y) | 61.2 | 61 | 61.6 | 61.6 | |
| PROMEDIO | 61.35 | | | | |
| <p align="center">ENSAYO DE TAMIZADO (ASTM D 244)</p> | | <p align="center">ENSAYO DE PENETRACIÓN AL RESIDUO (INEN 917)</p> | | | |
| Nº DE PRUEBA | 1 | 2 | | | |
| A: Masa del tamiz + paila (g) | 140.6 | 140.6 | | | |
| B: Masa del tamiz + paila + residuo (g) | 140.73 | 140.73 | | | |
| Muestra retenida (%) = (B - A)/10 | 0.013 | 0.013 | | | |
| PROMEDIO | 0.013 | | | | |
| <p align="center">DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD AL ALMACENAJE (INEN 909)</p> | | <p align="center">ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO CON ANILLO Y BOLA (AASHTO T53)</p> | | | |
| PRUEBA Nº | 1 | 2 | | | |
| Peso vaso + varilla (g) | 113 | 113 | | | |
| Peso vaso + varilla + emulsión superficial | 163 | 163 | | | |
| Peso vaso + varilla + residuo (g) | 143.8 | 143.8 | | | |
| Residuo superficial (%) | 61.60 | 61.60 | | | |
| A: Promedio | 61.60 | | | | |
| Peso vaso + varilla (g) | 102.4 | 102.4 | | | |
| Peso vaso + varilla + emulsión de fondo | 152.4 | 152.4 | | | |
| Peso vaso + varilla + residuo (g) | 133.3 | 133.3 | | | |
| Residuo superficial (%) | 61.80 | 61.80 | | | |
| B: Promedio | 61.80 | | | | |
| ESTABILIDAD AL ALMACENAJE (%) = A - B | 0.20 | | | | |

ENSAYADO POR:

Sr. Luis Toscano M.
ESTUDIANTE

REVISADO POR:

Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA

REVISADO POR:

Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD



**PRUEBA DE HUMEDAD OPTIMA
(CONSISTENCIA CON EL CONO)**

Código : FO-023-07
 Versión : 00
 Fecha : 20/02/2014

Elaborado por: Coordinador Control Calidad

Aprobado por: Gerente Técnico

| | | | |
|----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| PROYECTO: | Cayambe - Cusubamba | CONTRATISTA: | Herdoiza Crespo Construcciones S.A. |
| LOCALIZACION: | Provincia de Pichincha | FISCALIZA: | M.T.O.P. |
| FECHA: | 20-02-14 | ABSCISA: | Mina Colibri |
| MUESTRA: | Mezcla para Micropavimento | YACIMIENTO: | Mina Colibri |
| NORMA: | ASTM D-3910 / ISSA TB-106 | LABORATORIO: | Planta de Emulsión |

**PRUEBA DE HUMEDAD OPTIMA (CONSISTENCIA CON EL CONO)
(ISSA TB-106)**

| Mezcla No. | FINO | | AGUA | EMULSION | | TIEMPO | | OBSERVACIONES |
|---------------|------|------|-------|----------|-------|--------|---------|------------------|
| | TIPO | % | % | TIPO | % | MEZCLA | ROTURA | |
| 1 | CP | 0.50 | 10.00 | CSS-1h | 16.00 | 1 min | < 1 min | Rompe muy rápido |
| 2 | CP | 1.00 | 1.00 | CSS-1h | 15.00 | 1 min | > 1 min | Muy humeda |
| 3 | CP | 0.50 | 15.00 | CSS-1h | 15.00 | 1 min | > 1 min | Muy humeda |
| 4 | CP | 0.50 | 14.00 | CSS-1h | 15.00 | 1 min | > 1 min | Buena apariencia |
| 5 | CP | 0.50 | 13.00 | CSS-1h | 15.00 | 1 min | > 1 min | Optima |

ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

Sr. Luis Tascano M.
ESTUDIANTE

Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA

Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD

Elaborado por: Coordinador Control Calidad

Aprobado por: Gerente Técnico

PROYECTO: Cayambe - Cusubamba

CONTRATISTA: Herdoiza Crespo Construcciones S.A.

LOCALIZACION: Provincia de Pichincha

FISCALIZA: M.T.O.P.

FECHA: 21-02-14

ABSCISA: Mina Colibri

MUESTRA: Mezcla para Micro-pavimento

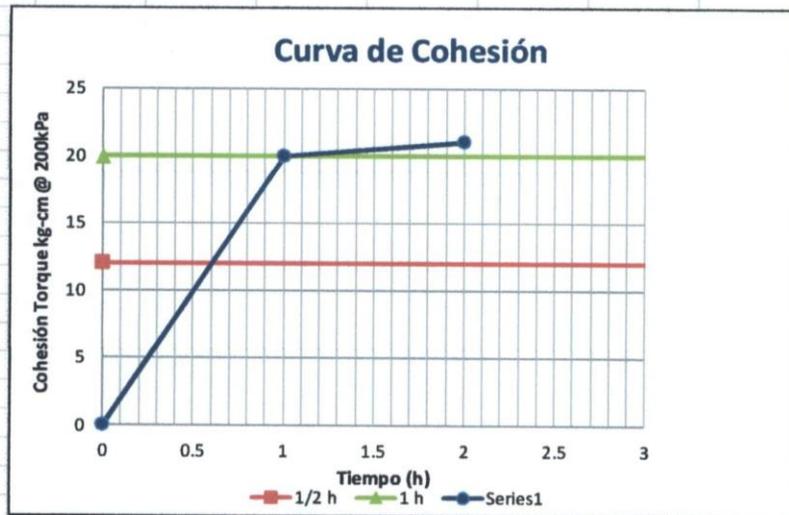
YACIMIENTO: Mina Colibri

NORMA: ASTM D-3910 / ISSA TB-13

LABORATORIO: Planta de Emulsión

PRUEBA DE COHESION EN HUMEDO
(ASTM D 3910)

| Mezcla No. | FINO | | AGUA | EMULSION | | COHESION (kg-cm) | | |
|-----------------|------|------|-------|----------|-------|------------------|-----------|-----------|
| | TIPO | % | % | TIPO | % | 0.5 | 1 | 2 |
| 1 | CP | 1.00 | 15.00 | CQS | 15.00 | 12 | 18 | 15 |
| 2 | CP | 0.50 | 13.00 | CQS | 15.00 | 14 | 22 | 27 |
| PROMEDIO | | | | | | 13 | 20 | 21 |



ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:


Sr. Luis Toscano M.
ESTUDIANTE


Sr. Campy Reascos C.
LABORATORISTA


Ing. Rafael Lastra G.
CONTROL DE CALIDAD



ENSAYOS DESGASTE POR ABRASIÓN VIA HUMEDA WTAT Y RUEDA CARGADA LWT

Código: FO-023-07
 Versión: 00
 Fecha: 27/02/2014

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Elaborado por: | Coordinador Control Calidad | Aprobado por: | Gerente Técnico |
| PROYECTO: | Cayambe - Cusubamba | CONTRATISTA: | Herdoiza Crespo Construcciones S.A. |
| LOCALIZACION: | Provincia de Pichincha | FISCALIZA: | M.T.O.P. |
| FECHA: | 27-02-14 | ABSCISA: | Mina Colibri |
| MUESTRA: | Mezcla para Micro-pavimento | YACIMIENTO: | Mina Colibri |
| NORMA: | ISSA TB-100 / ISSA TB-109 | LABORATORIO: | Planta de Emulsión |

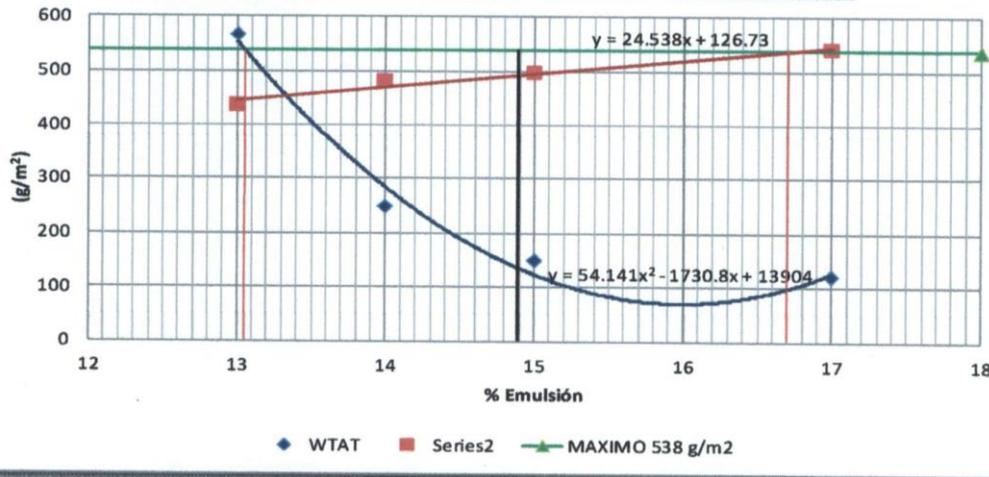
ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASIÓN VIA HUMEDA WTAT (ISSA TB 100)

| MEZCLA | FINO | | AGUA (g) | EMULSION (g) | PESO ANTES | PESO DESPUES | PESO PERDIDO | | |
|--------|------|-----|----------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------------|---------------------|
| | TIPO | % | | | | | (g) | (1/m ²) | (g/m ²) |
| 13 | CP | 0.5 | 120 | 104 | 920.4 | 904.2 | 16.2 | 34.98 | 566.68 |
| 14 | CP | 0.5 | 112 | 112 | 916.8 | 909.7 | 7.1 | 34.98 | 248.36 |
| 15 | CP | 0.5 | 104 | 120 | 845.2 | 840.9 | 4.3 | 34.98 | 150.41 |
| 17 | CP | 0.5 | 88 | 136 | 926 | 922.5 | 3.5 | 34.98 | 122.43 |

ENSAYO DE RUEDA CARGADA LWT (ISSA TB 109)

| MEZCLA | FINO | | AGUA (g) | EMULSION (g) | PESO ANTES | PESO DESPUES | PESO ADHERIDO | | |
|--------|------|-----|----------|--------------|------------|--------------|---------------|--------|---------------------|
| | TIPO | % | | | | | (g) | FACTOR | (g/m ²) |
| 13 | CP | 0.5 | 60 | 52 | 575.7 | 581.6 | 5.9 | 74.04 | 436.84 |
| 14 | CP | 0.5 | 56 | 56 | 560.2 | 566.7 | 6.5 | 74.04 | 481.26 |
| 15 | CP | 0.5 | 52 | 60 | 563.3 | 570 | 6.7 | 74.04 | 496.07 |
| 17 | CP | 0.5 | 44 | 68 | 578.6 | 585.9 | 7.3 | 74.04 | 540.49 |

Determinación Gráfica del Contenido de Emulsión Asfáltica



◆ WTAT ■ Series2 ▲ MAXIMO 538 g/m2

% Mínimo de Emulsión: 13.05 %
 % Máximo de Emulsión: 16.7 %
 % Optimo de emulsión: 15.0 %

ENSAYADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

[Firma]
 Sr. Luis Jordana M.
 ESTUDIANTE

[Firma]
 Sr. Campy Reascos C.
 LABORATORISTA

[Firma]
 Ing. Rafael Lastra G.
 CONTROL DE CALIDAD

| CATEGORÍAS OCUPACIONALES | SUELDO UNIFICADO | DÉCIMO TERCER | DÉCIMO CUARTO | TRANS- PORTE | APORTE PATRONAL | FONDO RESERVA | TOTAL ANUAL | JORNAL REAL | COSTO HORARIO |
|---|------------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|---------------|
| REMUNERACIÓN BÁSICA UNIFICADA MÍNIMA | 318,00 | | | | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS Y ARQUITECTÓNICOS | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2 | | | | | | | | | |
| Peón | 318,00 | 318,00 | 318,00 | | 463,64 | 318,00 | 5 233,64 | 22,27 | 2,78 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2 | | | | | | | | | |
| Albañil | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Operador de equipo liviano | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Pintor | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Pintor de exteriores | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Pintor empapelador | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Fierro | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Carpintero | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Encofrador | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Carpintero de ribera | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Piomero | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Electricista | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Instalador de revestimiento en general | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Ayudante de perforador | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Cadenero | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Mampostero | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Enlucidor | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Hojalatero | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Técnico liniero eléctrico | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Técnico en montaje de subestaciones | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Técnico electromecánico de construcción | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Obrero especializado en la elaboración de prefabricados de hormigón | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Parqueteros y colocadores de pisos | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 | | | | | | | | | |
| Maestro eléctrico/liniero/subestación | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 | | | | | | | | | |
| Operador de planta de hormigón | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Perforador | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Perfilero | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Técnico albañilería | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Técnico obras civiles | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL B3 | | | | | | | | | |
| Inspector de obra | 348,21 | 348,21 | 318,00 | | 507,69 | 348,21 | 5 700,63 | 24,26 | 3,03 |
| Supervisor eléctrico general | 348,21 | 348,21 | 318,00 | | 507,69 | 348,21 | 5 700,63 | 24,26 | 3,03 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL B1 | | | | | | | | | |
| Ingeniero Eléctrico | 351,39 | 351,39 | 318,00 | | 512,33 | 351,39 | 5 749,79 | 24,47 | 3,06 |
| Residente de Obra | 351,39 | 351,39 | 318,00 | | 512,33 | 351,39 | 5 749,79 | 24,47 | 3,06 |
| LABORATORIO | | | | | | | | | |
| Laboratorista 2: experiencia mayor de 7 años(Estr. Oc. C1) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| TOPOGRAFÍA | | | | | | | | | |
| Topógrafo 2: título exper. mayor a 5 años(Estr.Oc.C1) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| DIBUJANTES | | | | | | | | | |
| Dibujante (Estr.Oc.C2) | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |

OPERADORES Y MECANICOS DE EQUIPO PESADO Y CAMINERO DE EXCAVACION, CONSTRUCCION, INDUSTRIA Y OTRAS SIMILARES

| | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--|--------|--------|----------|-------|------|
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (GRUPO I) | | | | | | | | | |
| Motoniveladora | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Excavadora | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Grúa puente de elevación | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Pala de castillo | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Grúa estacionaria | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Draga/Dráglina | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Tractor carriles o ruedas (bulldozer, topador, roturador, malacate, trailla) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Tractor tiende tubos (side bone) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Mototralla | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Retroexcavadora | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Auto-tren cama baja (trayler) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Presadora de pavimento asfáltico / Rotomil | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Recicladora de pavimento asfáltico / Rotomil | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Planta de emulsión asfáltica | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Máquina para sellos asfálticos | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Squider | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador de Camión articulado con volteo | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador de Camión mezclador para micropavimentos | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador de camión sistema para cemento y asfalto | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador de perforadora de brazos múltiples (jumbo) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador máquina tuneladora (lopo) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador de concretera rodante | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador de máquina extendidora de adoquín | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Operador de máquina sanjadora | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |

Nota: El listado corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del MRL, en los Acuerdos No 0215 y 0216, de 26 de diciembre de 2012; que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2013, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

| CATEGORIAS OCUPACIONALES | SUELDO UNIFICADO | DECIMO TERCER | DECIMO CUARTO | TRANS- PORTE | APORTE PATRONAL | FONDO RESERVA | TOTAL ANUAL | JORNAL REAL | COSTO HORARIO |
|--|------------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|---------------|
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 (GRUPO II) | | | | | | | | | |
| Operador responsable de la planta hormigonera | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Operador responsable de la planta trituradora | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Operador responsable de la planta asfáltica | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Operador de track drill | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Rodillo autopropulsado | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Distribuidor de asfalto | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Distribuidor de agregados | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Acabadora de pavimento de hormigón | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Acabadora de pavimento asfáltico | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Grada elevadora | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Canastilla elevadora * | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Bomba lanzadora de concreto | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Tractor de ruedas (barredora, cegadora, rodillo remolcado, franjeadora) | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Caldero planta asfáltica | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Barredora autopropulsada | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Martillo punzón neumático | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Compresor | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Camión de carga frontal | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Operador caguro | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Operador de camión de volteo con o sin articulación / Rotomil | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Operador minicavadora/minicargadora con sus aditamentos | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Operador termo formado | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Técnico en carpintería | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Técnico en mantenimiento de viviendas y edificios | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL C3 | | | | | | | | | |
| Operador máquina estacionaria clasificadora de material | 327,54 | 327,54 | 318,00 | | 477,55 | 327,54 | 5 381,11 | 22,90 | 2,86 |
| MECÁNICOS | | | | | | | | | |
| Mecánico de equipo pesado caminero (Estr.Oc.C1) | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Mecánico de equipo liviano (Estr.Oc.C3) | 327,54 | 327,54 | 318,00 | | 477,55 | 327,54 | 5 381,11 | 22,90 | 2,86 |
| SIN TITULO | | | | | | | | | |
| Engrasador o abastecedor responsable (Estr.Oc.D2) | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| CHOFERES PROFESIONALES | | | | | | | | | |
| CHOFER: De vehículos de emergencia (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Para camiones pesados y extra pesados con o sin remolque de más de 4 toneladas (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Trailer (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Tanqueros (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Plataformas (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Otros camiones (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Para ferrocarriles (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Para auto ferros (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Camiones para transportar mercancías o sustancias peligrosas y otros vehículos especiales (Estr.Oc.C1) | 485,64 | 485,64 | 318,00 | | 708,06 | 485,64 | 7 825,02 | 33,30 | 4,16 |
| CHOFER: Para transporte Escolares-Personal y turismo, hasta 45 pasajeros (Estr.Oc.C2) | 480,55 | 480,55 | 318,00 | | 700,64 | 480,55 | 7 746,34 | 32,96 | 4,12 |
| CHOFER: Para camiones sin acoplados (Estr.Oc.C3) | 469,23 | 469,23 | 318,00 | | 684,14 | 469,23 | 7 571,36 | 32,22 | 4,03 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 OPERADORES | | | | | | | | | |
| Operador de bomba | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Equipo en general | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Equipos móviles | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Maquinaria | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Molino de amianto | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| Planta dosificadora | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| De productos terminados | 346,62 | 346,62 | 318,00 | | 505,37 | 346,62 | 5 676,05 | 24,15 | 3,02 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 | | | | | | | | | |
| Operador de bomba impulsadora de hormigón | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Equipos móviles de planta | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Molino de amianto | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Planta dosificadora de hormigón | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| Productos terminados | 337,08 | 337,08 | 318,00 | | 491,46 | 337,08 | 5 528,58 | 23,53 | 2,94 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2 | | | | | | | | | |
| Preparador de mezcla de materias primas | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| Tubero | 322,33 | 322,33 | 318,00 | | 469,96 | 322,33 | 5 300,58 | 22,56 | 2,82 |
| ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2 | | | | | | | | | |
| Resanador en general | 318,00 | 318,00 | 318,00 | | 463,64 | 318,00 | 5 233,64 | 22,27 | 2,78 |
| Tinero de pasta de amianto | 318,00 | 318,00 | 318,00 | | 463,64 | 318,00 | 5 233,64 | 22,27 | 2,78 |

Nota: El listado corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del MRL, en los Acuerdos No. 0215 y 0216, de 26 de diciembre de 2012; que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2013, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

Seleccionar idioma ▼

Texto a buscar

| |
|-----------------------|
| Inicio |
| Presentación |
| Magistrados |
| Normativa |
| Procesos |
| Expedientes Virtuales |
| Jurisprudencia |
| Tribunal al día |
| Biblioteca |
| Sitios de Interés |
| Publicaciones |
| Calendario Tribunal |
| Contactos |

Jornada Laboral

Publicación de los días de vacaciones y los no laborables

PERÍODO DE VACACIONES JUDICIALES Y ROL DE DÍAS NO LABRABLES DEL TRIBUNAL DE JUSTICIA DE LA COMUNIDAD ANDINA

GESTIÓN 2013

EL TRIBUNAL DE JUSTICIA DE LA COMUNIDAD ANDINA,

De conformidad con lo establecido el inciso 4º, del artículo 33 de la Decisión 500 del Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores, en concordancia con los artículos 30 y 31 del Reglamento Interno del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina, establece:

1.- El período de vacaciones colectivas del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina en la gestión 2013 comprende 30 días calendario, divididos en dos etapas; la primera de 9 días calendario a computarse desde el jueves 1º de agosto y la segunda de 21 días calendario a computarse desde el lunes 16 de diciembre.

2.- Los días no laborables para el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina en el año 2013 son los del país y ciudad sede del Tribunal (Ecuador – Quito) y los demás que disponga el Gobierno Nacional.

Para la fecha de esta publicación los días no laborables están definidos y pueden ser consultados en las normas ecuatorianas que se detallan a continuación:

CÓDIGO DEL TRABAJO

**De las Fiestas Cívicas:*

Art. 65.- Días de descanso obligatorio.- Además de los sábados y domingos, son días de descanso obligatorio los siguientes: 1 de enero, viernes santo, 1 y 24 de mayo, 10 de agosto, 9 de octubre, 2 y 3 de noviembre y 25 de diciembre.

*Lo son también para las respectivas circunscripciones territoriales y ramas de trabajo, los señalados en las correspondientes leyes especiales.**

LEY ORGÁNICA DE SERVICIO CIVIL Y CARRERA ADMINISTRATIVA Y DE UNIFICACIÓN Y HOMOLOGACIÓN DE LAS REMUNERACIONES DEL SECTOR PÚBLICO

"DISPOSICIÓN GENERAL NOVENA.- Para los servidores públicos son días de descanso obligatorio exclusivamente los siguientes: 1 de enero, viernes santo, 1 de mayo, 24 de mayo, 10 de agosto, 9 de octubre, 2 y 3 de noviembre y 25 de diciembre.

Serán días feriados locales de descanso obligatorio: (...) para Quito, el 6 de diciembre; (...)

Excepto los días feriados que se puntualizan en este artículo, las demás fechas de recordación cívica no eximen de trabajo obligatorio.

(.....)

Cuando los días feriados de descanso obligatorio establecidos en esta Ley, correspondan a los días martes, miércoles o jueves, el descanso se trasladará al día viernes de la misma semana. Igual criterio se aplicará para los días feriados de carácter local, salvo que los gobernadores de las respectivas provincias dispongan el traslado de otra forma. Se exceptúan de esta disposición los días 1 de enero, 1 de mayo, 2 y 3 de noviembre y 25 de diciembre*.

LEY DE REGULACIÓN ECONÓMICA Y CONTROL DEL GASTO PÚBLICO:

***Artículo 23, incs. 2 y 3 -** No se podrán suspender las actividades sino únicamente en los días previstos en la Ley de Servicio Civil y Carrera Administrativa y en el Código de Trabajo. El Presidente de la República podrá así mismo trasladar el descanso de una fecha cívica al día lunes o viernes de la semana con el fin de asegurar la continuidad de las actividades públicas y privadas.

ESTADÍSTICAS DE PROCESOS

Interpretaciones Prejudiciales
Acciones de Nulidad
Acciones de Incumplimiento
Recursos por Omisión
Demandas Laborales

ULTIMAS NOTICIAS

Seleccionar Últimas Noticias

Si por razones de imperiosa necesidad, fuerza mayor o conveniencia de servicio, a criterio del Presidente de la República, se dejara de trabajar alguna jornada o fracción, el tiempo perdido deberá recuperarse fuera de los días u horas de trabajo obligatorio sin recargo alguno.*

DECRETO EJECUTIVO N° 1162 DE 03 DE MAYO DE 2012

**Artículo 1.- Se traslada (...) al viernes 11 de octubre de 2013 la jornada de descanso obligatoria correspondiente a la fiesta cívica del 9 de octubre de 2013.*

Artículo 3.- Los días lunes y martes de carnaval correspondientes a los años 2013, 2014 y 2015, se suspenden las jornadas de trabajo para todos los trabajadores y servidores públicos, debiendo recuperarse esas jornadas de trabajo sin recargo alguno los dos sábados subsiguientes a la suspensión dada para cada uno de estos años.;*

CALENDARIO 2013

DÍAS NO LABORABLES

Enero 1 - Jornada de descanso obligatoria (Año Nuevo)

Febrero 11 y 12 - Suspensión de jornada laboral (Carnaval).

Marzo 29 - Jornada de descanso obligatoria (Viernes Santo).

Mayo 1 y 24 - Jornadas de descanso obligatorias (Día del trabajo y Batalla de Pichincha).

Agosto 10 - Jornada de descanso obligatoria (Primer Grito de Independencia).

Octubre 11 - Jornada de descanso obligatoria (Independencia de Guayaquil).

Observación: Por decreto del Presidente de la República del Ecuador, el feriado del día miércoles 9 de octubre, se traslada al viernes 11 de octubre de 2013.

Noviembre 2 y 3 - Jornadas de descanso obligatorias (Día de los difuntos e Independencia de Cuenca).

Diciembre 6 y 25 - Jornadas de descanso obligatorias (Fundación de Quito y Navidad).

VACACIONES JUDICIALES

A partir del 1 de agosto al 11 de agosto de 2013, inclusive; y,

A partir del 16 diciembre de 2013 al 05 enero de 2014, inclusive.

Ads not by this site

PORTAL DE IPS-TJCA

[Portal de IPS - TJCA](#)

PREGUNTAS FRECUENTES

[Ayuda sobre las consultas de procesos](#)

[Nota Informativa sobre el planteamiento de la solicitud de Interpretación Prejudicial por los órganos judiciales nacionales](#)

[Preguntas sobre las Interpretaciones Prejudiciales](#)

AVISOS IMPORTANTES

[Jornada Laboral](#)

[Publicación de los días de vacación y no laborables](#)

Proponente: Luis Toscano

Proyecto: Diseño de Micro-pavimento tipo III

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CUADRO AUXILIAR: COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDAD

| COMPONENTES DEL COSTO INDIRECTO | % |
|---------------------------------|--------------|
| Dirección de obra | 4.50 |
| Administrativos | 1.95 |
| Locales Provisionales | 0.50 |
| Vehículos | 0.50 |
| Servicios Públicos | 0.35 |
| Garantías | 1.80 |
| Seguros | 2.70 |
| Costos Financieros | 4.80 |
| Gastos de ofertas | 0.30 |
| Asesoría y Gastos Legales | 0.80 |
| Utilidad | 9.30 |
| Total de Indirectos | 27.50 |

| | | |
|---|--|-------------------------|
| Dependencia: | | DOCUMENTO 01 |
| Licitación: Vía Pifo-Cusubamba Obra: Costos Horario de la maquinaria el tendido de Micro-pavimento | | |
| Ubicación: ,QUITO,Pichincha | | |
| SR. LUIS TOSCANO Licitante | | |

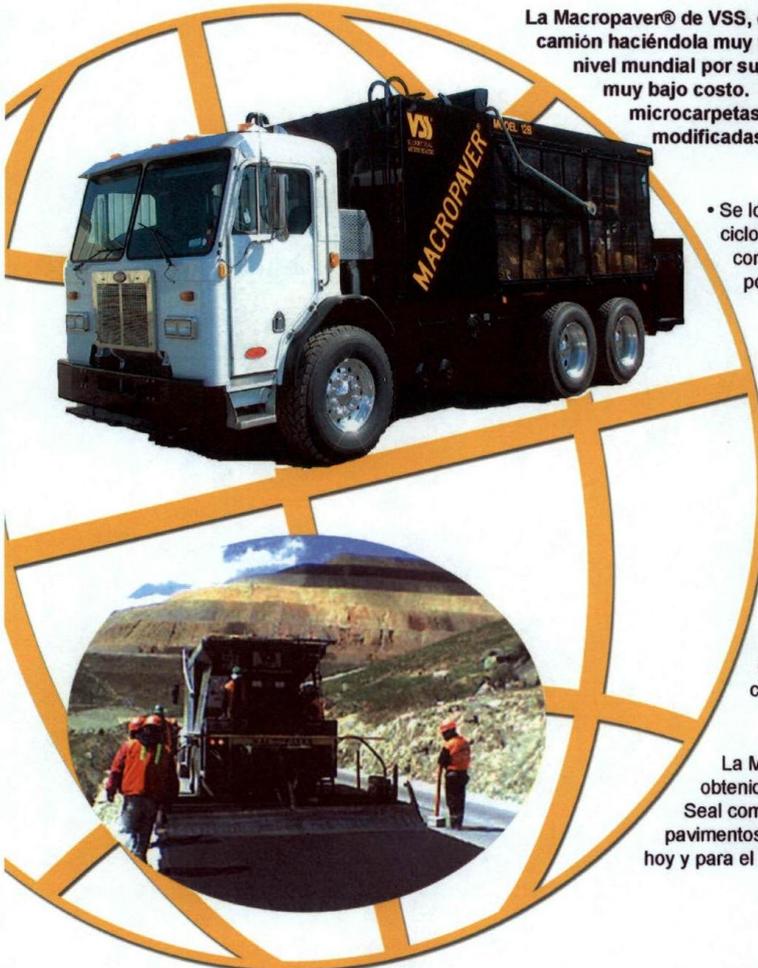
ANÁLISIS, CÁLCULO E INTEGRACIÓN DE LOS COSTOS HORARIOS DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN

| DATOS GENERALES | | | | | | | |
|--|---|---|--|---------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Código: EQMACROPAVER MACROPAVER (Distribución continua) | Modelo: 12-B | Capacidad: | | | | | |
| | | Serie: | | | | | |
| | | Tipo de Combustible: Diesel | | | | | |
| Indicador Economico de Referencia: TIIE | | % Tasa de Interes Anual: 4.530% | | | | | |
| Indicador Especifico de mercado de Seguros: TIIE | | % Prima Anual Promedio de Seguros: 0.500% | | | | | |
| PRECIO DE ADQUISICION | \$ | 328,314.72 | VIDA ECONOMICA EN AÑOS: 9 | | | | |
| PRECIO JUEGO LLANTAS (Ph) | \$ | 9,708.20 | HORAS POR AÑO (Hea): 2000 Hrs | | | | |
| EQUIPO ADICIONAL: | \$ | - | VIDA ECONOMICA (Ve): 18000 Hrs | | | | |
| VIDA ECONOMICA DE LLANTAS (Juego) (Vn) | | 2000.00 hrs | COSTO COMBUSTIBLE (Pc): 0.24 /Lts | | | | |
| PRECIO PZAS ESPECIALES (Pe) | \$ | - | COSTO LUBRICANTE (Pa): 3.51 /Lts | | | | |
| VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC (Va) | | hrs | POTENCIA NOMINAL: 115 HP | | | | |
| VALOR DE LA MAQUINA (Vm) | \$ | 318,606.52 | FACTOR DE OPERACIÓN (Fo): 1 | | | | |
| VALOR DE RESCATE (Vr) | | 20% \$ 63,721.30 | POTENCIA DE OPERACIÓN (Pop): 115 | | | | |
| TASA DE INTERES ANUAL (i) | | 4.5300% | FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko): 1.3 | | | | |
| PRIMA ANUAL PROMEDIO DE SEGUROS (s) | | 0.5000% | COEFICIENTE COMBUSTIBLE (Fc): 0.039 | | | | |
| SALARIO REAL DEL OPERADOR (S) | \$ | - | COEFICIENTE LUBRICANTE (Fa): 0.0033 | | | | |
| COSTO POR SALARIO DE OPERACIÓN (Po) | \$ | - | CAPACIDAD DEL CARTER (CC): 57 Lts | | | | |
| HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (t) | | hrs | FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr): 1 | | | | |
| TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE (Ca) | | 250.00 hrs | CONSUMOS ENTRE CAMBIO DE LUB (Ga= CC/Ca): 0.1480 | | | | |
| I.- CARGOS FIJOS | OPERACIONES | | ACTIVA | % | ESPERA | % | RESERVA |
| a).- DEPRECIACION.....D=(Vm-Vr)/Ve | (\$318,606.52-\$63,721.30)/18,000.00 | \$ | 14.16 | 100% | \$ 14.16 | 15% | \$ 2.12 |
| b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr)*i/2Hea | (\$318,606.52+\$63,721.30)x4.5300%/(2x2000) | \$ | 4.33 | 100% | \$ 4.33 | 100% | \$ 4.33 |
| c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr)*s/2Hea | (\$318,606.52+\$63,721.30)x0.50%/(2x2000) | \$ | 0.48 | 100% | \$ 0.48 | 100% | \$ 0.48 |
| d).- MANTENIMIENTO.....M = Ko*D | 1.3 x 14.16 | \$ | 18.41 | | \$ - | 15% | \$ 2.76 |
| Suma Cargos Fijos | | \$ | 37.38 | | \$ 18.97 | | \$ 9.69 |
| II.- CONSUMOS | | | | | | | |
| a). COMBUSTIBLE.....Co=Fc*Pop*Pc | 0.039x420x \$0.24 | \$ | 3.93 | 5% | \$ 0.20 | | \$ - |
| b).-Otras Fuentes de Energia | \$0.0 * 0 | \$ | - | 5% | \$ - | | \$ - |
| c). Lubricante.....Lb=[(Fa*Pop)+CC/Ca]*Pc | [(0.0033x420)+37/250] x \$3.51lt | \$ | 5.38 | 5% | \$ 0.27 | | \$ - |
| d). Llantas.....N=Ph/Vn | \$9,708.20/2,000 | \$ | 4.85 | 15% | \$ 0.73 | | \$ - |
| e). Piezas Especiales.....Ae=Pe/Va | \$00/0 | \$ | - | | \$ - | | \$ - |
| f).-Otros Consumos | | | | | | | |
| Descripcion | | Unidad | Costo | Cantidad | * | Importe | |
| Aceite hidráulico | | LT | \$ 2.79 | 0.050000 | * | \$0.14 | |
| Aceite transmisión | | LT | \$ 3.93 | 0.060000 | * | \$0.24 | Suma: \$ 2.81 |
| Grasas | | lb | \$ 5.79 | 0.570000 | * | \$2.43 | |
| Suma de Otros Consumos | | \$ | 2.81 | 5% | \$ 0.14 | | \$ - |
| Suma de Consumos | | \$ | 16.97 | | \$ 1.34 | | \$ - |
| III.- OPERACIÓN | CATEGORIA | CANTIDAD | UNIDAD | SALARIO REAL | IMPORTE | | |
| | | | | \$ - | \$ - | | |
| | | | | \$ - | \$ - | | |
| | | | | \$ - | \$ - | Sr= \$ - | |
| | | | | \$ - | \$ - | | |
| Suma de Operación Po=S/Ht | | | | 100% | 100% | | |
| COSTO DIRECTO HORA - MAQUINARIA | | | \$ | 54.35 | | | |

VSS Macropaver®

Gran Producción de Slurry Seal o Microcarpeta

La Macropaver® de VSS, esta montada sobre un chasis de camión haciéndola muy versátil y a logrado el reconocimiento a nivel mundial por su flexibilidad, producción a gran escala a muy bajo costo. La Macropaver puede aplicar microcarpetas o slurry seal con emulsiones modificadas con igual facilidad una u otra.



- Se logra una calidad uniforme durante todo el ciclo de aplicación con una secuencia constante, que es una característica aplicada por primera vez y perfeccionada por VSS.

- La Macropaver puede duplicar con facilidad los índices de aplicación de máquinas convencionales competitivas, con rendimientos promedios de 2.7-3.6 toneladas/min (3-4 ton/min).

- La Macropaver cuenta con componentes de la más alta calidad y no tiene transmisión por cadena ni por rueda dentada. El rendimiento y resistencia de la Macropaver ha demostrado su confiabilidad, facilidad de operación y productividad superiores a cualquier otra máquina de su tipo.

La Macropaver construida con la experiencia obtenida durante los 50 años de Valley Slurry Seal como contratista de mantenimiento de pavimentos, Macropaver es la opción inteligente para hoy y para el futuro.



Slurry/Microsurfacing Equipment • Polymer & Asphalt Rubber Equipment
Emultech® Emulsion Plants • Technology Transfer • Applications Training • Raw Materials

Asphalt Maintenance Solutions From One Source



VSS Macropaver®

Gran Producción de Slurry Seal o Microcarpeta

Dimensiones 12B

| | | |
|-------------------------|--------|-----------|
| Largo de La Unidad | 7.01 m | 23.0 pies |
| Ancho | 2.44 m | 8.0 pies |
| Altura sobre del chasis | 2.24 m | 7.3 pies |

Capacidades

| | | |
|-----------------------------|--------------------|----------------------|
| Capacidad agregado a nivel | 7.6 m ³ | 10 yd ³ |
| Capacidad agregado max. | 9.2 m ³ | 12 yd ³ |
| Capacidad emulsión | 3,200 litros | 850 gal |
| Capacidad agua | 3,200 litros | 850 gal |
| Tolva cemento | .34 m | 12 pies ³ |
| Capacidad aditivo | 470 litros | 125 gal |
| Tanque de aceite hidráulico | 490 litros | 130 gal |

Características

- Secuenciación de materiales con inicio/detención automático
- Sensor de apagado de acabado de agregado automático
- Tolva de cemento integrada con separador incorporado
- Sistema de auto carga con válvula de emulsión triple
- Sistema de carga de agua anti-sifón
- Bomba de emulsión con enchaquetada para agua caliente
- Contra eje de toma directa
- Sistema de alimentación de cemento de velocidad variable sincronizado con la producción de agregado
- Rociador para capa final y uniones de pavimento
- Vibrado de tolva hidráulico con amplitud variable
- Filtro tipo canasta para emulsión de limpieza rápida
- Contenedor lateral para desperdicio de mezcla
- Cambio de lateral de caja
- Control principal de inicio/detención de mezcla
- Elevación de caja distribuidora
- Desviador de canal de descarga (derecha/izquierda)

Sistema Hidráulico

3 bombas a pistón con presión y flujo compensados, de desplazamiento variable y circuito independiente

Rendimiento De Producción

| | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Tasa de producción mezcladora | 2.7 - 3.6 kg/min 3-4 ton/minuto |
|-------------------------------|------------------------------------|

Potencia

- John Deere diesel turbo cargado, 84 kW a 2200 rpm (115 hp) *
- Bombas triples, de desplazamiento variable, 397 litros/min (105 gpm)
- Bomba de emulsión - Enchaquetada y calentada con agua caliente 2" desplazamiento positivo, 227 litros/min (60 gpm)
- Bomba de agua - 454 litros/min (120 gpm)
- Bomba de aditivos - acero inoxidable, 57 litros/min (15 gpm)
- Mezcladora - Diseño tambor Magna de doble eje con 60 paletas removibles. Velocidad de mezcla variable, 225 rpm estándar

Opciones

- Controlador/monitor computarizado programable
- Sistemas de control y monitoreo de material aprobado por CALTRANS
- Control de velocidad del camión en plataforma de operador
- Sistema de bomba/tanque de aditivo de acero inoxidable
- Sistema de aire a trailer/enganche de trailer removible
- Lavadora de alto presión/carrete
- *Paquetes disponibles de generador alternativo de energía



ASSOCIATION OF
EQUIPMENT MANUFACTURERS

Aplican Patentes de E.E.U.U. e Internacionales
VSS se reserva el derecho a realizar cambios en
las especificaciones en cualquier momento comp
parte de nuestro de mejora continua de nuestros
productos. © 2010



a division of Reed International

P.O. Box 178 13024 Lake Rd
Hickman, CA 95323 USA
1-800-474-2357 209-874-2357
Fax 209-874-1174
www.slurry.com sales@slurry.com

VSS Microsurfacing Box[®]

Slurry Seal / Microsurfacing Equipment Attachments

■ El diseño y construcción avanzados del Microsurfacing Box (caja de micropavimento) para servicio pesado permiten a la Macropaver[®], Minimac[®], y otras máquinas aplicar una amplia gama de micropavimentos con calidad y coherencia.

■ Un deslizador (patín) interno le permite al operador ajustar la caja para conformar con las pasadas de aplicaciones anteriores. El material es aplicado en anchos de 2,44 m a 4,27 m (8 pies a 14 pies), y puede ajustarse en incrementos de 15,2 cm. El ajuste de la caja Minimac es de 1,83 m a 3,05 m en incrementos de 15,2 cm.

■ Un sistema secundario de enrasado patentado proporciona el material de mortero asfáltico con textura uniforme.

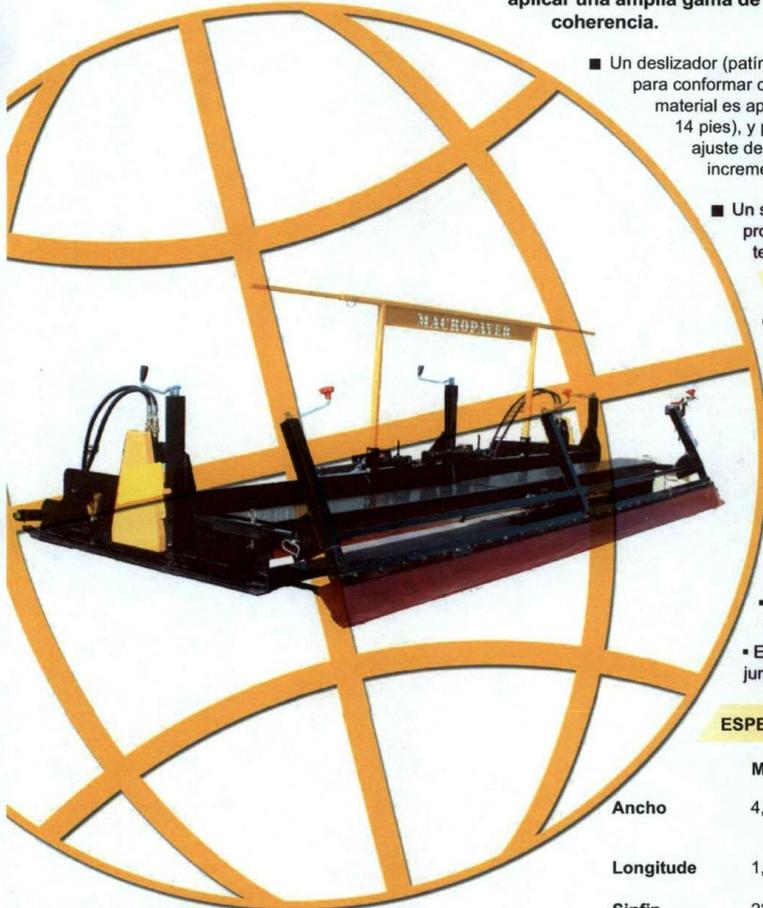
OTRAS CARACTERISTICAS

- Plataforma de movimiento telescópica
- Patines para servicio accionados hidráulicamente en las partes anterior y posterior de cada lado
- Escurredor de goma de uretano a través de toda la longitud
- Pleno ajuste de altura de enrasado variable derecho, izquierdo y central
- Control de corona central ajustable
- Diseño de colocación con 7,6 cm (3 pulg.) de despeje de bordes
- Barra de arrastre y de cambio lateral de conexión rápida
- Enrasador de borde ajustable para biselar las juntas ajustada derechas e izquierdas

ESPECIFICACIONES

| | Macropaver [®] | Minimac [®] |
|-------------|--|-------------------------------------|
| Ancho | 4,27 m (14 pies) | 3,05 m (10 pies) colocación máx. |
| Longitude | 1,83 m (6 pies) | 1,83 m (6 pies) |
| Sinfin | 22,9 cm (9 pulg.) tramo de cinta | 22,9 am (9 pulg.) tramo de cinta |
| Correderas | para servicio pesado, resistentes a la abrasión 1,83 m (6 pies) | |
| Enrasadores | acero y goma de uretano | |

Aplican Patentes de E.E.U.U. e Internacionales
VSS se reserva el derecho a realizar cambios en las especificaciones en cualquier momento comp parte de nuestro de mejora continua de nuestros productos. © 2008



a division of Reed International

P.O. Box 178 13024 Lake Rd
Hickman, CA 95323 USA
1-800-474-2357 209-874-2357
Fax 209-874-1174
www.slurry.com sales@slurry.com

**Slurry/Microsurfacing Equipment • Polymer & Asphalt Rubber Equipment
Emultech[®] Emulsion Plants • Technology Transfer • Applications Training • Raw Materials**

Asphalt Maintenance Solutions From One Source

