

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



**APLICACIÓN DEL MORTERO ASFÁLTICO
(SLURRY SEAL) EN EL MANTENIMIENTO DE
CALLES EN LA CIUDAD DE LIMA**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ALVARO GONZALO HUALPA CANO

Lima- Perú

2015

A mis padres, por el incondicional apoyo.

RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: EL MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	10
1.1 EL DETERIORO DE UN PAVIMENTO	10
1.2 TIPOS DE FALLAS	11
1.2.1 Fallas Estructurales	11
1.2.2 Fallas Funcionales	11
1.3 EL MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	12
1.3.1 El Mantenimiento Menor	13
1.3.2 El Mantenimiento Mayor	14
1.4 LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO.	15
1.5 EL MORTERO ASFÁLTICO COMO SOLUCIÓN AL MANTENIMIENTO MAYOR.	17
1.5.1 Los Tratamientos Superficiales	17
1.5.2 El Uso del Mortero Asfáltico como Tratamiento Superficial	18
CAPÍTULO II: EL MORTERO ASFÁLTICO	21
2.1 DEFINICIÓN DEL MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL)	21
2.2 COMPONENTES BÁSICOS	22
2.2.1 Emulsión Asfáltica	22
2.2.2 Agregados	25
2.2.3 Agua	26
2.2.4 Filler	26
2.3 EQUIPOS	27
CAPÍTULO III: DISEÑO Y APLICACIÓN DEL MORTERO ASFÁLTICO	29
3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS	29
3.2 ENSAYO DE MATERIALES	30
3.2.1 Ensayos para la emulsión asfáltica	30
3.2.2 Ensayos para los agregados	36

3.2.3	Ensayos para el agua	40
3.2.4	Ensayos para el filler	40
3.3	METODOLOGÍA DE DISEÑO	40
3.3.1	Determinación el % de emulsión teórico	41
3.3.2	Ensayos de Consistencia y de Cohesión	44
3.3.3	Ensayos Mecánicos (Abrasión y Adherencia de arena)	48
3.3.4	Contenido óptimo de emulsión y dosificación final.	54
3.4	METODOLOGÍA DE APLICACIÓN	57
3.4.1	Preparación de la superficie	58
3.4.2	Aplicación del mortero asfáltico	59
3.4.3	Aceptación del trabajo terminado	61
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MORTERO ASFÁLTICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALLE IGNACIO MERINO - LINCE		62
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO	62
4.2	EVALUACIÓN Y SOLUCIÓN DEL CASO ESTUDIADO	65
4.2.1	Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	66
4.2.2	Alternativa de solución: Mortero asfáltico	72
4.3	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	78
4.3.1	Pruebas y selección de materiales	79
4.3.2	Determinación del % teórico de emulsión (Duriez)	82
4.3.3	Ensayos de caracterización de la mezcla	83
4.3.3.1	Ensayo de Consistencia (ISSA TB-106)	83
4.3.3.2	Ensayo de Cohesión (ISSA TB-139)	84
4.3.4	Ensayos de diseño de mezcla	85
4.3.4.1	Ensayo de desgaste por abrasión WTAT (ISSA TB – 100)	85
4.3.4.2	Ensayo de adherencia de arena – Rueda cargada LWT (ISSA TB 109)	86
4.3.5	Cálculo del % óptimo de emulsión (ISSA TB-111)	87
4.3.6	Dosificación del diseño final	88
4.3.7	Plan programado de mantenimiento vial	89
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		91
5.1	CONCLUSIONES	91
5.2	RECOMENDACIONES	92

BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	96
ANEXO 1: LEVANTAMIENTO DE DAÑOS PCI: CALLE IGNACIO MERINO	97
ANEXO 2: PROCEDIMIENTO MANUAL DE CÁLCULO PCI AASHTO D 6433 – 07	99
ANEXO 3: ENSAYOS Y DISEÑO LABORATORIOS BITUPER SAC. CALLE IGNACIO MERINO	122
ANEXO 4: ANALISIS DE COSTOS MORTERO ASFALTICO: CALLE IGNACIO MERINO	128

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia describe el uso, aplicación y diseño del mortero asfáltico como solución al mantenimiento de pavimentos urbanos de bajo tránsito.

En el Capítulo I se describe que es el mantenimiento de vías y se sustenta la necesidad de aplicar políticas de mantenimiento a los pavimentos aplicando tecnologías que hagan más eficiente la utilización de los recursos económicos destinados para este fin. Se hace especial énfasis en el uso del mortero asfáltico como un tratamiento superficial aplicable para el mantenimiento de pavimentos.

En el Capítulo II se hace una descripción detallada del mortero asfáltico, las ventajas de su utilización y las características de sus componentes esenciales y lo equipos e aplicación.

En el Capítulo III se detalla paso por paso los procedimientos a seguir para conseguir la fórmula de trabajo del mortero asfáltico y su metodología de colocación, para esto nos apoyaremos básicamente en la Guía ISSA 2010 (International Slurry Surfacing Association)

En el Capítulo IV se abordará ejemplo de un caso concreto para lo cual se tomará un calle de Lima cuyo mantenimiento será propuesto utilizando mortero asfáltico. Para esto se realizará una descripción del diseño fue elaborado en colaboración con la empresa Bitúmenes del Perú SAC (BITUPER SAC). Luego de obtenida la fórmula de diseño y dosificación final se procederá a enumerar las ventajas y desventajas de esta solución y se culminará el capítulo describiendo la importancia del mantenimiento programado de vías urbanas.

Finalmente en el Capítulo V se exponen las conclusiones a las que se llegó así como ciertas recomendaciones en base lo investigado.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1	Tipos de falla en los pavimentos asfálticos.
Cuadro 1.2	Tipos de mantenimiento.
Cuadro 1.3	Tipos de Tratamientos Superficiales.
Cuadro 2.1	Tipos de mortero asfáltico según su uso.
Cuadro 2.2	Temperatura de almacenamiento emulsión asfáltica.
Cuadro 2.3	Granulometría de los agregados según el tipo.
Cuadro 3.1	Ensayos requeridos para la emulsión asfáltica ISSA 2010.
Cuadro 3.2	Ensayos requeridos para los agregados ISSA.
Cuadro 3.3	Especificaciones técnicas para emulsiones asfálticas.
Cuadro 3.4	Especificaciones técnicas para el agregado.
Cuadro 3.5	Factores de área ISSA.
Cuadro 3.6	Espesor mínimo según el tipo de mortero asfáltico ISSA.
Cuadro 4.1	Características de la vía en estudio.
Cuadro 4.2	Longitud de Unidad de Muestra según ancho de calzada.
Cuadro 4.3	Formato de levantamiento de daños PCI.
Cuadro 4.4	Tipos de fallas y unidades de levantamiento.
Cuadro 4.5	Resultados PCI para todos las unidades de muestra – Calle Ignacio Merino.
Cuadro 4.6	Características de la vía según Índice PCI.
Cuadro 4.7	Acciones según el tipo de falla.
Cuadro 4.8	Mantenimiento/Rehabilitación vs Índice PCI.
Cuadro 4.9	Mantenimiento/Rehabilitación vs Índice PCI (2).
Cuadro 4.10	Trabajos de mantenimiento propuestos.
Cuadro 4.11	Tipo de mortero asfáltico en función al uso.
Cuadro 4.12	Granulometría del agregado.
Cuadro 4.13	Resultados de ensayos al agregado.
Cuadro 4.14	Requerimientos mínimos del agregado (EG-2013).
Cuadro 4.15	Muestras a ensayar.
Cuadro 4.16	Muestras para el ensayo de Abrasión.
Cuadro 4.17	Límite máximo de pérdida por abrasión (ISSA).
Cuadro 4.18	Muestras para el ensayo de Adherencia.
Cuadro 4.19	Límite máximo de adherencia de arena (ISSA).
Cuadro 4.20	Dosificación del mortero asfáltico ensayado.

Cuadro 4.21 Diseño final de mortero asfáltico ensayado.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 Histograma de rendimiento de pavimentos (vida útil 10 años).
- Figura 1.2 Pavimento mantenido vs Pavimento sin mantener
- Figura 1.3 El Mortero asfáltico para el mantenimiento mayor del tipo efectivo
- Figura 1.4 Aplicación del Mortero asfáltico en una avenida
- Figura 2.1 Consistencia viscosa de la emulsión asfáltica
- Figura 2.2 Emulsión asfáltica vista desde un Microscopio
- Figura 2.3. Camión micro- pavimentador clásico
- Figura 2.4 Funcionamiento del camión micropavimentador
- Figura 3.1 Metodología de diseño y aplicación del mortero asfáltico (ISSA 2010)
- Figura 3.2 Ensayo de Viscosidad Saybolt - Furol
- Figura 3.3 Carga de Partículas
- Figura 3.4 Ensayo de destilación
- Figura 3.5 Ensayo de adherencia.
- Figura 3.6 Curva de % de asfalto residual (Duriez)
- Figura 3.7 Ensayo de Consistencia ISSA
- Figura 3.8 Escala de medición del ensayo de consistencia ISSA
- Figura 3.9 Lectura de Consistencia del ensayo de consistencia
- Figura 3.10 Límites recomendados Ensayo de Consistencia ISSA
- Figura 3.11 Límites para el Ensayo de Cohesión ISSA
- Figura 3.12 Clasificación del Mortero Asfáltico según tiempo de rotura y curado
- Figura 3.13 Muestra seca del ensayo WTAT (ISSA)
- Figura 3.14 Muestra sumergida Ensayo WTAT (ISSA)
- Figura 3.15 Muestra bajo ensayo de Abrasión WTAT (ISSA)
- Figura 3.16 Muestra pesada Ensayo WTAT (ISSA)
- Figura 3.17 Gráfico resultante ensayo WTAT (ISSA)
- Figura 3.18 Muestras preparadas Ensayo LWT (ISSA)
- Figura 3.19 Muestra colocada en la máquina Ensayo LWT (ISSA)
- Figura 3.20 Aplicación de arena Ensayo LWT (ISSA)
- Figura 3.21 Muestras al término del ensayo LWT (ISSA)
- Figura 3.22 Gráfica resultante del ensayo LWT (ISSA)
- Figura 3.23 Límite máximo de pérdida por abrasión (ISSA)

- Figura 3.24 Límite máximo de adherencia de arena (ISSA)
- Figura 3.25 Gráficas de Abrasión y Adherencia de arena superpuestas (ISSA)
- Figura 3.26 Determinación de los límites máximo y mínimo de emulsión (ISSA)
- Figura 3.27 Guía de dosificación de mezcla de mortero asfáltico (ISSA)
- Figura 3.28 Tratamiento de Fisuras
- Figura 3.29 Bacheo en frío
- Figura 3.30 Esparcido uniforme del mortero asfáltico
- Figura 4.1 Ubicación del caso estudiado.
- Figura 4.2 Vista actual del caso estudiado.
- Figura 4.3 Grietas de bloque nivel medio.
- Figura 4.4 Fisuramiento nivel moderado.
- Figura 4.5 Grietas de borde nivel medio.
- Figura 4.6 Bacheo nivel medio.
- Figura 4.7 Levantamiento en campo de daños. Método PCI. (foto referencial)
- Figura 4.8 Índice PCI y Escala de Graduación
- Figura 4.9 Resultados PCI para la Unidad de Muestra N° 16.
- Figura 4.10 Curva Condición del pavimento - Tiempo
- Figura 4.11 Metodología de diseño de la solución propuesta
- Figura 4.12 Huso granulométrico Tipo II del agregado
- Figura 4.13 Especificaciones técnicas de la emulsión asfáltica
- Figura 4.14 Resultados de los ensayos de consistencia
- Figura 4.15 Resultados del ensayo de cohesión
- Figura 4.16 Resultados del Ensayo de Abrasión WTAT (ISSA)
- Figura 4.17 Resultados del Ensayo de Abrasión WTAT (ISSA)
- Figura 4.18 Superposición de las curvas de abrasión y adherencia de arena (ISSA)

INTRODUCCIÓN

La demanda de una infraestructura vial conservada y eficiente es una necesidad que hace que el mantenimiento de las vías urbanas de la ciudad sea actualmente una prioridad para las entidades a cargo. En ese sentido es necesario hacer énfasis en el mantenimiento preventivo y/o correctivo de vías asfaltadas.

Debido a la trascendencia de las diversas técnicas de mantenimiento vial aplicadas en el mundo, y de los buenos resultados que se han obtenido al utilizarlas, se considera importante que en nuestro país se inicie con la revisión e implementación de planes de mantenimiento vial programado el cual resulta más eficiente, económico y adecuado a nuestra realidad.

El mortero asfáltico (slurry seal) es una de las técnicas de mantenimiento que se ha utilizado ampliamente en otros partes del mundo, pues es una solución que permite alargar la vida útil de un pavimento a un costo más bajo, lo cual implica una mayor eficiencia en la inversión de fondos para la manutención de vías. Esta alternativa se utiliza en superficies de rodadura que no tienen un nivel muy avanzado de deterioro como fatiga o deformación permanente.

En el Perú actualmente este sistema no ha tenido aún la acogida que por su características le correspondería sobre todo en el ámbito urbano, por lo tanto, es necesario trabajar en el fomento de este tipo de soluciones así como normalizar su uso, ensayos, diseño y aplicación del mortero asfáltico y así establecer la forma en la que se deben aplicar este tipo de técnicas.

La implementación de nuevas tecnologías siempre sugiere un cambio en la forma en la que se plantean y se llevan a cabo las obras de pavimentación, por esta razón este informe trata dentro de sus alcances de sumar en el fomento de este tipo de soluciones con el fin de convertir al mortero asfáltico en la solución conveniente para el mantenimiento de pavimentos urbanos.

CAPÍTULO I

EL MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Al momento de analizar el comportamiento de un pavimento asfáltico o flexible es necesario entender diversos conceptos relacionados a la naturaleza de la estructura en sí y de los materiales que la componen. Es importante tener presente que la estructura de un pavimento sufrirá, con el tiempo, daño y deterioro aún cuando este sea adecuadamente diseñado y construido de acuerdo con todas las especificaciones y normas de calidad. El asfalto por su parte posee una naturaleza y comportamiento variables que van en función la presencia de diversos factores, tales como el tipo de carga que soporta, el clima, la radiación, el gradiente térmico, la contaminación, etc.

Los pavimentos son probablemente la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un periodo específico de tiempo y es ahí donde radica la importancia del mantenimiento al valerse esta de diversas técnicas y métodos para que el pavimento cumpla o incluso alargue su tiempo de vida útil manteniendo una condición estructural y de servicio óptima.

1.1 EL DETERIORO DE UN PAVIMENTO

Los pavimentos se proyectan, diseñan y construyen para prestar servicio en condiciones adecuadas y para un determinado número de años, lo cual se conoce como vida útil del pavimento. Es a lo largo de esta vida útil que el pavimento puede quedar parcial o totalmente fuera de servicio si se presentan solicitaciones destructivas y no son tratadas oportunamente.

Es sabido que el tráfico y las cargas que conllevan pueden causar daños superficiales o estructurales al pavimento. El medio ambiente también es un factor incidente de daño, el gradiente término puede producir expansión y contracción no previstas en el diseño del pavimento, con el consiguiente fisuramiento de la capa de rodadura. Así también el agua de las precipitaciones pluviales si es que no se drena adecuadamente puede debilitar la estructura y llevarla a la falla estructural prematura.

Se concluye entonces que el deterioro de un pavimento varía sustancialmente en función de la interacción de varios parámetros, que adicionalmente controlan el grado de deterioro, estos parámetros suelen ser:

- a. La estructura del pavimento.
- b. El volumen de tráfico y el tipo de cargas.
- c. Geometría del proyecto
- d. Factores climatológicos
- e. Políticas de construcción y mantenimiento.

1.2 TIPOS DE FALLAS

Antes de clasificarlas, es importante precisar que una falla en general es la condición que presenta un pavimento cuando pierde las condiciones de servicio para las que fue diseñado. Así, se debe indicar que si bien existen varias formas de clasificar las fallas en un pavimento, para los objetivos del presente informe podemos dividirlos en dos tipos: estructurales y funcionales.

1.2.1 FALLAS ESTRUCTURALES

La falla estructural es el daño que está asociado a la capacidad de carga del pavimento, repercutiendo negativamente sobre su comportamiento estructural. Normalmente en su etapa más avanzada provoca la obstrucción generalizada del pavimento.

La solución a este tipo de falla pasa por la aplicación de reparaciones profundas que comprometan no solamente la capa de rodadura sino también la base, la sub-base y eventualmente el suelo de fundación. En casos avanzados es necesaria una rehabilitación total del pavimento.

1.2.2 FALLAS FUNCIONALES

La falla funcional generalmente es definida como la incapacidad del pavimento para proveer una superficie que permita un rodaje confortable, seguro y económico de los vehículos. A diferencia de la falla estructural la falla funcional se encuentra directamente ligada a la condición en la que se encuentre la capa de rodadura, en este caso la carpeta asfáltica.

La alternativa de solución a este tipo de falla es el mantenimiento, el cual consiste en el uso de soluciones superficiales que en términos generales no comprometen toda la estructura del pavimento pero que elevan el nivel de confort y seguridad de los vehículos y reducen el deterioro de la vía, así tenemos los por ejemplo los tratamientos superficiales y los sellos.

Tabla 1.1 – Tipos de falla en los pavimentos asfálticos

TIPO DE FALLA	CONSECUENCIA	NIVEL DE DAÑO	FORMA DE MEDICIÓN
Estructural	Disminución de la capacidad de carga.	Integral: Capa de Rodadura, Base, Sub-Base, Cimiento.	Evaluación estructural del pavimento.
Funcional	Disminución del confort y seguridad de los vehículos.	Superficial: Capa de Rodadura	Evaluación de servicio del pavimento.

Fuente: Elaboración propia.

1.3 EL MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

El mantenimiento en una de sus acepciones más aceptadas es el conjunto de actividades realizadas con la finalidad de mantener el pavimento lo más cercano posible a su estado o condición original de tal forma que se comporte correctamente durante toda su vida útil de diseño. Este conjunto de actividades están supeditadas a diversos factores tales como la condición del pavimento, al tipo de fallas, cuándo se realiza el mantenimiento, etc.

El mantenimiento no solo preserva la superficie del pavimento, sino que también previene el desgaste acelerado y protege la estructura. No debe considerarse como un recurso temporario, sino como una inversión a largo plazo en la estructura del pavimento y una garantía contra una renovación costosa del mismo.

Tipos de Mantenimiento: En general las actividades de mantenimiento de pavimentos se agrupan en dos categorías Preventivo y Correctivo, sin embargo para efectos del presente informe se ha utilizado para los capítulos posteriores la clasificación propuesta por Jugo (2005) en el Manual de

Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles, la cual establece una equivalencia práctica en relación a la clasificación convencional y divide al Mantenimiento en mantenimiento menor y mantenimiento mayor. (Tabla 1.2)

Tabla 1.2 – Tipos de Mantenimiento

TIPO DE MANTENIMIENTO	ALCANCE	CARACTERÍSTICAS
MENOR (O PREVENTIVO)	Localizado (puntual)	Se aplica en fallas localizadas para controlar el deterioro.
MAYOR (EFECTIVO – CORRECTIVO)	Toda el área.	Se aplica sobre toda la extensión de la superficie deteriorada para recuperar la condición original del pavimento. Puede incluir actividades de bacheo previas.

Fuente: Elaboración propia.

El mantenimiento menor incluye aquellas actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su grado de deterioro. Por su parte el mantenimiento mayor consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas profundas del pavimento y elevar la condición de toda el área del pavimento deteriorado.

Resulta crucial identificar el tipo problema en el momento oportuno y la solución adecuada por lo cual es importante que el especialista a cargo maneje los conceptos y el criterio necesario para discernir entre el tipo de mantenimiento a requerir o si en todo caso no se requiere un mantenimiento sino una solución de mayor incidencia económica (rehabilitación, reconstrucción).

1.3.1 EL MANTENIMIENTO MENOR

También conocido como mantenimiento rutinario o mantenimiento preventivo. Es el tipo de mantenimiento que se lleva a cabo de forma planificada y programada, a fin de prever y corregir a tiempo las fallas que pudieran causar daños mayores.

El mantenimiento menor de los pavimentos debe realizarse forma rutinaria en base a un plan establecido. El propósito es prever

desperfectos y corregirlos para mantener el pavimento en óptimas condiciones.

Un programa de mantenimiento menor embellece y protege el pavimento por una fracción del costo del recapado con asfalto nuevo, permite también detectar fallos repetitivos, aumentar la vida del pavimento asfáltico y disminuir costos de reparaciones

Entre las actividades propias del mantenimiento menor o preventivo están:

- Sellado de fisuras
- Sellado de grietas en la carpeta superficial
- Bacheo
- Sello asfáltico localizado
- Nivelación localizada

1.3.2 EL MANTENIMIENTO MAYOR

También conocido como mantenimiento periódico o mantenimiento efectivo/correctivo. Se realiza siempre después que ocurre la falla. Es aplicable a vías o secciones sustanciales de ella para el mejoramiento sustancial de la condición del pavimento. Un mantenimiento mayor incluye actividades que se aplican a toda el área del tramo a mantener, estas actividades pueden estar precedidas por acciones preparatorias de mantenimiento menor.

Su aplicación resulta necesaria cuando el nivel de servicio de una vía está por debajo del mínimo aceptable desde el punto de vista funcional o presenta una amenaza importante a su condición estructural, de esta forma se corrige integralmente el problema.

Si la condición del pavimento alcanza un alto grado de deterioro, las acciones de mantenimiento menor se hacen más reiterativas y costosas así como poco efectivas, difícilmente pueden mejorar la condición integral de la vía y solo logra mantenerla en una condición deficiente a un altísimo costo. Estos dos aspectos, tanto el nivel de calidad; como el costo del mantenimiento menor son indicadores de

falla y de que el pavimento requiere acciones de mantenimiento mayor.

Entre los tipos de mantenimiento mayor tenemos:

- Los Tratamientos Superficiales
- Capas asfálticas
- Reciclado

1.4 LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO.

Detectar a tiempo y reparar los defectos menores es el trabajo más importante realizado en el mantenimiento de un pavimento. Las fisuras y otras fallas superficiales, las cuales en los primeros estados son casi imperceptibles, pueden convertirse en serios defectos si no son reparadas rápidamente.

Después de detectar las fallas se debe hacer una investigación detallada para determinar qué clase de reparación necesitan. Estas reparaciones deben realizarse tan pronto como sea posible, esto permitirá entre otras cosas mantener el pavimento en condiciones de serviciabilidad altas y a un costo reducido. El histograma de la figura 1.1 grafica el rendimiento de un pavimento típico a lo largo de su vida útil considerada de 10 años.

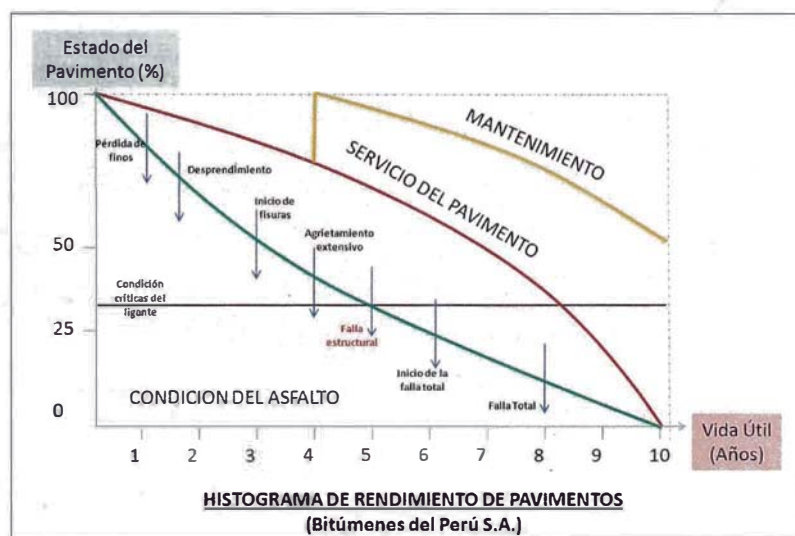


Figura 1.1 - Histograma de rendimiento de pavimentos (vida útil 10 años).

Como se aprecia en el gráfico existe un estado del pavimento a lo largo de su vida útil en donde generalmente aún conserva gran parte de su estructura original y acciones de mantenimiento menor y mayor son altamente recomendables desde el punto de vista económico por las siguientes razones:

- a) Se requiere poca acción preparatoria (bacheos, sellados de fisuras, etc)
- b) Un pequeño aporte estructural (superficie de rodadura) alarga considerablemente la vida del pavimento.
- c) Rara vez se requieren capas de nivelación.
- d) Los espesores de refuerzo – de requerirse – son reducidos.
- e) Los costos son considerablemente menores frente a una rehabilitación total.

Es por esto que se considera importante identificar los pavimentos que necesitan reconstrucción, los que requieren rehabilitación y los que deben recibir mantenimiento correctivo. En general las dos primeras categorías son de alto costo, mientras la tercera es de bajo costo.

La evolución del estado físico de las carreteras y vías urbanas debe ser monitoreada constantemente, para lograr tener indicadores que permitan la clasificación del estado de la red vial y poder realizar el mantenimiento adecuado al pavimento.

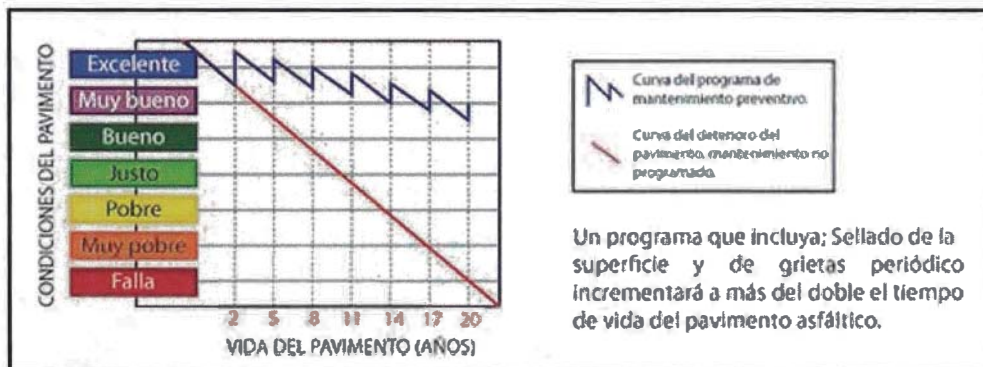


Figura 1.2 – Pavimento mantenido vs Pavimento sin mantener

En definitiva se hace prioritario que las entidades a cargo del mantenimiento de vías implementen un Programa de Mantenimiento Vial de tal manera que se cuente con una política de trabajo menor/mayor que permita adelantarse al problema y/o corregirlo a tiempo, identificado los riesgos de falla en las

vías y actuado a tiempo para evitar un deterioro mayor de una falla existente, esto en beneficio de la población que hace uso del pavimento y a favor de la economía de la ciudad ya que cada sol invertido en mantenimiento menor/mayor genera un ahorro de varios soles eventualmente invertidos rehabilitaciones o reconstrucciones del pavimento

1.5 EL MORTERO ASFÁLTICO COMO SOLUCIÓN AL MANTENIMIENTO MAYOR.

Dadas las condiciones anteriormente descritas se hace necesario el empleo de soluciones al mantenimiento de las vías urbanas que sean eficientes y acordes a nuestra realidad y que cumplan con el objetivo de economizar recursos y costos de transporte.

1.5.1 LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Los tratamientos superficiales constituyen una aplicación económica de una capa de asfalto-agregado, usualmente de menos de 1" de espesor sobre una base estable. Tienen como característica su sencilla colocación y buena duración. Existen de diversos tipos, los principales se pueden clasificar de la siguiente forma:

Tabla 1.4 – Tipos de Tratamientos Superficiales

TIPO	CLASE	Usos
RIEGOS (Sin agregados)	- En negro	Solución provisional que rejuvenece superficialmente la estructura y mejora su impermeabilidad
	- Antipolvo	Impide la generación de polvo ocasionada por el paso de vehículos
	- De imprimación	Capa previa sobre la Base y la Mezcla asfáltica para que estos trabajen de forma solidaria.
	- De adherencia	Se aplica en medio de dos capas bituminosas para que estas consigan una unión más íntima
	- De curado	Impide la pérdida prematura de humedad en capas bituminosas.

TIPO	CLASE	USOS
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES (Con agregados)	- Monocapa TSM	Una aplicación única de ligante seguida de una sola aplicación de agregados.
	- Bicapa TSB	Dos aplicaciones de ligante y agregados diferenciados en tamaño.
	- Monocapa Doble	Una aplicación de ligante seguido de dos aplicaciones de agregados.
	- Tipo Sándwich	Una capa de agregado grueso, más una capa de ligante y finalmente agregado fino.
MORTERO ASFÁLTICO (Slurry Seal)	Empleada para el mantenimiento de pavimentos donde no es tolerable el agregado suelto. Sella, protege, impermeabiliza, llena depresiones menores y provee una superficie confortable al paso de vehículos y fácil de barrer.	

Fuente: Elaboración propia.

Todos los tratamientos superficiales sellan y agregan años de servicio a la superficie de un pavimento, pero cada uno de ellos tiene uno o más propósitos especiales.

Un tratamiento superficial no es en sí mismo un pavimento, sino una técnica de mantenimiento económicamente efectiva para prolongar la vida del servicio del pavimento. Resiste la abrasión del tráfico y provee la impermeabilización para la estructura inferior. Así también se sabe que un tratamiento superficial otorga poca resistencia estructural y es por eso que normalmente no se le toma en cuenta al momento de determinar la capacidad portante de un pavimento.

En el presente informe nos abocaremos solamente al uso del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) como solución al mantenimiento mayor efectivo de los pavimentos asfálticos.

1.5.2 EL USO DE MORTERO ASFÁLTICO COMO TRATAMIENTO SUPERFICIAL.

Para el caso de fallas funcionales en donde la solución implica un mantenimiento, dadas las condiciones necesarias se puede optar por un mantenimiento mayor el cual puede un tratamiento superficial. Es aquí donde el uso de mortero asfáltico se posiciona como un

tratamiento superficial capaz de proporcionar los siguientes beneficios:

- a) Proteger al pavimento al desgaste acelerado producto del intemperismo, reduciendo la frecuencia de mantenimientos menores.
- b) Devolver al pavimento las condiciones de serviciabilidad para las que se ha diseñado.
- c) Ayudar al pavimento a llegar a su vida útil en buenas condiciones y eventualmente alargar la vida útil.
- d) Todos los beneficios anteriores conseguidos a un considerable bajo costo.

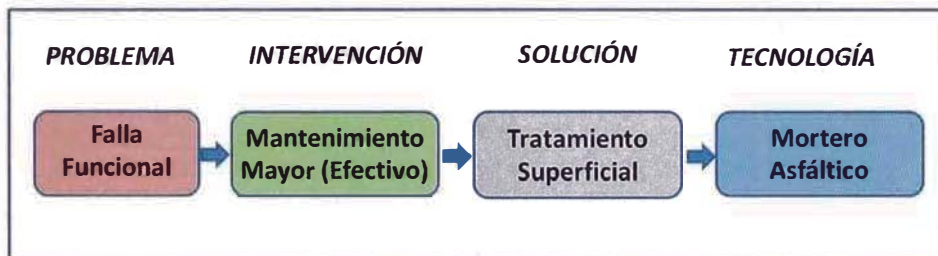


Figura 1.3 – El Mortero asfáltico para el mantenimiento mayor del tipo efectivo

Cabe resaltar que como cualquier otro tratamiento superficial, el mortero asfáltico no se diseña para corregir pavimentos estructuralmente deficientes por lo que su rango de uso se ciñe solo al mantenimiento de vías con fallas funcionales.



Figura 1.4 – Aplicación del Mortero asfáltico en una avenida

Para finalizar el capítulo, se reitera que el uso del mortero asfáltico sería una solución a tomar en cuenta para el mantenimiento mayor debido a que su formulación es práctica y económica y su aplicación es conveniente para pavimentos que no estén sometidos a cargas pesadas ni intemperismo extremo. En ese sentido se concluye que diversas calles y avenidas de la ciudad de Lima prestan las condiciones para este tipo de aplicaciones en el marco de un mantenimiento programado de implementación prioritaria.

Se resalta lo anterior dicho ya que si bien los costos de las nuevas tecnologías aplicadas en nuestro entorno pueden ser mayores en su etapa inicial por el tema de implementación, se debe también evaluar la relación costo-beneficio que implica la utilización de las mismas, al extenderse considerablemente los períodos de vida útil de nuestras vías.

CAPÍTULO II

EL MORTERO ASFÁLTICO

2.1 DEFINICIÓN DEL MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL)

Se define al mortero asfáltico como la mezcla compuesta por emulsión asfáltica, agregados pétreos con granulometría definida, filler, agua y en ciertos casos aditivos, todo esto proporcionalmente mezclado de acuerdo al diseño de mezcla definido por una Fórmula de Trabajo. Esta mezcla aplicada como superficie de rodadura sobre los pavimentos es producida, esparcida y uniformemente distribuida por una maquina especialmente diseñada para este propósito.

Alcance y Normatividad

El mortero asfáltico es conocido mundialmente como Slurry Seal, fue definido así alrededor de los años 1960 por el Sr. Raymond Young quien fue el inventor de la máquina de aplicación continua de esta tecnología.

En la actualidad la reglamentación que aprueba y norma el uso del mortero asfáltico es la siguiente:

- Norma ISSA A105 (International Slurry Surfacing Association)
- Norma ASTM D3910
- Norma EG-2013 Sección N°420 (para el Perú)

Así también existe diversa bibliografía y normativa que desarrolla el tema a profundidad y brinda pautas para su uso, fabricación y aplicación.

Características:

- Mezcla en frío
- Colocación in Situ.
- Pronta apertura al Tráfico
- Alta fricción
- Bajo en ruido
- Durable

Ventajas del mortero asfáltico:

- Se pueden utilizar casi con cualquier tipo de áridos, al poderse diseñar una emulsión específica para cada uno de ellos, lo cual no se puede realizar con otros asfaltos.
- No requieren de calentamiento para su aplicación ni almacenaje.
- Pueden mezclarse in situ y colocarse mecánica o manualmente, aun sobre superficies húmedas.
- Los áridos húmedos no necesitan secarse para lograr adherencia al ligante.
- Las mezclas preparadas pueden almacenarse por largos períodos de tiempo.
- No presentan riesgos de incendio, toxicidad ni quemaduras para el personal.

Tipos de Mortero Asfáltico

Los tipos de mortero asfáltico en función a su uso se dividen de la siguiente forma:

Tabla 2.1 – Tipos de mortero asfáltico según su uso

	TIPO I	TIPO II	TIPO II
USOS	Para penetración de grietas y sello sobre áreas de tráfico bajo.	Para corregir desintegración severa, oxidación, resistencia al deslizamiento sobre áreas de tráfico moderado a pesado	Se usa para corregir condiciones superficiales severas, tráfico pesado y resistencia al deslizamiento

Fuente: ISSA A 105

2.2 COMPONENTES BÁSICOS

2.2.1 EMULSIÓN ASFÁLTICA

Las emulsiones asfálticas son la dispersión de pequeñas micro-partículas de asfalto dentro un matriz acuosa. Las emulsiones típicamente contienen entre un 40 - 75% de contenido de asfalto, son líquidos de consistencia viscosa que van desde lechosas hasta espesas. El tamaño de un partícula esta en un rango desde 0.01 a 20 micrones de diámetro.



Figura 2.1 - Consistencia viscosa de la emulsión asfáltica

Rotura de la emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica al ponerse en contacto con el material pétreo produce un desequilibrio que ocasiona su rotura, llevando las partículas del asfalto a adherirse a la superficie del material pétreo, que pueden ser utilizados en riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto y tratamientos superficiales como los morteros asfálticos.

Emulsiones asfálticas catiónicas

Las emulsiones asfálticas catiónicas son las más utilizadas para los trabajos en pavimentos.

Gran parte de los agregados están cargados negativamente, las emulsiones catiónicas por tener carga positiva en las partículas de asfalto, asegura una gran afinidad árido-ligante. Las emulsiones catiónicas por su naturaleza de fraguar químicamente tienen la ventaja de un curado rápido.

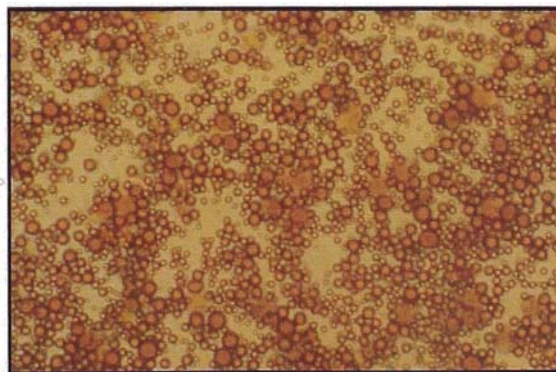


Figura 2.2 - Emulsión asfáltica vista desde un Microscopio

Clasificación de las emulsiones asfálticas

Por su velocidad de rotura se clasifican en:

Rotura Rápida (CRS). Emulsión reactiva, rompe rápidamente aún con agregados no reactivos (sellados, riego liga, etc.)

Rotura Media (CMS). Están diseñadas para mezclarse con agregados gruesos y no rompen inmediatamente al entrar en contacto con el árido. Se utilizan en mezclas que permanecen trabajables por algunos minutos, las cuales deben realizarse en plantas, ya sean móviles o fijas. Los grados CRM poseen altas viscosidades para prevenir escurrimientos.

Rotura Lenta (CSS). Emulsión de mediana reactividad la cual puede ser mezclada con agregados de granulometría abierta con bajo contenido de finos (mezcla fría en planta o "in situ", mortero asfáltico, tratamiento de fisuras, etc.)

Rotura Controlada (CQS). Emulsión de alta reactividad la cual puede ser mezclada con agregados reactivos y es ideal para micro pavimentos con apertura rápida de tráfico.

Vehículo de Transporte de la emulsión asfáltica

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de mezcla o de colocación se realizará a granel, en camión cisterna que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. El vehículo estará dotado de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. (EG-2013, Sección 427)

Almacenamiento de la emulsión asfáltica

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica, antes de su uso, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales deberán encontrarse en posiciones diametralmente opuestas. (EG-2013, Sección 427). Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento.

La EG-2013 (Sección 427) nos recomienda las siguientes temperaturas de almacenamiento de la emulsión asfáltica:

Tabla 2.2 - Temperatura de almacenamiento emulsión asfáltica

Grado	Temperatura (°C)	
	Mínimo	Máximo
CRS-1, CRS-2, HFRS-2	50	85
CSS-1, CSS-1h	10	60
CMS-2, CMS-2h	50	85

Nota: RS, rotura rápida; CRS, catiónica de rotura rápida; SS, rotura lenta; CSS, catiónica de rotura lenta; CMS, catiónica de rotura media.

Fuente: EG-2013

2.2.2 AGREGADOS

Los agregados (excluyendo los finos minerales) constituyen entre el 82 y el 90 % del peso del mortero asfáltico, estos deben estar triturados de preferencia, deben estar limpios, duros y libres de químicos, arcillas y otras materias que puedan afectar su adherencia mezclado y colocación.

Granulometría de los agregados

La granulometría del agregado varía en función al uso que se le dé al mortero asfáltico, así tenemos.

Tabla 2.3 - Granulometría de los agregados según el tipo.

Tipo	I	II	III
Tamaño del tamiz	% Pasa	% Pasa	% Pasa
3/8" (9,50 mm)	100	100	100
Nº. 4 (4,75 mm)	100	90-100	70-90
Nº. 8 (2,36 mm)	90-100	65-90	45-70
Nº. 16 (1,18 mm)	65-90	45-70	28-50
Nº. 30 (0,60 µm)	40-60	30-50	19-34
Nº. 50 (0,30 µm)	25-42	18-30	12-25
Nº. 100 (0,15 µm)	15-30	10-21	7-18
Nº. 200 (0,075 µm)	10-20	5-15	5-15

Fuente: ISSA A 105

La gradación por utilizar estará indicada en el diseño (fórmulas de trabajo) y dependerá del estado de la superficie y la función que vaya a cumplir el mortero.

Si la fórmula de trabajo exige la mezcla de dos o más agregados para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la tabla deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos.

La arena de procedencia deberá proceder de preferencia de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales. La proporción de arena natural no podrá exceder del 25% de la masa total del agregado combinado.

2.2.3 AGUA

El agua a utilizar deberá estar limpia y libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

2.2.4 FILLER

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia a la combinación agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, que deberá cumplir la norma AASHTO M-303.

El relleno mineral es usado en el mortero para mejorar la gradación del agregado, y principalmente para proporcionar a la superficie de rodadura la alta resistencia al desgaste. Se usan entre 0.5 al 2 % en peso respecto al agregado seco. Los filler más usados son el cemento portland tipo I y la cal hidratada, también el polvillo proveniente de la trituración de agregados puede usarse siempre que cumpla con las especificaciones requeridas.

2.3 EQUIPO

El equipo comúnmente utilizado para esparcir el mortero asfáltico es el camión micropavimentador.

Camión micropavimentador.

Es el equipo principal para la aplicación del mortero asfáltico, efectúa las tareas de transporte de materiales, mezclado y esparcido de la mezcla



Figura 2.3.- Camión micro- pavimentador clásico.

El equipo incluye elementos para la explotación y elaboración de agregados pétreos; una mezcladora móvil para la fabricación y extensión del mortero; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión del mortero.

El camión micropavimentador es básicamente un mezcladora de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llenante, el agua, la emulsión y los aditivos que requiera el mortero; tendrá, además, un mezclador y una capa repartidora provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación del mortero. La rastra deberá llevar en su interior un dispositivo que reparta uniformemente el mortero asfáltico sobre el pavimento al avanzar la mezcladora.

Funcionamiento del Camión Micro – Pavimentador

La máquina es una unidad independiente de flujo continuo, cuenta con un sistema de agregados compuesto por una tolva, sistema de alimentación, sistema de emulsión con tanque y bomba de desplazamiento, Sistema de agua, Sistema de alimentador de finos (filler) y sistema de mezclado continuo para finalmente esparcir la mezcla con una esparcidora equipada con gusanos sinfín para distribuir el material de manera uniforme a todo lo ancho

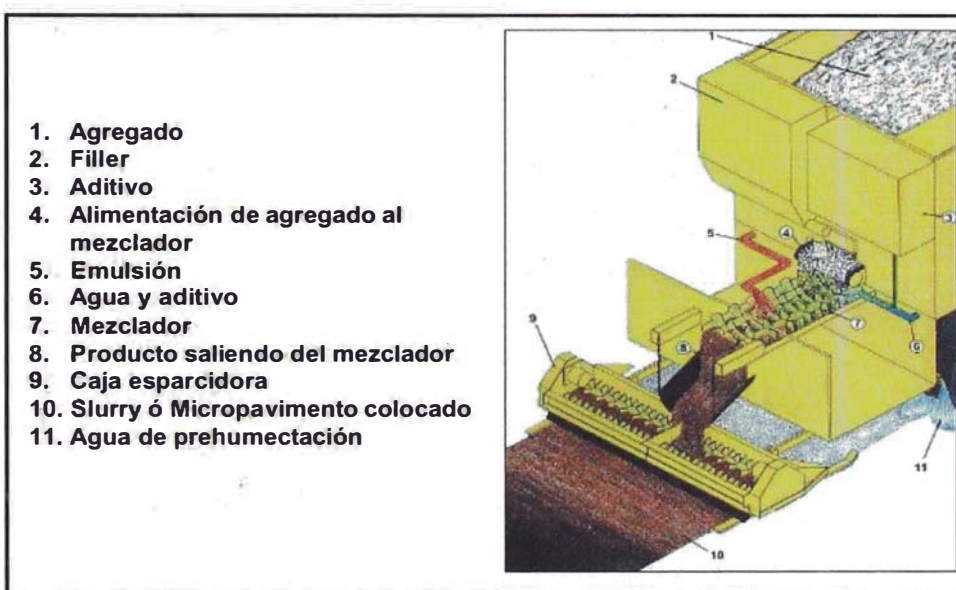


Figura 2.4 - Funcionamiento del camión micropavimentador

Equipos Complementarios

Se requiere un pequeño equipo de apoyo como complemento al trabajo que realiza la máquina, tales como:

- Barredora mecánica o compresora de aire.
- Sellador de grietas y fisuras
- Cargador frontal
- Cisterna de agua o de emulsión
- Herramientas manuales.

Ocasionalmente, para casos especiales se requiere un rodillo neumático, que en zonas de maniobras ayuda a lograr en menor tiempo la cohesión inicial.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y APLICACIÓN DEL MORTERO ASFÁTICO

3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

El diseño y aplicación del mortero asfáltico por lo general se realiza en base a una metodología como la descrita:

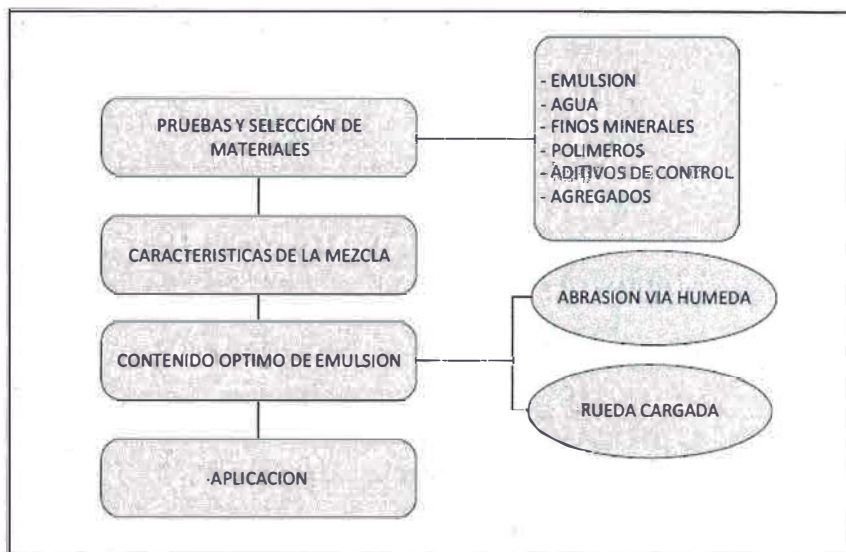


Figura 3.1 – Metodología de diseño y aplicación del mortero asfáltico (ISSA 2010)

Los ensayos son el primer paso para el diseño de mezclas de mortero asfáltico. Estos ensayos básicamente se ocupan de evaluar los dos componentes principales:

Emulsión asfáltica

Agregados

La emulsión asfáltica lo aportará un proveedor el cual debe certificar que su producto cumpla con las especificaciones técnicas solicitadas por las normas.

En el caso se los agregados siempre que se emplee un material de procedencia distinta se deben realizar los ensayos correspondientes para proceder con el diseño.

Así mismo se deben tener consideraciones, aunque menores, para los componentes secundarios como el filler y el agua.

Una vez aceptados los materiales – componentes se procede al diseño del mortero asfáltico, el mismo que consta de varias etapas, comenzando con un diseño teórico para luego en base a este último proceder con una serie de pruebas las cuales se describirán en el presente capítulo con el objetivo de encontrar el % óptimo de emulsión, este dato es fundamental ya que es el principal parámetro para elaborar la dosificación o fórmula de trabajo del mortero asfáltico diseñado.

3.2 ENSAYO DE MATERIALES

A continuación se describen los ensayos convencionales que se realizan a los componentes del mortero asfáltico para que estos sean adecuados para proceder con el diseño.

3.2.1 ENSAYOS PARA LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Como medida inicial se deben determinar las características de la emulsión asfáltica a utilizar. La emulsión asfáltica que nos proporcione el proveedor debe cumplir con las especificaciones técnicas mínimas recomendadas por el ISSA. Algunos de estos ensayos están diseñados para medir el rendimiento y la calidad, otros tratan la composición, consistencia y la estabilidad del material.

Los ensayos de laboratorio están normalizados para llevar a cabo los siguientes propósitos:

Para establecer datos para los requerimientos de especificación

Para el control de calidad y uniformidad del producto durante la fabricación y uso

Para establecer y controlar la manipulación, almacenamiento y ejecución en campo de las propiedades del material.

Ensayos requeridos para las emulsiones asfálticas.

La siguiente tabla muestra los ensayos requeridos más importantes para emulsiones convencionales:

Tabla 3.1 – Ensayos requeridos para la emulsión asfáltica ISSA 2010

ENSAYO	ASTM	AASHTO
Viscosidad Saybolt Furol	D-244	T-50
Demulsibilidad	D-244	T-59
Recubrimiento y Resistencia al agua	D-244	T-59
Carga de partículas	D-244	T-59
Prueba de tamiz	D-244	T-50
Sedimentación y estabilidad	D-244	T-59
Residuo de Destilación	D-2397	T-49

Fuente: ISSA A 105

Ensayo: Viscosidad

Se utiliza el ensayo Saybolt-Furol, para medir la consistencia de las emulsiones asfálticas. Por conveniencia y precisión se usan dos temperaturas de ensayo, las cuales cubren el rango de trabajo. Estas temperaturas son 25° y 50°C. Su elección depende de las características viscosas de la emulsión, según su tipo y grado.

Para hacer el ensayo a 25°C se calienta una muestra hasta la temperatura de ensayo, revolviéndola cuidadosamente. Se la vuelca a través de un colador en un tubo normalizado que tiene un orificio tapado. Se saca luego el tapón y se mide el tiempo que tardan en salir 60 ml de asfalto. Este intervalo de tiempo medido en segundos, es la viscosidad de Saybolt Furol.

Para el ensayo a 50°C, se debe calentar la muestra a 50°C ± 3°C y se la vuelca, colocándola, en el tubo. Se la lleva a la temperatura de ensayo, se saca el tapón y se cronometra el tiempo, como ya se describió antes.

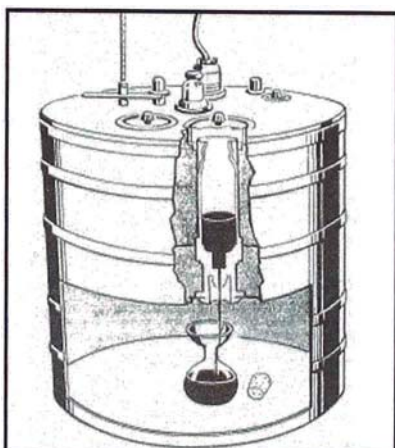


Figura 3.2 – Ensayo de Viscosidad Saybolt - Furol

Ensayo: Demulsibilidad

El ensayo de demulsibilidad indica la rapidez relativa a la cual los glóbulos coloidales de asfalto en las emulsiones del tipo rápido quebraran cuando se esparce en delgadas capas sobre un suelo o agregado. El cloruro de calcio hace que los diminutos glóbulos de asfalto presentes en las emulsiones asfálticas coagulen.

En este ensayo, una solución de cloruro de calcio y agua se mezcla totalmente con la emulsión (muestra de 100gr), luego se coloca sobre un tamiz 1,4 mm para determinar cuántos glóbulos de asfalto coagulan y se lava. Al ensayar las emulsiones CRS se usa una solución de cloruro de calcio muy débil. Las especificaciones prescriben la concentración de la solución y la cantidad mínima de asfalto que debe ser retenida en el tamiz 1,4mm (Nº14). La cantidad de residuo asfáltico retenido nos da el grado de coalescencia.

Se espera que estas emulsiones tengan un alto grado de demulsibilidad ya que se desea que quiebren inmediatamente al entrar en contacto con el agregado.

Ensayo: Recubrimiento y resistencia al agua

Este ensayo tiene un triple propósito. Su objetivo es determinar la capacidad de una emulsión asfáltica para; (1) cubrir totalmente el agregado, (2) soportar el mezclado sin que se rompa la película

formada y (3) resistir la acción de lavado del agua cuando se completó el mezclado. Este ensayo principalmente, ayuda en la elección de emulsiones asfálticas apropiadas para mezclar con agregados gruesos calcáreos.

Se cubre con polvo de carbonato de calcio el agregado elegido y se mezcla con la emulsión asfáltica. Se coloca aproximadamente la mitad de la mezcla sobre un papel absorbente para un examen visual de la superficie del agregado cubierta de emulsión asfáltica. Se lava con agua el resto de la muestra y se enjuaga hasta que el agua salga clara. Se coloca este material sobre un papel absorbente y se evalúa el recubrimiento. Se cubre otra muestra de agregado con polvo de carbonato de calcio y se mezcla con una cantidad de agua dada. Se agrega la emulsión asfáltica y se mezcla cuidadosamente. Se hacen las mismas evaluaciones ya vistas anteriormente.

Ensayo: Carga de Partículas

El ensayo de carga de partícula se realiza para identificar las emulsiones catiónicas de rotura rápida y media. Se materializa sumergiendo un par de electrodos, positivo (ánodo) y negativo (cátodo), conectados a una fuente de corriente eléctrica continua, en una muestra de emulsión. Luego de 30 minutos, o cuando la intensidad de corriente decrece 2 miliamperios, se observan los electrodos y se determina cual tiene una capa apreciable de asfalto depositado. Si está en el cátodo, estamos en presencia de una emulsión asfáltica catiónica.

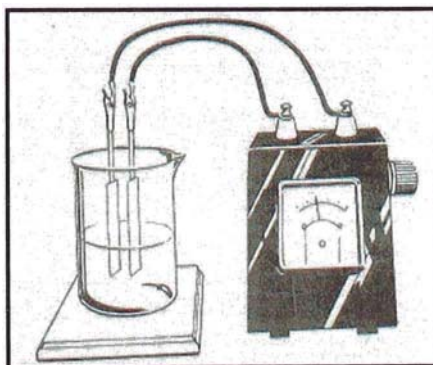


Figura 3.3 – Ensayo de Carga de Partículas

Ensayo: Prueba de Tamiz

Se emplea para determinar cuantitativamente el porcentaje de asfalto presente en forma de glóbulos relativamente grandes. Estos glóbulos no dan revestimientos delgados y uniformes de asfalto sobre las partículas de áridos y pueden ser, o no ser, identificados por el ensayo de sedimentación, que solamente tiene valor en este aspecto cuando hay suficiente diferencia entre el peso específico del asfalto y el del agua para permitir que se produzca la sedimentación.

En el ensayo de tamizado se hace pasar una muestra representativa de la emulsión asfáltica a través de un tamiz número 20. el tamiz y el asfalto retenido se lavan a continuación con una solución diluida de oleato sódico y, finalmente, con agua destilada. Después del lavado, el tamiz y el asfalto se secan en estufa y se determina la cantidad de asfalto retenido. El procedimiento y aparatos necesarios para la realización de este ensayo se describen en los métodos AASHTO T59 y ASTM D244.

Ensayo: Residuo de Destilación

El ensayo de destilación se usa para determinar las proporciones relativas de cemento asfáltico y agua presentes en la emulsión. Algunos grados de asfalto emulsificado, también contienen aceites; la destilación entrega información acerca de la cantidad de este material en la emulsión. También este ensayo permite analizar el residuo mediante ensayos adicionales como, penetración, solubilidad y ductilidad, que son descritos en los cementos asfálticos.

El procedimiento de ensayo es muy similar al descrito para asfaltos cortados. Una muestra de 200 gr de emulsión se destila a 260°C. La diferencia al destilar una emulsión es que se usa un recipiente de hierro y anillos quemadores en vez de un matraz de vidrio y mechero Bunsen.

El equipo está diseñado para evitar los problemas que pueden originarse con la formación de espuma al calentar la emulsión. La

temperatura final de destilación de 260°C se mantiene durante 15 min. Con el objeto de obtener un residuo homogéneo.

Los grados medio y rápido de las emulsiones catiónicas pueden incluir aceite en el destilado, cuya cantidad máxima está limitada por especificaciones. El material destilado, se recibe en una probeta graduada, incluye tanto el agua como el aceite presentes en la emulsión. Ya que estos dos materiales se separan, las cantidades de cada uno de ellos pueden determinarse directamente en la probeta graduada.

Usualmente se realizan sobre el residuo de destilación los ensayos de penetración, solubilidad y ductilidad correspondientes a los betunes asfálticos.

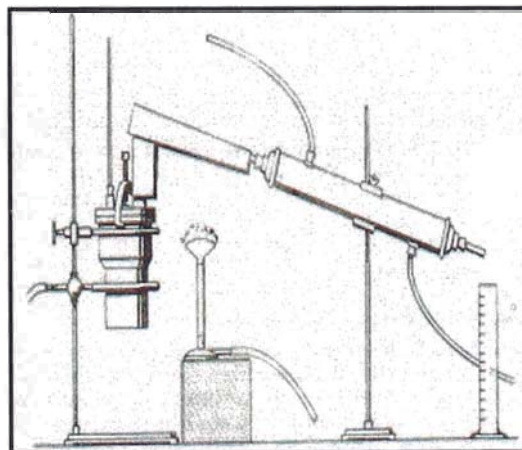


Figura 3.4 – Ensayo de destilación

Especificaciones técnicas que debe tener la Emulsión Asfáltica según la EG – 2013 (Sección 415)

El material bituminoso a suministrar será una emulsión asfáltica catiónica, cuyo tipo y características de rotura dependerán de la partida de la que vaya a formar parte.

Deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Subsección 415.02(c).

En el caso de requerirse una emulsión asfáltica de diferentes características (modificadas con polímeros), deberá cumplir con los

requisitos de calidad establecidos en la Subsección 415.02. (Ver Tabla 3.3)

3.2.2 ENSAYOS PARA LOS AGREGADOS

Los agregados a emplear en el mortero asfáltico tienen una importancia realmente excepcional, ya que constituyen el esqueleto mineral de la lechada asfáltica, representando las $\frac{3}{4}$ partes de la misma. Los agregados deberán ser limpios, de trituración, duros, angulosos, bien gradados, uniformes y durables.

Las características de dureza y rugosidad se encuentra íntimamente relacionadas con la resistencia a la abrasión y disgregación, debiéndose exigir mayores grados de dureza cuanto mayor sea el tamaño de los agregados, así como tratamientos en zonas de elevada intensidad de tráfico o en tratamientos correctivos de deslizamientos.

Tabla 3.2 – Ensayos requeridos para los agregados ISSA

ENSAYO	ASTM	AASHTO
Solidez: pérdida de sulfato de MG	C-88	T-104
Desgaste los Angeles	C-131	T-96
Equivalente de Arena	D-2419	T-176
Azul de metileno	ISSA TB 145	TP - 57
Granulometría	C 136	T 27

Fuente: ISSA A 105

Tabla 3.3 – Especificaciones técnicas para emulsiones asfálticas

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura rápida	
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		COS-1h	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Prueba sobre Emulsiones - Viscosidad Saybolt Furoi a 25°Cs - Viscosidad Saybolt Furoi a 50°Cs - Estabilidad de Almacenamiento, 24h, % ^(*)	20	100	100	400	50	450	50	450	20	100	20	100	20	100
Demulsibilidad, 35 cm ³ , 0.8% Dicitrisulfocianato sódico, %	40	-	40	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
- Revestimiento y Resistencia al agua: - Revestimiento a gragado seco - Revestimiento, agregado seco después del rociado - Revestimiento, agregado húmedo - Revestimiento, agregado húmedo después del rociado					Buena	Buena	Buena	Buena	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Carga de partículas	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Prueba de Tamiz, % ^(**)	0,1	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Mezcla con Cemento, %														
Destilación: - Destilación de aceite, por volumen de emisión - % Residuo	60	3	65	3	65	12	65	12	65	57	57	57	57	57
Pruebas sobre el Residuo de destilación: - Penetración, 25°C, 100g, 5s	100 ^(*)	250 ^(*)	100 ^(*)	250 ^(*)	100	250	100	250	100	250	100	250	100	250
- Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	50 ^(*)	150 ^(*)	50 ^(*)	150 ^(*)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
- Solubilidad en Tricloroetano, %	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5

(*) CQS - 1H, emulsión que debe cumplir los requisitos considerados en la Norma D 3910.

CQS - 1h, usado para sistemas de mortero asfáltico.

(**) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.

Fuente: EG-2013

Ensayo: Pérdida de Sulfato de MG

Consiste en determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

Este método suministra una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra.

Ensayo: Desgaste abrasión de los Ángeles

Este ensayo estima la resistencia del agregado grueso a la abrasión y degradación mecánica durante la manipulación, construcción y servicio de los agregados. Se realiza sometiendo al agregado grueso, usualmente mayor de 2.36 mm a impacto y triturado por medio de esferas de acero.

El resultado del ensayo es el porcentaje de pérdida, expresado como, el porcentaje en peso del material grueso degradado durante el ensayo como resultado de la acción mecánica. El método se describe en las normas AASHTO T 96 o ASTM C 131.

Ensayo: Equivalente de Arena

El ensayo sirve para determinar el contenido de arcilla presente en la fracción de agregado fino (material que pasa el tamiz de 4.75 mm (Nº4)). El material fino se agita en una solución floculante lo que provoca que las partículas de arcilla se separen y se suspendan por encima del material granular. Después de un periodo de reposo que permite la sedimentación, se miden la altura de arcilla suspendida y la altura de arena sedimentada, el equivalente de arena es el porcentaje del cociente de las lecturas anteriores. El método de ensayo se describe en las normas AASHTO T 176 o ASTM C 2419.

Ensayo: Azul de Metileno

Las normas de ensayo son AASHTO TP 57 o ASTM C 837. También hay un método específico de la Asociación Internacional de Slurry Seal (ISSA según sus siglas en inglés), con el código TB N° 145. Este método se utiliza para cuantificar la cantidad de arcillas dañinas del grupo expansivas, materia orgánica e hidróxido de hierro presente en el agregado, que da un indicativo de la actividad superficial de un agregado dado.

Ensayo: Adherencia (Riedel Weber) – Afinidad del agregado

El ensayo de Riedel Weber tiene por finalidad determinar el grado de adhesividad del agregado fino con el asfalto.



Figura 3.5 – Ensayo de adherencia.

Especificaciones técnicas que deben tener los Agregados según la EG – 2013

Tabla 3.d – Especificaciones técnicas para el agregado

Ensayos	Norma	Requerimiento
Pérdida en Sulfato de Mg	MTCE 209	18% máx.
Desgaste Los Ángeles	MTCE 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTCE 111	NP
Equivalente de Arena ⁽¹⁾	MTCE 114	40% mín.
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.
Adherencia ⁽²⁾ (Riedel Weber)	MTCE 220	4 mín.

⁽¹⁾ El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del polvo mineral de aporte.

⁽²⁾ Corresponde al desprendimiento inicial

Fuente: EG-2013

3.2.3 ENSAYOS PARA EL AGUA

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5.5 y 8.0 y el contenido de sulfatos, expresado como SO₄ no podrá ser superior a 3.000 ppm. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar los ensayos de calificación.

3.2.4 ENSAYOS PARA EL FILLER

De acuerdo a la norma ASTM D 546 – AASTHO T 37, se pueden utilizar indistintamente como relleno mineral: cemento Portland Tipo I, cal hidratada, polvo de piedra caliza o ceniza volcánica, con un porcentaje máximo del 0.5 – 2%.

La adición de este relleno mineral tiene como finalidad incrementar las propiedades de manejabilidad en la mezcla, así como, mejorar la parte fina de la curva granulométrica de los agregados, influyendo en el comportamiento a la ruptura y curado del mortero asfáltico

3.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para el diseño del mortero asfáltico se sigue una serie de procedimientos los cuales se dividen en cuatro etapas:

- Determinación del % emulsión teórico
- Determinación de la Consistencia Y Cohesión.
- Ensayos Mecánicos: Abrasión y Adherencia de arena.
- Contenido óptimo de emulsión y Dosificación

Después de analizar las pruebas correspondientes que se realizaron a los diferentes elementos que componen el mortero asfáltico, se procede a estudiar el diseño de la mezcla conforme a su posible comportamiento en la construcción, en condiciones bajo las cuales se va a realizar la aplicación.

Como primer paso se realiza a determinación teórica del % de asfalto y en consecuencia el % teórico de emulsión, luego se proceden a realizar las

pruebas de consistencia cuyo objetivo básicamente es hallar el contenido óptimo de agua, seguidamente se procede a realizar el ensayo de Cohesión para hallar el tiempo de rotura y curado de la mezcla, finalmente se realizan los ensayos mecánicos de Abrasión y Adherencia de arena cuyos resultados nos permiten pasar de un % teórico a un % óptimo de emulsión, el cual utilizaremos para establecer por último la composición y dosificación del mortero asfáltico.

3.3.1 DETERMINACIÓN DEL % DE EMULSIÓN TEÓRICA

A continuación se describirá la metodología recomendada por el ISSA para la determinación del % de Asfalto teórico por medio del método de áreas superficiales (Surface area method of Slurry Seal Design TB-118) y el método de Duriez ambos empleados de igual forma.

Estos métodos nos permiten encontrar el % teórico de emulsión, el cual es un valor teórico que nos sirve como punto de partida para realizar los ensayos de la mezcla con el objeto de encontrar el contenido de emulsión real necesario para nuestra mezcla.

Cálculo del % de Emulsión Teórico (Método ISSA)

En primer lugar se calcula el área superficial del agregado a usar el cual es el resultado de la suma de todos los porcentajes de la granulometría por un factor de área el cual se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3.5 – Factores de área ISSA

Sieve Size	Surface Area Factors*	
	ft ² /lb	m ² /kg
3/8-in. (9.5 mm)	2	.41
No. 4 (4.75 mm)	2	.41
No. 8 (2.36 mm)	4	.82
No. 16 (1.18 mm)	8	1.64
No. 30 (600 μm)	14	2.87
No. 50 (300 μm)	30	6.14
No. 100 (150 μm)	60	12.29
No. 200 (75 μm)	160	32.77

*Surface area factors shown are applicable only when all the above-listed sieves are used in the sieve analysis.

Fuente: ISSA A105

$$STA = \sum \%Pasa * FA$$

Donde:

STA: Superficie teórica del agregado

%Pasa: Según el tamiz.

FA: Factor de área (Tabla A.1)

A continuación se calcula el % de Asfalto teórico con la siguiente fórmula:

$$\%AT = STA * t * 0.09996 * GE$$

Donde:

%AT: % de Asfalto Teórico (en base al peso seco del agregado)

STA: Superficie Teórica del agregado

t: 8 mm

GE: Peso específico del asfalto.

Luego, para calcular el total de asfalto requerido al % Asfalto Teórico hay que sumarle el porcentaje de absorción del agregado el cual se calcula mediante el método CKE descrito en la ISSA.

Finalmente se calcula el total de emulsión asfáltica requerida:

$$\% \text{ Emulsión requerida} = \frac{\% \text{ Asfalto requerido} * 100}{\text{Residuo de asfalto de la emulsión}}$$

El residuo de asfalto de la emulsión es el % de asfalto que contiene la emulsión que generalmente ronda el 60%.

La emulsión requerida se expresa en % del peso del agregado seco, por ejemplo un requerimiento de 10 % querrá decir 100 Kg de emulsión por cada 1000 Kg de agregado.

Cálculo del % de Emulsión Teórico (Método Duriez)

El método Duriez realiza un cálculo del área superficial del agregado, basado en la granulometría, y determina el porcentaje teórico de asfalto utilizando una constante denominada "módulo de riqueza".

En primero lugar se calcula la superficie específica del agregado mediante la siguiente fórmula.

$$SE = 1/100 * (0.342 * G + 1.92 * g + 15.33 * K + 118 * F)$$

Donde:

- SE: Superficie específica del agregado en m²
- G: % del agregado retenido entre la malla 3/8" y N° 4
- g: % del agregado retenido entre la malla N° 4 y N° 50
- K: % del agregado retenido entre la malla N° 50 y N° 200
- F: % del agregado que pasa la malla N° 200

Seguidamente se determina el % de asfalto requerido o % de asfalto residual en base al SE hallado anteriormente. Para ello hacemos uso de la curva de % de asfalto residual de Duriez.

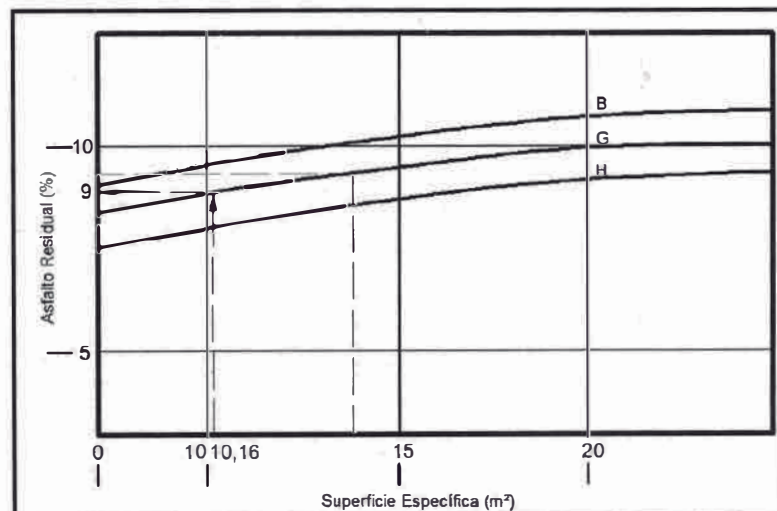


Figura 3.6 – Curva de % de asfalto residual (Duriez)

Donde:

- B: Agregado de Absorción alta
- G: Agregado de Absorción promedio
- H: Agregado de Absorción baja

Finalmente para determinar el % de emulsión asfáltica se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Emulsión requerida} = \frac{\% \text{ Asfalto requerido} * 100}{\text{Residuo de asfalto de la emulsión}}$$

Cabe hacer la precisión que el % de emulsión requerida es un valor teórico que nos sirve como punto de partida para realizar los ensayos de la mezcla con el objeto de encontrar el contenido de Emulsión real.

3.3.2 ENSAYOS DE CONSISTENCIA Y COHESIÓN

ENSAYO DE CONSISTENCIA (ISSA TB – 106)

Este ensayo se utiliza para determinar la cantidad de agua requerida para lograr estabilidad y trabajabilidad en la mezcla, El ensayo utiliza el cono del ensayo de absorción de arena ASTM C-128 o AASTHO T-84, y una base de escala de flujo. También se utiliza para el control de campo.

Procedimiento:

Se coloca 400 g. de material pétreo en un tazón. Si existe poca presencia de material fino, se debe añadir cemento portland en un porcentaje de 1% de acuerdo al peso del material pétreo.

Se añade agua haciendo variar su porcentaje para cada muestra preparada, y posteriormente se coloca la cantidad predeterminada de emulsión.

Una vez preparada la muestra, se debe mezclar durante 30 segundos logrando homogeneidad en la misma.

Se coloca el cono de manera centrada sobre la base de escala de flujo. Vierta la muestra previniendo no realizar golpes bruscos sobre la superficie del cono.



Figura 3.7 – Ensayo de Consistencia ISSA

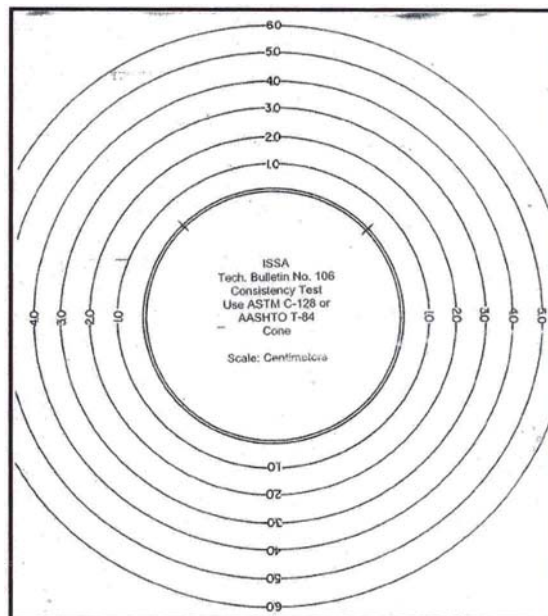


Figura 3.8 – Escala de medición del ensayo de consistencia ISSA

Una vez llenado el cono, se procede inmediatamente a levantarlo con un movimiento vertical y dócil.

La muestra tendrá un desplazamiento, el cual se registrará en los cuatro puntos distribuidos ortogonalmente en la escala de flujo. Se tomará como resultado del ensayo el promedio de las cuatro lecturas, registrándose en cm.

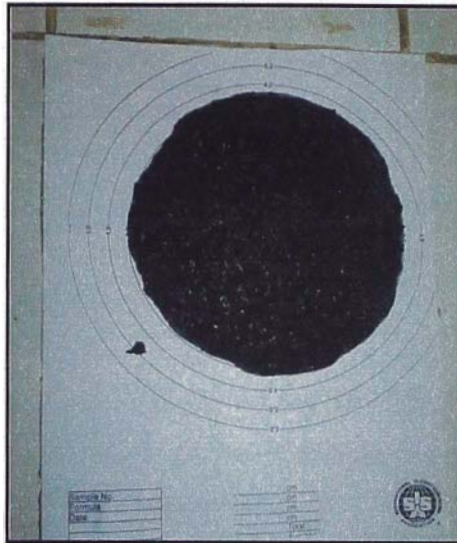


Figura 3.9 - Lectura de Consistencia del ensayo de consistencia

Se debe procurar un desplazamiento de flujo entre 2 y 3 cm, considerando como óptimo 2,5 cm.

Cada mezcla de Agregado – emulsión – filler tiene su propio % de agua idóneo, dicho esto, los límites recomendados por el ISSA se mostrarán en la siguiente gráfica:

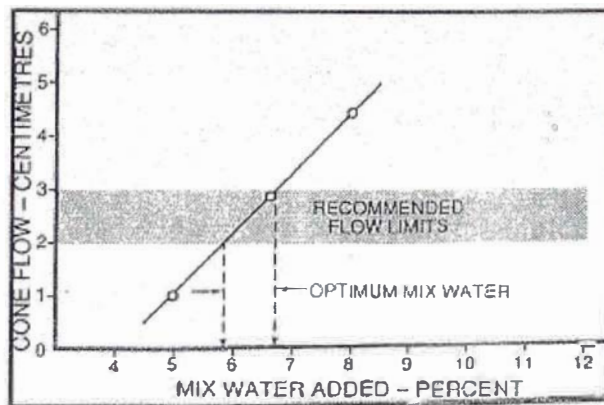


Figura 3.10 – Límites recomendados Esayo de Consistencia ISSA

ENSAYO DE COHESIÓN (ISSA TB-139)

En ensayo de cohesión nos permite medir el torque durante el rompimiento de la mezcla y siguiendo los lineamientos de la guía

ISSA se podrá estimar el tiempo de rompimiento y el tiempo de apertura al tráfico en función al torque y el tiempo.

Las consideraciones del ensayo son las siguientes según ISSA:

Tiempo de Rotura: Si se obtiene un torque de 12 Kg-cm antes de 30 minutos el mortero asfáltico se considera de rotura rápida.

Tiempo de apertura al tráfico: Si se obtiene un torque de 20 Kg-cm antes de 1 hora el mortero asfáltico se considera de apertura rápida al tránsito

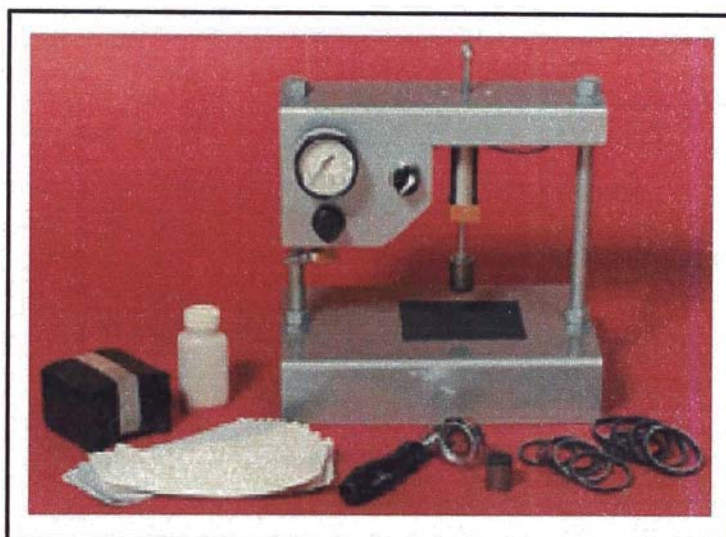


Figura 3-11 – Límites para el Esayo de Cohesión ISSA

Procedimiento:

Se coloca una muestra en el equipo de cohesión. El agregado para la mezcla debe haber pasado la malla N° 4, el material restante se descarta para el ensayo.

Las mediciones del torque se hacen en intervalos de tiempo de 30, 60, 90, 150, 210 y 270 minutos luego de moldear. Se establece una presión de 200 kPa sobre la muestra, se deja caer el pie y se coloca el torquímetro en cero y se gira suavemente pero firmemente con un movimiento horizontal a lo largo de 90 ° a 120 ° en 5 a 7 segundos. La lectura del

torquímetro se registra junto con el tiempo y se levanta el pie que se limpia para la siguiente medición

Se registra el gráfico del comportamiento del torque en función del tiempo. El tiempo de rompimiento es cuando la lechada asfáltica luego de moldeada no puede ser homogenizada nuevamente, también cuando no hay desplazamiento lateral después de compactado el espécimen, o cuando la superficie del slurry es presionada con una toalla y esta no queda manchada.

El tiempo de curado es cuando se llega a un nivel de torque de 20 kg·cm.

Según la gráfica del BT 139 ISSA se puede clasificar al mortero asfáltico según su rapidez de rotura y curado.

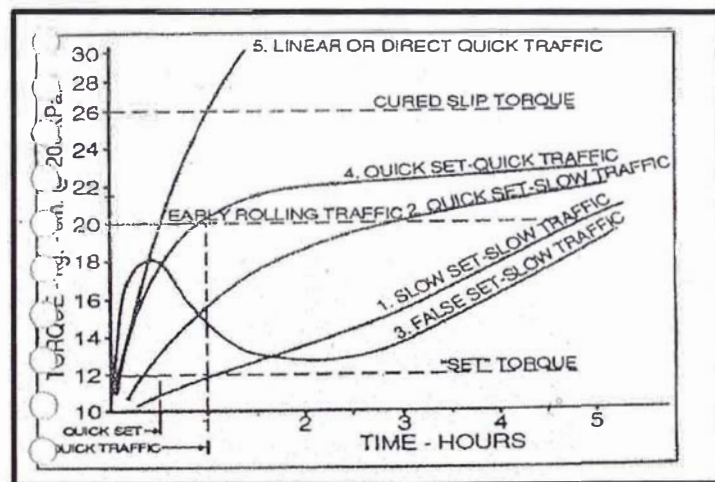


Figura 3.12 – Clasificación del Mortero Asfáltico según tiempo de rotura y curado

3.3.3 ENSAYOS MECANICOS (ABRASIÓN Y ADHERENCIA)

A continuación se describen los dos ensayos necesarios para determinar el % óptimo de emulsión en el diseño de mortero asfáltico, estos ensayos son los siguientes:

Ensayo de Abrasión WTAT (ISSA TB-100)

Ensayo de Adherencia - Prueba de Rueda Cargada LWT (ISSA TB-109)

ENSAYO DE ABRASIÓN WTAT (ISSA TB-100)

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia al desgaste por abrasión de una mezcla de mortero asfáltico simulando una superficie del pavimento saturada por agua.

Mediante esta prueba se definen los valores mínimos de emulsión asfáltica necesarios para obtener una mezcla con suficiente cohesión como para resistir la acción abrasiva del tráfico.

Procedimiento:

Se prepara la mezcla de agregado, agua, emulsión y filler, en las proporciones predeterminadas para formar la combinación correcta del mortero asfáltico. Luego se formaron especímenes ayudados de un aro de metal (según especificaciones) sobre una base de vinyl.

Deje reposar la mezcla durante 1 minuto y retire el aro. Luego se deben secar los especímenes de mortero asfáltico en el horno a una temperatura de 60°C hasta lograr una masa constante, luego registre los pesos de los especímenes junto con sus bases (Figura 3.13)



Figura 3.13– Muestra seca del ensayo WTAT (ISSA)

Antes de someter a los especímenes a la prueba de abrasión, se debe sumergirlos en agua a una temperatura de 25°C durante 1 hora, asegurando que el líquido cubra ligeramente a los especímenes (Figura 3.14)

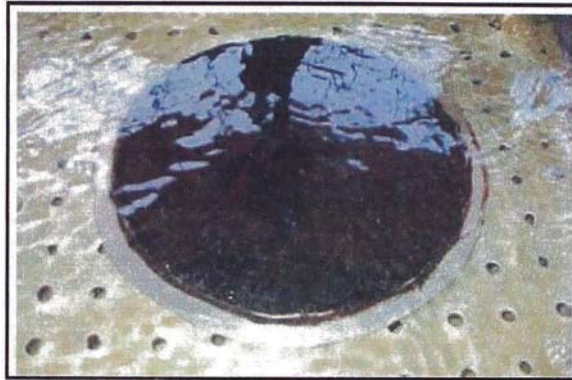


Figura 3.14 – Muestra sumergida Ensayo WTAT (ISSA)

Luego se procede con el ensayo, el cual consiste en hacer girar, bajo agua, una manguera de goma dura sobre la superficie de la probeta de lechada. Se las somete a la acción abrasiva durante 5 minutos. (Figura 3.15)



Figura 3.15 – Muestra bajo ensayo de Abrasión WTAT (ISSA)

Se seca en estufa hasta peso constante y se pesa la probeta ensayada. Por diferencias de peso se determina la pérdida de material por abrasión respecto de su peso inicial. (Figura 3.16)



Figura 3.16 – Muestra pesada Ensayo WTAT (ISSA)

Utilizando las diferentes muestras con ligeras variaciones de asfalto, podemos relacionar la pérdida de peso con el % de emulsión y obtener un gráfico como el que sigue:

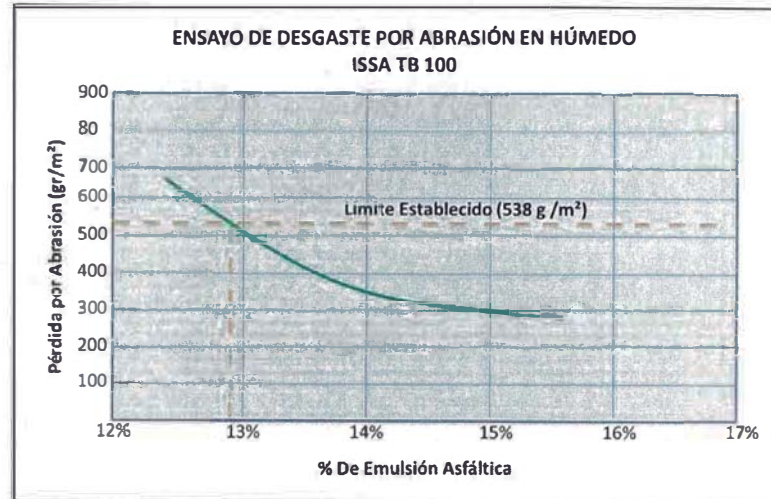


Figura 3.17 – Gráfico resultante ensayo Abrasión WTAT (ISSA)

ENSAYO DE ADHERENCIA – PRUEBA DE RUEDA CARGADA LWT (ISSA TB-109)

El objetivo del ensayo es determinar el contenido máximo de asfalto en mezclas para morteros asfálticos por la medición de adhesión de arena en especímenes sujetos a la simulación de cargas pesadas bajo la acción de una rueda, además de medir desplazamientos laterales por el mismo efecto. Los límites máximos dependen del tipo de vía sobre la cual se aplicará el mortero asfáltico.

Procedimiento:

Para cada uno de los especímenes se vierte el mortero asfáltico sobre un molde metálico de dimensiones especificadas. Una vez que la mezcla se rigidiza se quita el molde. Luego, se seca el espécimen un mínimo de 15 horas hasta alcanzar peso constante. Luego se deja enfriar. (Figura 3.18)

Se coloca la muestra sobre la placa de montaje, la cual se fija firmemente con los tornillos de sujeción. A continuación se coloca la rueda de goma de 3" de diámetro sobre el espécimen e inmediatamente se añade una carga de 57 kg con un

movimiento suave de tal manera que no se produzca un asentamiento puntual en la muestra. (Figura 3.q)



Figura 3.18 – Muestras preparadas Ensayo LWT (ISSA)



Figura 3.19 – Muestra colocada en la máquina Ensayo LWT (ISSA)

Una vez encendido el contador de la máquina, se somete al espécimen a 1000 ciclos a 25°C (4 ciclos por minuto). Si durante el proceso, empieza a tornarse pegajoso el contacto entre la rueda y la muestra, se debe añadir agua a 25°C de tal manera que se evite desprendimiento del espécimen.

Se retira el espécimen de la máquina, y se lo debe colocar en el horno a una temperatura de 60oC hasta que alcance un peso constante.

Se registra el peso del espécimen seco, y nuevamente se coloca la muestra en la máquina, pero en esta ocasión se vierte sobre el

espécimen 300 g. de arena a una temperatura de 82°C con la ayuda de un marco para contenerla. Nuevamente se carga la máquina y se somete a 100 ciclos más. (Figura 3.20)



Figura 3.20 – Aplicación de arena Ensayo LWT (ISSA)

Se retira el espécimen y con la ayuda de un cepillo suave se limpia las partículas sueltas de arena. Se registra el peso del espécimen con la arena adherida. (Figura 3.21)



Figura 3.21 – Muestras al término del ensayo LWT (ISSA)

Por diferencias de peso de la muestra inicial y la muestra final con la arena absorbida se puede elaborar la siguiente gráfica utilizando los datos de los diferentes especímenes. (Figura 3.22)

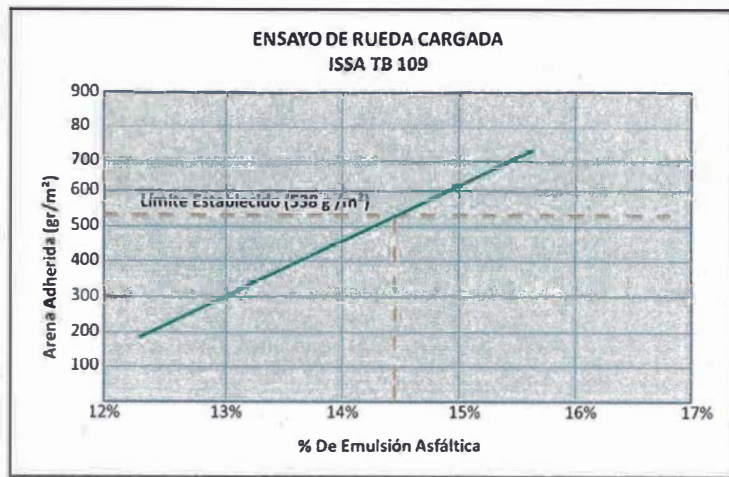


Figura 3.22 – Gráfica resultante del ensayo de Adherencia LWT (ISSA)

3.3.4 CONTENIDO OPTIMO DE EMULSIÓN Y DOSIFICACIÓN

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO (ISSA TB-111)

El límite mínimo de emulsión que el mortero puede contener se determina por medio del ensayo de abrasión en húmedo (ISSA TB - 100) y el límite máximo de emulsión que mortero puede contener se determina por medio del ensayo de Adherencia - rueda cargada (ISSA TB - 109). Una vez que las curvas se hayan graficado, estas se deben superponer para determinar el contenido óptimo de asfalto.

Límite máximo de Abrasión

El límite máximo de abrasión siempre será de 807.3 gr/m² (75 gr/p²) según el ISSA TB – 111.(Figura 3.23)

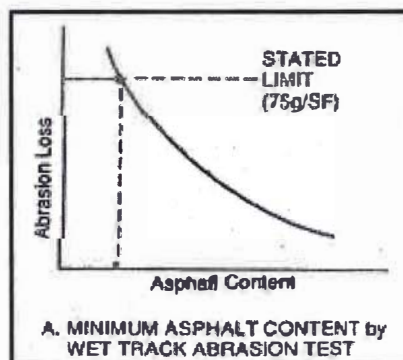


Figura 3.23 – Límite máximo de pérdida por abrasión (ISSA)

Límite máximo de Adherencia de Arena (Rueda Cargada)

El límite máximo de adherencia de arena varía en función al tráfico proyectado de vía según el ISSA TB-111, así tenemos (Figura 3.24)

Tráfico Ligero (0-500 v/d):	753.50 gr/m² (70 gr/p²)
Tráfico Medio (250 – 1500 v/d):	645.80 gr/m² (60 gr/p²)
Tráfico Pesado (1500 – 3000 v/d):	538.20 gr/m² (50 gr/p²)

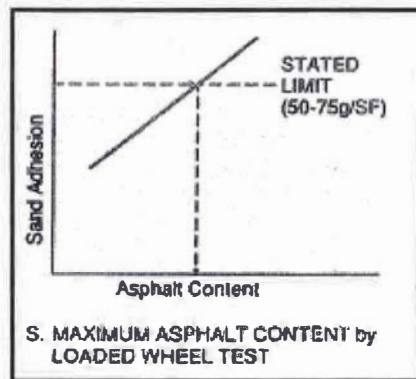


Figura 3.24 – Límite máximo de adherencia de arena (ISSA)

Contenido Óptimo de Emulsión

Seguidamente para calcular el contenido óptimo de emulsión se sigue el siguiente procedimiento:

- Se superponen las gráficas correspondientes al ensayo de abrasión y al ensayo de adherencia de arena (Figura 3.25)

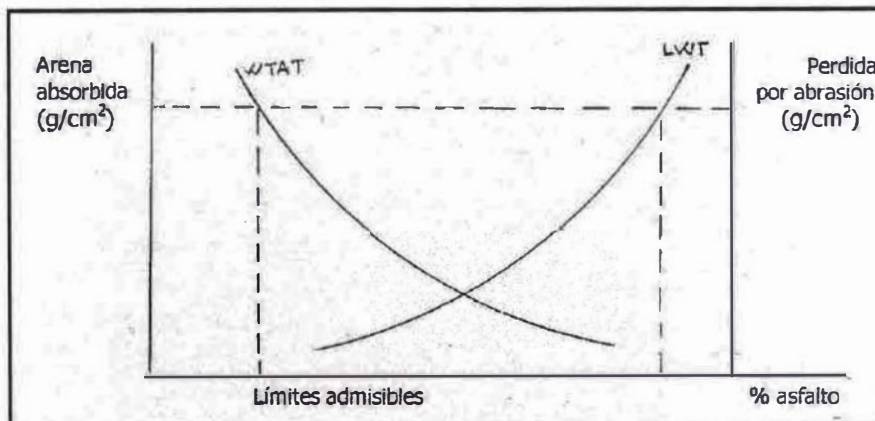


Figura 3.25 – Gráficas de Abrasión y Adherencia de arena superpuestas (ISSA)

Para el límite máximo de abrasión le corresponderá según su gráfica un % de emulsión que será el mínimo de emulsión admisible.

Para el límite máximo de adherencia de arena le corresponderá según su grafica un % de emulsión que será el máximo de emulsión admisible

De esta forma obtendremos los límites admisibles (máximo y mínimo) de emulsión de nuestro diseño. (Figura 3.26)

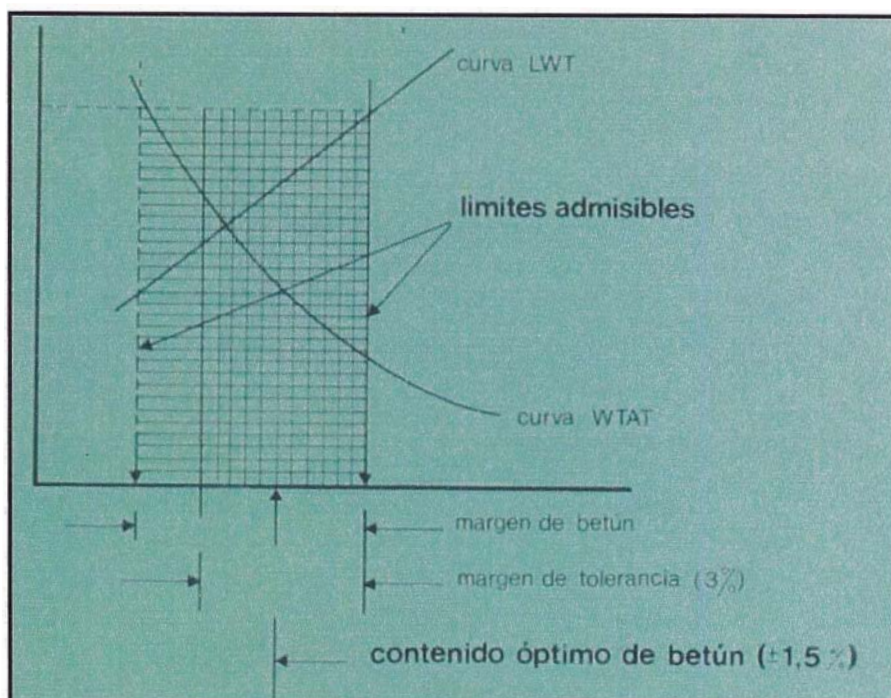


Figura 3.26 – Determinación de los límites máximo y mínimo de emulsión (ISSA)

Seguidamente se corre el contenido mínimo un 3% de su valor hacia la derecha, esto como un margen de tolerancia / seguridad.

Finalmente el contenido óptimo de emulsión sería el valor medio entre los límites admisibles de emulsión. (considerando el nuevo límite corrido un 3%)

Cabe precisar que el contenido óptimo de emulsión puede tener una tolerancia de $\pm 1.5\%$.

DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA (ISSA TB-107)

Después de haber establecido el contenido óptimo de emulsión y demás parámetros, es necesario convertir los valores diseñados a unidades de medida convencionales. El procedimiento consiste básicamente en convertir las unidades de laboratorio a unidades como galones, kilos, bolsas, es decir unidades de medidas que se utilizaran al momento de realizar la mezcla y la aplicación.

El Boletín Técnico ISSA TB-107 nos brinda ciertas recomendaciones para a conversión de valores de laboratorio en unidades controlables. A continuación se presenta un ejemplo de aplicación extraído del BT ISSA TB-107 (Figura 3.27)

Laboratory Design for Field Control				
- Example -				
Optimum Lab Design Control Quantities			Tolerances	
a) Aggregate	100.0%			
b) Filler* Type PC-11	1.0%	2 bags/ 10 tons		± 1/2 bag
c) Mix Water*	12.0%	28 gals./ton (121 l/l)		± 1%
d) Cone Flow Consistency	2.5cm.			± 0.75 cm
e) AC Target Extraction	10.5%			± 1.5%
f) Emulsion* @ 61.0% Res. AC	17.2%*	41.0 gals./ton (171 l/l)		± 1.7%
g) Design Width	20.0 ft. (6.6 m)	2 lanes x 10 ft.(3.05 m)		± 0.5' (.152 m) OA
h) Spread Rate	15.0 lbs./SY (8.14 kg/m ²)	133 SY/ton(123 m ² /t)		± 2.0 lbs./SY (1 kg/m ²)
i) Lineal Ft./ton @ Lane Width	120 LF/ton (40.3 m/t)			
j) Aggregate Specific Weight vs. Moisture Content:				
Moisture Content	Moist Lbs./ft ³ Loose	Dry Lbs./ft ³ of Moist Ag.	% Dry/Wet	Machine Gate Setting at Design
0%	96.4 (1544.1 kg/m ³)	96.4 (1544.1 kg/m ³)	100.0	_____
1	95.4 (1528.1 kg/m ³)	94.5 (1513.7 kg/m ³)	98.0	_____
2	83.6(1339.1 kg/m ³)	81.9 (1311.9 kg/m ³)	84.9	_____
3	79.7 (1276.6 kg/m ³)	77.3 (1238.2 kg/m ³)	80.1	_____
4	79.0 (1265.4 kg/m ³)	75.8 (1214.2 kg/m ³)	78.6	_____
5	78.0 (1249.4 kg/m ³)	74.1 (1186.9 kg/m ³)	76.8	_____
6	77.9 (1247.8 kg/m ³)	73.2 (1172.5 kg/m ³)	75.9	_____
Note: % Dry/Wet = Dry weight of the aggregate at 0% moisture content / Dry weight of the aggregate at the different moisture contents				
* Percent added to the dry weight of the aggregate			Note: Unit (l) = metric ton	

Figura 3.27 – Guía de dosificación de mezcla de mortero asfáltico (ISSA)

3.4 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

Teniendo la fórmula de trabajo definida, se puede dar paso a la aplicación del mortero asfáltico en vías urbanas, esto en el marco de un mantenimiento correctivo como se muestra en los siguientes subcapítulos.

3.4.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Antes de colocar la capa de mortero asfáltico deben repararse los defectos de la superficie y ella se debe limpiar de polvo, suciedad u otro material suelto, grasa, aceite, contaminación excesiva de caucho u cualquier otro tipo de contaminación superficial. Cualquier método de limpieza acostumbrado es aceptable, con la excepción de lavado con agua en zona con muchas grietas estructurales en el pavimento. Se pueden utilizar para esta tarea barredoras mecánicas o máquinas sopladoras.

Presencia de Fisuras y Grietas

Para fisuras y grietas se deberá optar de preferencia por el uso de sellantes elastoméricos los cuales por su naturaleza tienen mayor adherencia que la emulsión asfáltica.



Figura 3.28 - Tratamiento de Fisuras

Presencia de Baches

El mortero asfáltico no aporta soporte a la estructura por lo que cualquier pavimento que sea estructuralmente débil en áreas localizadas (déficit de base y/o baches) deben repararse antes de la aplicación. La reparación puede hacerse con mezcla en frío o en caliente. (Figura 3.29)



Figura 3.29 - Bacheo en frío

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión del mortero, la superficie de ser el caso, deberá ser humedecida con agua de manera uniforme teniendo en cuenta el estado de la superficie y las condiciones climatológicas existente.

3.4.2 APLICACIÓN DEL MORTERO ASFÁTICO

La superficie debe humedecerse delante de la caja esparcidora. Se aplicará el agua suficiente para que la superficie esté húmeda sin charcos ni agua corriente.

El mortero preparado en el cajón mezclador del camión micropavimentador pasara a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la cual se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie. (Figura 3.30)

La mezcla tendrá la consistencia adecuada cuando se deposite en la superficie y no se debe agregar entonces ningún otro elemento. El tiempo total de mezclado no debe exceder de dos minutos. La caja esparcidora debe estar tan llena que permita cubrir todas las grietas e irregularidades de la superficie, evitando una sobrecarga.

La velocidad de extensión de la lechada no debe exceder de 8 km / hora.



Figura 3.30 - Esparcido uniforme del mortero asfáltico

No son aceptables bolas de material o material sin mezclar, ni segregación de la emulsión o de los finos con respecto al agregado grueso. Se debe alimentar la caja esparcidora con el material suficiente para llenar la caja en todo su ancho, sin que rebose a los lados. No se permite mezcla que haya roto en la caja.

La superficie terminada no tendrá ondas transversales mayores de 6 mm de altura, medida con respecto a una regla de 3 m de longitud colocada sobre la superficie.

Las tiras adyacentes tendrán un traslapo longitudinal entre 5 cm y 15 cm para ofrecer un sellado completo de la unión. Las uniones transversales y longitudinales deben ser limpias y uniformes, sin acumulaciones, áreas sin cubrimiento o apariencia descuidada. Las uniones no deben presentar diferencia en altura superior a 6 mm.

El mortero recién extendido debe protegerse del tráfico mediante el uso de barricadas y marcadores y se permitirá su curado por un período entre 4 y 24 horas, dependiendo de las condiciones del clima.

En sitios donde no quepa la caja entendedora el mortero asfáltico se puede extender con alisadores manuales.

El espesor mínimo de recubrimiento esta dado por la siguiente tabla según recomendación del ISSA, el cual tiene un rango que va desde los 3mm hasta los 10 mm.

Tabla 3. 6– Espesor mínimo según el tipo de mortero asfáltico ISSA.

	TIPO I	TIPO II	TIPO III
USOS	Para penetración de gritas y sello sobre áreas de tráfico bajo.	Para corregir desintegración severa, oxidación, resistencia al deslizamiento sobre áreas de tráfico moderado a pesado	Se usa para corregir condiciones superficiales severas, tráfico pesado y resistencia al deslizamiento
TASA KG/M2 AGREGADO SECO	4.3 – 6.5	5.5 – 9.8	8.1 - 12
ESPESOR MÍNIMO	3 MM	6 MM	8 MM

Fuente: EG-2014

3.4.3 ACEPTACIÓN DEL TRABAJO TERMINADO

Al terminar el trabajo, la superficie no debe mostrar huecos, sitios descubiertos, o grietas que permitan que el agua u otro elemento extraño penetren al pavimento.

La superficie terminada debe presentar textura uniforme, resistente al deslizamiento. Todo material sobrante o escombros debe retirarse del sitio de obra antes del recibo final.

El mortero asfáltico debe tener una apariencia homogénea, haber llenado las grietas, tener adherencia firme a la superficie y textura resistente al deslizamiento. Es de notar que el mortero no puede impedir que se reflejen las grietas de encogimiento y otras causadas por condiciones de temperatura o asentamientos, a través de la nueva superficie.

CAPITULO IV

DISEÑO DE MORTERO ASFÁLTICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALLE IGNACIO MERINO - LINCE

En el presente capítulo da a conocer de manera detallada la evaluación de la condición del pavimento, el estudio y el diseño para un tratamiento superficial utilizando mortero asfáltico para la calle Ignacio Merino perteneciente a la infraestructura vial de la ciudad de Lima, específicamente en el distrito de Lince. El capítulo describe paso a paso las etapas de evaluaciones, ensayos, diseño y finalmente la dosificación hallada.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

Ubicación y situación actual



Figura 4.1 – Ubicación del caso estudiado.

La calle Ignacio Merino se encuentra en el distrito de Lince. Inicia su recorrido al finalizar la Calle Montero Rosas y culmina en su cruce con la Av. Javier Prado Este. Tiene un recorrido paralelo a la Av. Arequipa y cruza en su totalidad el distrito de Lince a lo largo de 13 cuadras.

Se trata de un pavimento a nivel de mezcla asfáltica en caliente de 6.6 m de ancho de calzada. La dirección del tráfico es de norte a sur en sus dos carriles y general presenta una distribución variada de tráfico predominando los vehículos ligeros.



Figura 4.2 – Vista actual del caso estudiado.

Características de la calle en estudio.

Las características más importantes de la calle en estudio son los siguientes

Tabla 4.1 – Características de la vía en estudio

Tipo	Concreto asfáltico en caliente.
Número de carriles	2 (mismo sentido)
Ancho de Calzada	6.60 m
Longitud	1250.00 m
Nro. De Cuadras.	13
Clasificación	Calle
Tráfico	> 1500 veh/día

Fuente: Elaboración Propia

Situación actual

La calle fue rehabilitada en el año 2012, los trabajos realizados consistieron en la remoción de la carpeta asfáltica, el mejoramiento de la estructura, y finalmente la aplicación de una capa de 2" de concreto asfáltico en caliente.

En la actualidad la calle empieza a mostrar un deterioro acelerado, esto se evidencia a la aparición de fisuras longitudinales y transversales, así también se presentan en algunas zonas evidencias de exudación y se empiezan a pequeños desprendimientos de agregados.

Algunos de los daños más relevantes de la vía se muestran a continuación

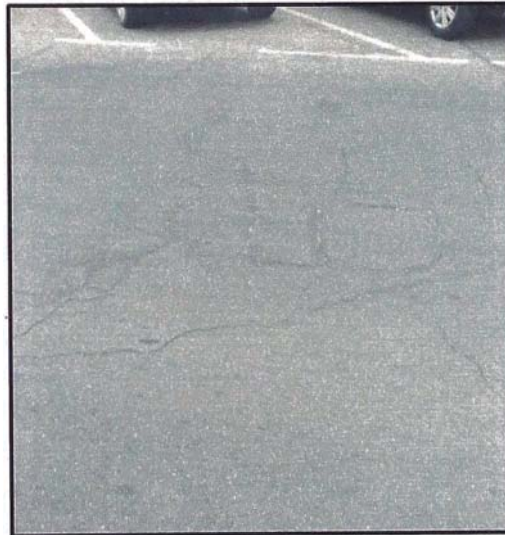


Figura 4.3 – Grietas de bloque nivel medio.



Figura 4.4 – Fisuramiento de nivel moderado.



Figura 4.5 – Grietas de borde nivel medio.



Figura 4.6 – Bacheo nivel medio.

4.2 EVALUACIÓN Y SOLUCIÓN DEL CASO ESTUDIADO

Los trabajos de evaluación del pavimento existente en la calle Ignacio Merino permitirán establecer los criterios de mantenimiento a realizar.

Se debe precisar que como el presente informe aborda actividades de mantenimiento en los pavimentos, se entiende que el nivel de desgaste de la vía en estudio es a nivel superficial (capa de rodadura), por lo que no se requirió realizar una evaluación detallada de carácter estructural o de carga,

es decir la evaluación se limitó a medir la condición funcional o de operación del pavimento.

4.2.1 CALCULO DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

El método PCI (Índice de Condición del Pavimento) es una metodología utilizada para evaluar y calificar la condición de los pavimentos asfálticos y rígidos de manera indirecta. Esta metodología fue desarrollada y publicada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en el año 1978.

Es de fácil aplicación y no requiere herramientas sofisticadas para el levantamiento de datos lo que facilitó y extendió su uso como una de las metodologías más ampliamente aceptadas para la inspección de un pavimento.



Figura 4.7 – Levantamiento en campo de daños. Método PCI. (Foto referencial)

Para una gestión de mantenimiento de pavimentos, el PCI es una herramienta de mucha utilidad ya que permite calificar de forma integral:

- La integridad estructural del pavimento

- La condición operacional de la superficie

Y en función a sus resultados determinar el tipo de mantenimiento a o reparación necesaria.

La escala de medición del índice PCI es la que se muestra en la Figura 4.h y está relacionada a la condición del pavimento en una escala que va del 0 al 100 donde 100 es un pavimento en excelente estado y 0 un pavimento fallado.

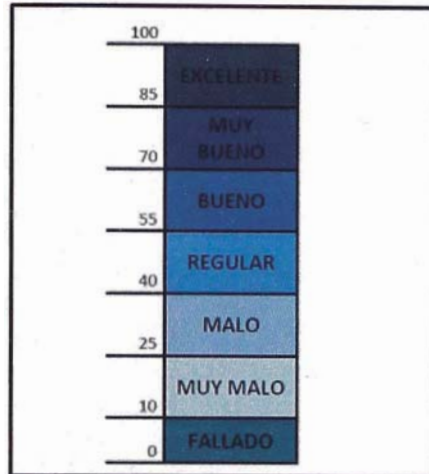


Figura 4.8 – índice PCI y Escala de Graduación

Para los procedimientos a seguir en el presente informe se utilizó el siguiente apoyo bibliográfico y normativo:

AASHTO D 6433-07

Manual PCI para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras (Vásquez, 2002)

Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos (Jugo, 2005)

LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

Se procedió al levantamiento de daños del pavimento estudiado, para esto se procedió a dividir el tramo en **Unidades de muestra**.

Para establecer el número de unidades de muestra y sus dimensiones se utilizó la siguiente tabla propuesta en el Manual PCI para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras (Vásquez, 2002):

Tabla 4.2 – Longitud de Unidad de Muestra según ancho de calzada

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles (Jugo)

Los daños a considerar así como la unidad en la que se debe levantar la información se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 4.4 – Tipos de fallas y unidades de levantamiento.

FALLA N°	TIPO DE FALLA	UNIDAD
01	Piel de Cocodrilo	m2
02	Exudación	m2
03	Grietas de contracción en bloque	m2
04	Elevaciones -Hundimiento	m
05	Corrugaciones	m2
06	Depresiones	m2
07	Grietas de borde	m
08	Grietas de reflexión de juntas	m
09	Desnivel calzada – berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Baches y zanjas reparadas	m2
12	Agregados pulidos	m2
13	Huecos	Und
14	Cruce de rieles	m2
15	Ahuellamiento	m2
16	Deformación por empuje	m2
17	Grietas deslizamiento	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Disgregación y Desintegración	m2

Fuente: PCI para Pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (Vasquez)

Así también se debe identificar en el levantamiento el nivel de Severidad para cada tipo de daño, así tenemos nivel bajo, medio y alto.

CALCULO DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Para el cálculo del PCI del pavimento en estudio se utilizó el software **UnaIPCIA** (Vásquez, 2002), el cual nos permite de forma rápida obtener los índices para cada Unidad de Muestra y en general de todo el tramo.

En los anexos se adjunta la metodología completa para el cálculo del PCI de forma manual (Norma AASHTO D6433 – 07)

A continuación se muestran los resultados obtenidos por el software para la unidad de Muestra N° 16:

prueba 1 0016: Bloc de notas				
Archivo Edición Formato Ver Ayuda				
PROCESADOR AUTOMÁTICO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX				
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela				
Pavimentos asfálticos				
Archivo :	C:\Users\aghualpa.ARAMSA\Desktop\PCI\Ejercicios\Ignacio Merino.			
Código vía :	1			
Fecha inspección :	16/03/2015			
Abscisa inicial :	K10+540.00			
Abscisa final :	K10+576.00			
Unidad :	016			
Área unidad -m² :	237.60			
Daño (severidad) - unidad	Cantidad	Densidad(%)	valor deducido	
01.Piel de cocodrilo (M) - m²:	005.60	002.36	0029.9	
07.Grieta de borde (L) - m :	007.50	003.16	0003.4	
10.Griet lon. y tran.(L) - m :	005.80	002.44	0001.0	
11.Parqueo-acometida (L) - m²:	001.50	000.63	0001.5	
13.Huecos (M) - un:	001.00	000.42	0018.0	
19.Desprendimiento (L) - m²:	002.30	000.97	0002.1	
Número de deducidos: 6				
Daño	valor deducido			
01.Piel de cocodrilo (M)	029.9			
13.Huecos (M)	018.0			
07.Grieta de borde (L)	003.4			
19.Desprendimiento (L)	002.1			
11.Parqueo-acometida (L)	001.5			
10.Griet lon. y tran.(L)	001.0			
valor deducido más alto		: 029.9		
Número admisible de deducidos (asfalto - carreteras):		07.43		
PCI Sección		: 059 Bueno		

Figura 4.9 – Resultados PCI para la Unidad de Muestra N° 16.

En los anexos se incluye el inventario de levantamiento de daños para todas las unidades de muestra (36) presentados en formato Excel.

A continuación se muestran los resultados generales para las 36 unidades de muestra de la calle Ignacio Merino. Los resultados indican el Índice PCI, la condición y los daños más relevantes del pavimento para cada unidad de muestra:

Tabla 4.5 – Resultados PCI de las unidades de muestra – Calle Ignacio Merino.

PROCESADOR AUTOMÁTICO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX							
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela							
Pavimentos asfálticos							
Archivo C:\Users\HP\Desktop\PCI II\Ejercicios\IgnacioMerino.csv							
No.	Inicio	Final	PCI	Piel de cocodrilo (m ²)	Parcheo (m ²)	Huecos (un)	Condición
1	10000	10036	83	0	2.5	0	Muy Bueno
2	10036	10072	83	0	1.3	0	Muy Bueno
3	10072	10108	84	0	3.5	0	Muy Bueno
4	10108	10144	77	0	1.9	0	Muy Bueno
5	10144	10180	77	0	3.4	0	Muy Bueno
6	10180	10216	61	3.1	6.6	2	Bueno
7	10216	10252	69	2.4	3.5	0	Bueno
8	10252	10288	72	0	5.1	0	Muy Bueno
9	10288	10324	72	0	1.2	0	Muy Bueno
10	10324	10360	75	0	5.2	0	Muy Bueno
11	10360	10396	75	0	3.3	0	Muy Bueno
12	10396	10432	77	0	2.9	2	Muy Bueno
13	10432	10468	61	3.3	12.5	0	Bueno
14	10468	10504	62	5.6	3.5	0	Bueno
15	10504	10540	74	0	6.9	0	Muy Bueno
16	10540	10576	59	6.3	4.5	1	Bueno
17	10576	10612	59	0	2	1	Bueno
18	10612	10648	70	2.8	3.4	1	Bueno
19	10648	10684	64	3.3	4.4	1	Bueno
20	10684	10720	64	0	2.3	0	Bueno
21	10720	10756	84	0	5.4	0	Muy Bueno
22	10756	10792	69	2.1	4.3	0	Bueno
23	10792	10828	69	0	0	0	Bueno
24	10828	10864	58	3.8	6.3	0	Bueno
25	10864	10900	58	0	3.8	1	Bueno
26	10900	10936	64	3.8	3.8	0	Bueno
27	10936	10972	64	1.8	6.7	0	Bueno
28	10972	11008	61	7.8	3	0	Bueno
29	11008	11044	61	5.3	3	1	Bueno
30	11044	11080	66	9.9	2	0	Bueno
31	11080	11116	72	2.3	0	1	Muy Bueno
32	11116	11152	62	3.1	1	0	Bueno
33	11152	11188	70	2.3	0	0	Bueno
34	11188	11224	70	0	4.8	0	Bueno
35	11224	11260	72	3.5	3.6	1	Muy Bueno
36	11260	11290	72	0	4.1	0	Muy Bueno

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN: MORTERO ASFALTICO

INDICE PCI VS VIDA UTIL DE UN PAVIMENTO.

Según Jugo (2005) en el Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles los pavimentos muestran distintas relaciones deterioro-tiempo de acuerdo con la combinación particular de los distintos factores involucrados en el mecanismo de deterioro. Esta relación se puede graficar en una curva que muestra el nivel de deterioro en función al tiempo de uso (o número de repeticiones de carga) del pavimento:

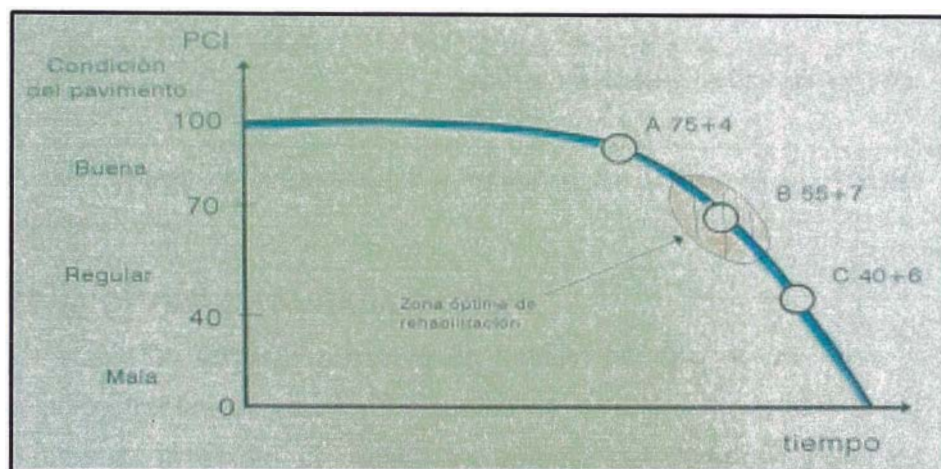


Figura 4.10 – Curva Condición del pavimento - Tiempo

En el punto A el pavimento empieza a mostrar síntomas menores de deterioro que requieren el inicio de labores de mantenimiento menor o rutinario.

En el punto B la tasa de deterioro empieza a crecer rápidamente, es cuando se necesita una acción de mantenimiento de mayor envergadura, la estructura de pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente y una intervención adecuada mejorara notablemente su condición y/o estructura.

En el punto C la condición del pavimento ha caído a un estado crítico tanto desde el punto de vista estructural como funcional, en este punto generalmente se requieren trabajos de rehabilitación mayor o reconstrucción.

Como se puede observar la definición de estos puntos es de relevante importancia dentro de la configuración de una política

efectiva de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos. La curva se puede resumir de la siguiente forma:

Tabla 4.6 – Características de la vía según Índice PCI

PUNTO	PCI	CARACTERISTICAS
A	70±4	El pavimento empieza a necesitar mantenimiento menor.
B	55±7	Se inicia incremento de rata de deterioro. Zona óptima de rehabilitación.
C	40±6	Inicio de zona de falla, se requieren acciones de mantenimiento mayor.

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles (Jugo)

ZONA ÓPTIMA DE REHABILITACIÓN.

La ubicación de esta zona, va en función del tipo de vía y de la relación tráfico-estructura. Las curvas de deterioro mostradas en la Figura 4.j muestran un rápido incremento del deterioro entre los puntos B y C, la calidad de rodaje cae de un nivel aceptable (B) aun un corto periodo de tiempo, comparado con la vida total de pavimento. Según Jugo (2005) es generalmente aceptado que la rehabilitación –a su condición de pavimento nuevo– costará de 3 a 5 veces más si se ejecuta cuando su condición cae por debajo de C, que si se hace entre B y C. Esto significa que un corto periodo de tiempo induce un significativo incremento de costo. El incremento en la rata de deterioro, se explica por el efecto del tráfico y los agentes atmosféricos sobre un pavimento envejecido y debilitado. Es dentro de esta zona que el encargado del mantenimiento del pavimento debe identificar el nivel de intervención adecuado a fin de detener la rápida tasa de deterioro alcanzada por la vía o en su defecto corregir los daños a través del mantenimiento correctivo que reducirá costos a futuro

IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE INTERVENCIÓN ADECUADO.

Como vimos en el Capítulo I del presente informe, las intervenciones de mantenimiento menor y mayor comprenden la aplicación de diferentes acciones dependiendo del grado de deterioro y el tipo de falla.

Tabla 4.7 – Acciones según el tipo de falla

TIPO DE MANTENIMIENTO	ALCANCE	ACCIONES
MENOR (PREVENTIVO)	Localizado (puntual)	<ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras - Sellado de grietas en la carpeta de rodadura - Bacheo - Sello asfáltico localizado - Nivelación localizada
MAYOR (EFECTIVO - CORRECTIVO)	Toda el área.	<ul style="list-style-type: none"> - Los Tratamientos Superficiales - Capas asfálticas - Reciclado

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles (Jugo)

Es preciso indicar que dentro de las acciones de mantenimiento mayor se distinguen 2 tipos, El Mantenimiento Mayor Efectivo y el Mantenimiento Mayor Correctivo.





El Mantenimiento Mayor Efectivo: se aplica antes que la condición del pavimento alcance un estado crítico, dentro de la zona óptima de rehabilitación

El Mantenimiento Mayor Correctivo: se aplica cuando el nivel de servicio de una vía está por debajo del mínimo aceptable desde el punto de vista funcional, o empieza a presentar importante debilitamiento estructural

Asimismo, Jugo (2005) relacionó el Índice de Condición de Pavimento PCI y las acciones de mantenimiento o rehabilitación a adoptar, en ese sentido recomienda en función a la experiencia

producto de diversas investigaciones al respecto, utilizar la siguiente tabla a fin de poder discernir entre el tipo de mantenimiento o rehabilitación a requerir según el estado de la vía (PCI).

Tabla 4.8 – Mantenimiento/Rehabilitación vs Índice PCI

ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	PCI		ESCALA
Menor	100		Excelente
	85		Muy bueno
Menor (Rutinario) Mayor (efectiva)	70		Bueno
	55		Regular
Mayor (correctivo)	40		Pobre
Mayor (correctivo) Reconstrucción	25		Muy pobre
	10		Mala

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles (Jugo)

Nivel de Intervención de la vía según el Índice PCI:

Tabla 4.9 – Mantenimiento/Rehabilitación vs Índice PCI (2)

PCI	CONDICIÓN	CARACTERÍSTICAS
>70	Buena	El pavimento no requiere acción especial sólo mantenimiento menor.
40-70	Regular	Condición intermedia. Acciones recomendables/diferibles.
<40	Mala	El pavimento requiere mejoras.

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles (Jugo)

Calle Ignacio Merino: Solución Propuesta

De las mediciones realizadas a través del método PCI del pavimento se pueden identificar los siguientes datos importantes

El pavimento estudiado presenta según sus unidades de muestra niveles de Índice PCI que van desde la condición muy buena (PCI=84) en las primeras cuadras de vía, hasta una condición regular/buena (PCI=59) en las cuadras más deterioradas.

Esta diferencia de condición según los tramos se explica debido a que las primeras cuadras (hasta la cuadra 4) de la calle en estudio al ser de una zona básicamente residencial tienen un nivel de tráfico mucho menor que las siguientes cuadras (desde la cuadra 4 hasta la cuadra 13) en donde podemos encontrar comercios de diversa índole y también incide el Mercado Lobatón de Lince, lo que genera un considerable aumento del uso de la vía y su consecuente desgaste por el mayor tráfico generado.

Desde su última rehabilitación en el años 2012 (4to año de servicio) la calle ha ido evidenciado progresivamente diversos daños superficiales los cuales han sido reparados básicamente mediante acciones de sellado de fisuras y bacheos.

Actualmente se pueden observar en ciertos puntos daños de severidad considerable tales como piel de cocodrilo, fisuras transversales a la toda la vía, grietas en bloque y algunos huecos.

Si bien los daños descritos en el punto anterior no llegan a presentarse a nivel general en todo el pavimento, esta situación nos va sugiriendo que la tasa de deterioro se está acelerando con mayor rapidez respecto a años anteriores y que acciones de mantenimiento menor se harán cada vez más repetitivas generando un mayor costo de mantenimiento.

La vía no presenta daños estructurales de consideración.

De lo expuesto se concluye que la vía se encuentra en un condición en general considerada buena según el índice PCI, así también presenta numerosos daños moderados a lo largo de toda la vía y deterioros severos en determinados puntos lo que acelera el nivel de desgaste y representa un peligro inminente para la condición de la vía en los próximos meses. Esta situación conlleva a tomar acciones

de mantenimiento mayor debido a que el índice PCI promedio de la zona en estudio está muy próximo a acercarse a la zona de rehabilitación.

En ese sentido se propone como alternativa de solución idónea para el caso estudiado a un MANTENIMIENTO MAYOR del tipo EFECTIVO, ya que este nivel de intervención permitirá reducir un deterioro acelerado y elevará considerablemente el nivel de servicio de la vía el cual comienza a verse mellado.

Finalmente la solución específica adoptada será la aplicación de una capa de Mortero asfáltico precedido por la reparación de fallas localizadas tales como el sellado de grietas y bacheos. Se muestra en el siguiente cuadro las acciones de mantenimiento propuestas:

Tabla 4.10 – Trabajos de mantenimiento propuestos.

TRAMO	UNIDADES DE MUESTRA (PCI)	CUADRAS	MANTENIMIENTO MENOR	MANTENIMIENTO MAYOR
Zona 1	1-5	1-2	- Sellado de fisuras - Bacheo superficial	- Tratamiento Superficial: Mortero asfáltico
Zona 2	6-12	3-5	- Sellado de fisuras - Sellado de grietas - Bacheo localizado superficial y profundo	
Zona 3	13-30	6-11	- Sellado de fisuras - Sellado de grietas - Bacheo localizado superficial y profundo - Reparación de piel de cocodrillo - Nivelación localizada	
Zona 4	31-36	11-13	- Sellado de fisuras - Sellado de grietas - Bacheo localizado superficial y profundo	

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento y Normatividad:

El sellado de fisuras se realizará utilizando sellador elastomérico siguiendo lo especificado en la norma EG-2013 Sección 421.

El sellado de grietas se realizará utilizando sellador elastomérico siguiendo lo especificado en la norma EG-2013 Sección 422.

El bacheo o parchado se realizará utilizando concreto asfáltico en frío siguiendo lo especificado en la norma EG-2013 Sección 424.

La aplicación del mortero asfáltico se realizará siguiendo lo especificado en la norma EG-2013 Sección 420, el Boletín ISSA 2010 y el Manual Serie N° 19 AEMA.

4.3 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Para efectos del informe se propuso un mantenimiento mayor de tipo efectivo con aplicación de una capa de mortero asfáltico tipo II. Para esto se hizo uso de la tabla de tipos de mortero asfáltico según su uso.

Tabla 4.11 – Tipo de mortero asfáltico en función al uso

Tipo I: Tratamiento de sellado e impermeabilizaciones, corrección de peladuras.
Tipo II: Tratamientos antideslizantes y corrección de desgastes.
Tipo III: Tipología más gruesa, usadas en superficies muy desgastadas y con mayor tránsito.

Fuente: Asfaltos (PETROBAS)

A continuación se describirán las etapas que se llevaron a cabo para la obtención del diseño del mortero asfáltico para la zona de trabajo, este trabajo se realizó en base al siguiente cronograma:

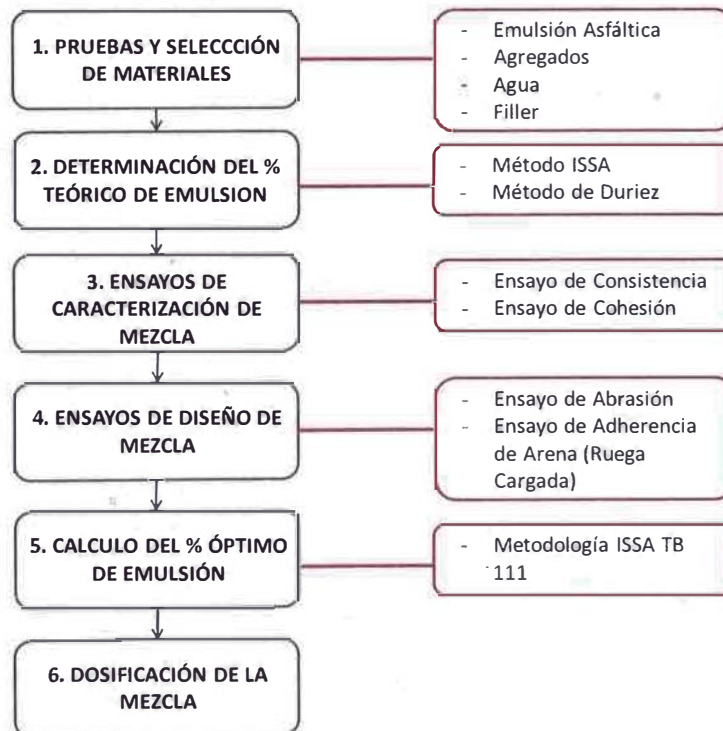


Figura 4.11 – Metodología de diseño de la solución propuesta

4.3.1 PRUEBAS Y SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

AGREGADO.

Se propuso un agregado procesado proveniente de la cantera San Martín en el distrito de San Juan de Miraflores de la ciudad de Lima. La granulometría que mostro el agregado luego del ensayo de tamizado es la siguiente:

Tabla 4.12 – Granulometría del agregado

Abertura en mm.	Tamiz ASTM	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	
					TIPO II	
76.200	3"	0.0	0.0	100.00		
50.000	2"	0.0	0.0	100.00		
25.400	1"	0.0	0.0	100.00		
19.000	3/4"	0.0	0.0	100.00		
12.700	1/2"	0.0	0.0	100.00		
9.500	3/8"	0.0	0.0	100.00	100	100
6.350	1/4"	1.5	1.5	98.47		
4.750	No.4	1.9	3.4	96.59	90	100
2.360	No.8	11.9	15.3	84.65	65	90
2.000	N° 10	4.2	19.5	80.49		
1.180	N° 16	14.4	33.9	66.10	45	70
0.590	N° 30	18.3	52.2	47.83	30	50
0.297	N° 50	16.7	68.9	31.14	18	30
0.149	N° 100	12.3	81.1	18.86	10	21
0.075	N° 200	8.3	89.5	10.54	5	15
	< 200	10.5	100.0	0.0		

Fuente: BITUPER SA

Los ensayos realizados al agregado en el laboratorio de BITUPER SAC arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 4.13 – Resultados de ensayos al agregado

CARACTERÍSTICA AGREGADO PARA MORTERO ASFÁLTICO		
P.U.S.S	1730	kg/m ³
Riedel Weber	6º	
Equivalente de Arena	51.0	%

Fuente: BITUPER SA

Requerimientos mínimos que debe cumplir el agregado a utilizar según la EG-2013 son los siguientes:

Tabla 4.14 – Requerimientos mínimos del agregado (EG-2013)

Ensayos	Norma	Requerimiento
Pérdida en Sulfato de Mg	MTC E 209	18% máx.
Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP
Equivalente de Arena ⁽¹⁾	MTC E 114	40% min.
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.
Adherencia (Riedel Weber) ⁽²⁾	MTC E 220	4 min.

(1) El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del polvo mineral de aporte.
(2) Corresponde al desprendimiento inicial

Fuente: EG - 2013

Se verifica que la granulometría del agregado este dentro los rangos requeridos para un mortero asfáltico tipo II.

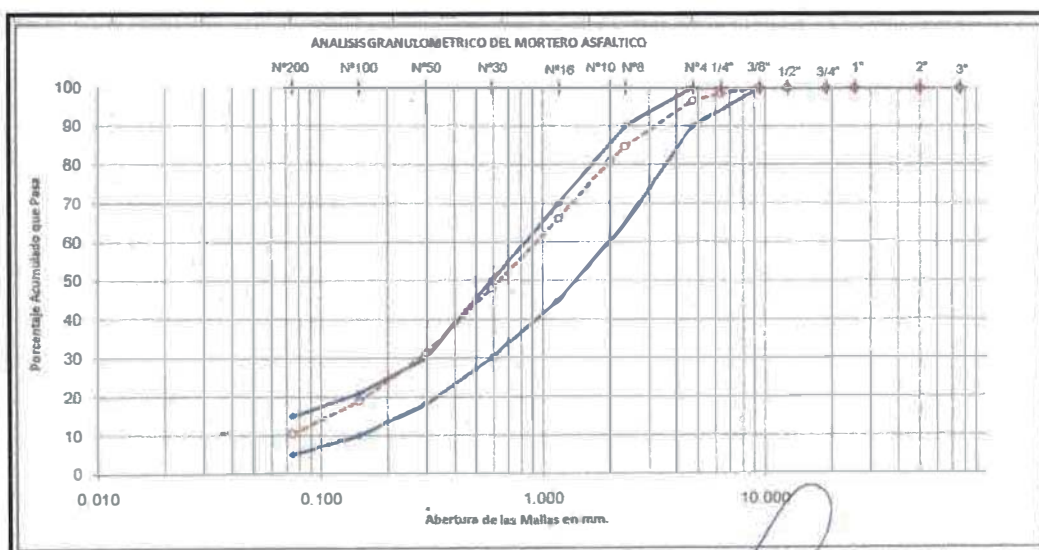


Figura 4.12 – Huso granulométrico Tipo II del agregado

Con la granulometría verificada se concluye que el agregado es el adecuado para el diseño.

Finalmente el espesor de la capa de mortero asfáltico está limitado por el tamaño máximo del agregado, en este caso el tamaño máximo encontrado según la granulometría es de 1/4" por lo que se consideró el siguiente espesor de capa de mortero asfáltico:

Espesor de capa = 10.00 mm

EMULSIÓN ASFÁLTICA

La emulsión asfáltica considerada es la emulsión catiónica de rotura lenta CSS – 1h, la cual es la emulsión usualmente empleada y recomendada para las condiciones climáticas de la ciudad de Lima y considerando que nivel de tráfico y accesos alternos de la vía estudiada.

Para el presente caso se está considerando emulsión asfáltica fabricada por la empresa Bitúmenes del Perú (BITUPER) el cual es un producto que cumple con la especificación técnica requerida por la Norma peruana e internacional (ISSA)

Las emulsiones lentas dependen totalmente de la evaporación para alcanzar la coalescencia de las partículas de asfalto. Para acelerar el proceso de ruptura se puede agregar cemento o cal hidratada a los agregados. Las especificaciones técnicas de la emulsión a utilizar son las siguientes:


 BITUPER S.A.C.	FICHA TECNICA Emulsión Asfáltica Catiónica Tipo Superestable CSS-1H	Código : BP-CSS-1H Revisión : Mayo 2013 Rydo. por : Lab. Central Página : 1 de 1																							
	<p><u>CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS</u></p> <table> <tr> <td>Composición</td> <td>Asfalto y agua</td> </tr> <tr> <td>Color</td> <td>Marrón oscuro</td> </tr> <tr> <td>Aspecto</td> <td>Líquido viscoso</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica a 20 °C</td> <td>0.95</td> </tr> </table> <p><u>ESPECIFICACIONES ASTM D 2397</u></p> <table> <tr> <td>Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C, s</td> <td>20 – 100</td> </tr> <tr> <td>Sedimentación, 5 días, %</td> <td>5.0 % máx.</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad almacenamiento 24 hrs., %</td> <td>1.0 % máx.</td> </tr> <tr> <td>Tamizado, %</td> <td>0.1 % máx.</td> </tr> <tr> <td>Residuo asfáltico, %</td> <td>57 % mín.</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Prueba sobre el residuo de ensayo de destilación:</td> </tr> <tr> <td>Penetración, 25 °C, 100 mg, 5 s (1)</td> <td>40 - 90</td> </tr> <tr> <td>Ductilidad, 25 °C, 5 cm./min., cm.</td> <td>40 mín.</td> </tr> </table> <p>(1) La penetración cambia al variar el tipo de PEN</p> <p><u>ALMACENAMIENTO</u></p> <p>Se almacena en sistemas o cilindros metálicos a una temperatura de 10 °C a 60 °C</p>		Composición	Asfalto y agua	Color	Marrón oscuro	Aspecto	Líquido viscoso	Gravedad específica a 20 °C	0.95	Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C, s	20 – 100	Sedimentación, 5 días, %	5.0 % máx.	Estabilidad almacenamiento 24 hrs., %	1.0 % máx.	Tamizado, %	0.1 % máx.	Residuo asfáltico, %	57 % mín.	Prueba sobre el residuo de ensayo de destilación:		Penetración, 25 °C, 100 mg, 5 s (1)	40 - 90	Ductilidad, 25 °C, 5 cm./min., cm.
Composición	Asfalto y agua																								
Color	Marrón oscuro																								
Aspecto	Líquido viscoso																								
Gravedad específica a 20 °C	0.95																								
Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C, s	20 – 100																								
Sedimentación, 5 días, %	5.0 % máx.																								
Estabilidad almacenamiento 24 hrs., %	1.0 % máx.																								
Tamizado, %	0.1 % máx.																								
Residuo asfáltico, %	57 % mín.																								
Prueba sobre el residuo de ensayo de destilación:																									
Penetración, 25 °C, 100 mg, 5 s (1)	40 - 90																								
Ductilidad, 25 °C, 5 cm./min., cm.	40 mín.																								

Figura 4.13 – Especificaciones técnicas de la emulsión asfáltica

La emulsión escogida es la adecuada y junto con el agregado serán los componentes principales del mortero asfáltico a diseñar.

AGUA

El agua a utilizar será agua potable de la ciudad de Lima.

FILLER

El filler recomendado para este tipo de trabajos es el Cemento Portland Tipo I debido a su fácil obtención en la ciudad de Lima y también porque ayuda a reducir el tiempo de rotura.

4.3.2 DETERMINACIÓN DEL % TEÓRICO DE EMULSIÓN

Es el punto de partida del procedimiento de diseño. Se calculó con el método de Duriez.

$$SE = 1/100 * (0.342 * G + 1.92 * g + 15.33 * K + 118 * F)$$

Donde:

- SE: Superficie específica del agregado en m²
- G: % del agregado retenido entre la malla 3/8" y N° 4
- g: % del agregado retenido entre la malla N° 4 y N° 50
- K: % del agregado retenido entre la malla N° 50 y N° 200
- F: % del agregado que pasa la malla N° 200

Hecho el cálculo nos arroja:

% de Asfalto teórico: 8.5%

% de Emulsión: 13.70 %

Calculado el porcentaje teórico de emulsión asfáltica, se inicia el proceso en cuanto a la cantidad necesaria de agua para realizar la mezcla, **está deberá determinarse por tanteos prácticos** hasta hallar la más adecuada. El porcentaje inicial por lo regular será aquel que al incorporarse en la arena y mezclarse sin la emulsión,

produzca una mezcla fácilmente trabajable suelta, sin que exista agua libre.

4.3.3 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA

4.3.3.1 ENSAYO DE CONSISTENCIA (ISSA TB-106)

Se lleva a cabo con el fin de determinar el porcentaje óptimo de agua a utilizar en el diseño.

El procedimiento para dicho porcentaje es por tanteo siguiendo la metodología ISSA TB-106 en función al ensayo de varias muestras de mortero cada una con diferentes % de emulsión basados en el % de emulsión teórico determinado en el numeral anterior. Así tenemos:

Tabla 4.15 – Muestras a ensayar

% de emulsión teórico.	13.7%			
Muestras a ensayar (% de emulsión)	12%	13%	14%	15%

Fuente: Elaboración propia.

Llevados a cabo los ensayos de consistencia para cada una de las muestras, el gráfico resultante fue el siguiente:

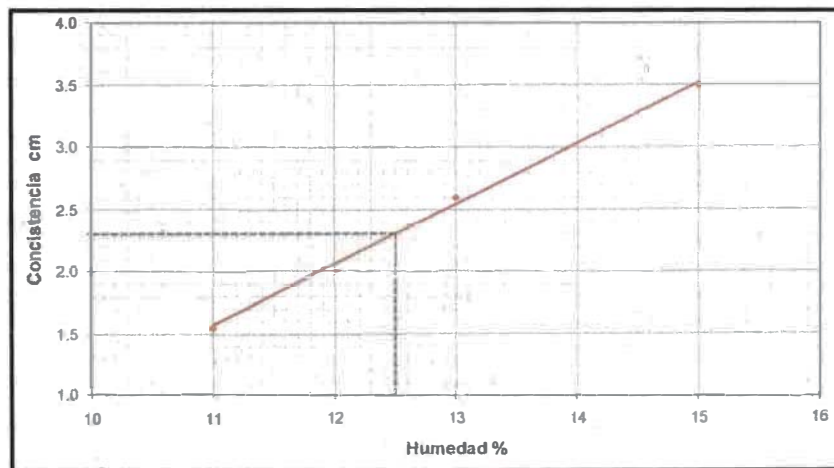


Figura 4.14 – Resultados de los ensayos de consistencia

Siguiendo la guía ISSA TB-106 la cual nos indica que el % de agua óptimo corresponde a un mortero asfáltico cuya consistencia arroje un resultado entre 2-2.5 cm se concluye que el porcentaje de agua a utilizar será:

$$\% \text{ de agua} = 12.50 \% \text{ (Peso del agregado seco)}$$

4.3.3.2 ENSAYO DE COHESIÓN (ISSA TB-139)

En ensayo de cohesión nos permite medir el torque durante el rompimiento de la mezcla y siguiendo los lineamientos de la guía ISSA TB-139 se podrá estimar el tiempo de rompimiento y el tiempo de apertura al tráfico en función al torque y el tiempo.

Las consideraciones del ensayo son las siguientes según ISSA:

- **Tiempo de Rotura:** Si se obtiene un torque de 12 Kg-cm antes de 30 minutos el mortero asfáltico se considera de rotura rápida.
- **Tiempo de apertura al tráfico:** Si se obtiene un torque de 20 Kg-cm antes de 1 hora el mortero asfáltico se considera de apertura rápida al tránsito.

Realizado el ensayo para un % de emulsión teórico de 13.70 % obtenemos la siguiente gráfica para tiempos diferentes tiempos.

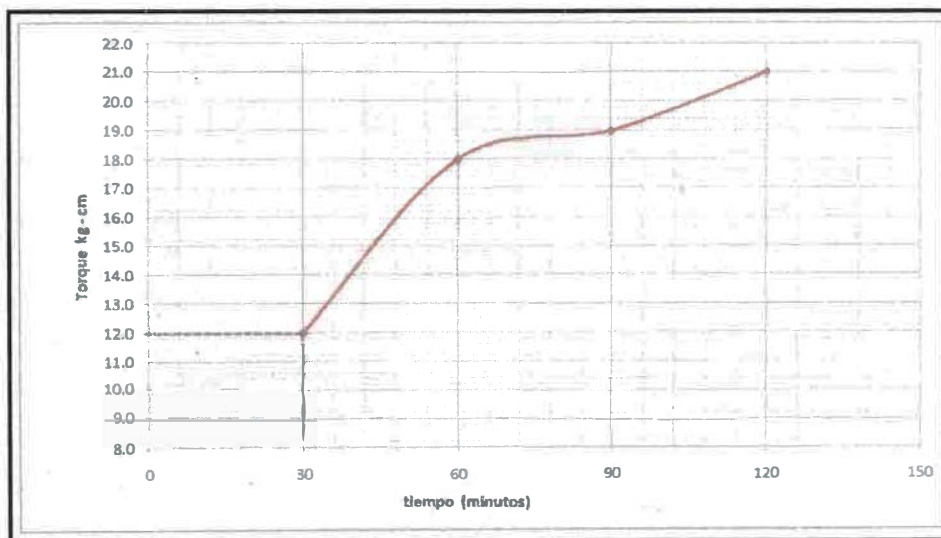


Figura 4.15 – Resultados del ensayo de cohesión

Según los resultados tenemos:

Tiempo de rotura: 30 minutos
Tiempo de apertura al tráfico: 4 horas.

4.3.4 ENSAYOS DEL DISEÑO DE MEZCLA

4.3.4.1 ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASIÓN WTAT (ISSA TB – 100)

Se realizó el ensayo para mezclas de mortero asfáltico con los siguientes % de emulsión:

Tabla 4.16 – Muestras para el ensayo de Abrasión

CONTENIDO DE EMULSION	WTAT (gr/m ²)
12.0	856.4
13.0	629.7
14.0	503.8
15.0	419.8

Fuente: BITUPER SA

Según la guía ISSA el límite máximo de pérdida por abrasión en gr/m² de la mezcla debe ser el siguiente:

Tabla 4.17 – Límite máximo de perdida por abrasión (ISSA)

PRUEBA REALIZADA AL MORTERO ASFALTICO ISSA A 105		
ENSAYO	METODO	ESPECIFICACION
ABRASIÓN (WTAT)	ISSA TB 100	807 gr/m ² , Máximo

Fuente: ISSA A105

Como hemos ensayado varias muestras de mezclas cada una con diferente % de emulsión, podemos obtener la siguiente gráfica que nos muestra el contenido de desgaste por abrasión en gr/m² en función al % de emulsión asfáltica de cada mezcla, así obtenemos la siguiente gráfica:

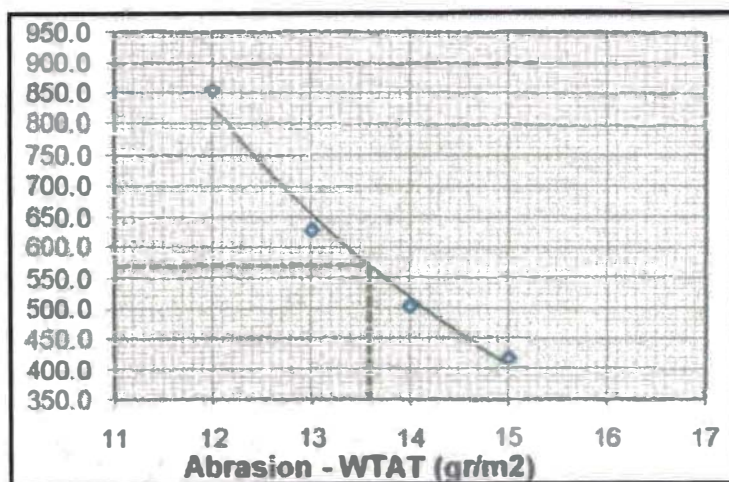


Figura 4.16 – Resultados del Ensayo de Abrasión WTAT (ISSA)

4.3.4.2 ENSAYO DE ADHERENCIA DE ARENA RUEDA CARGADA LWT (ISSA TB 109)

Se realizó el ensayo para mezclas de mortero asfáltico con los siguientes % de emulsión:

Tabla 4.18 – Muestras para el ensayo de Adherencia

CONTENIDO DE EMULSION	LWT (gr/m ²)
12	215.7
13	350.4
14	395.4
15	593.0

Fuente: BITUPER SA

Según la guía ISSA el límite máximo de adherencia de arena para una vía con tráfico intenso es la siguiente:

Tabla 4.19 – Límite máximo de adherencia de arena (ISSA)

PRUEBA REALIZADA AL MORTERO ASFÁLTICO ISSA A 105		
ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
RUEDA CARGADA (LWT)	ISSA TB 109	538.20 gr/m ² (Tráfico alto)

Fuente: Elaboración propia

Como hemos ensayado varias muestras de mezclas cada una con diferente % de emulsión, podemos obtener la siguiente gráfica que nos muestra el contenido de adherencia de arena en gr/m² en función al % de emulsión asfáltica de cada mezcla.

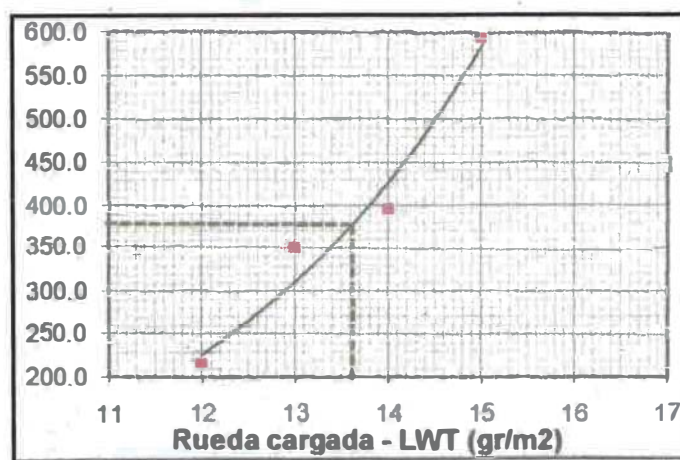


Figura 4.17 – Resultados del Ensayo de Abrasión WTAT (ISSA)

4.3.5 CALCULO DEL % ÓPTIMO DE EMULSIÓN (ISSA TB-111)

Realizados los dos ensayos mecánicos antes mencionados (Abrasión y Adherencia), se procede a calcular el % óptimo de emulsión que será la base de nuestro diseño final.

En primer lugar superponemos las gráficas de los ensayos WTAT y LWT, así tenemos:

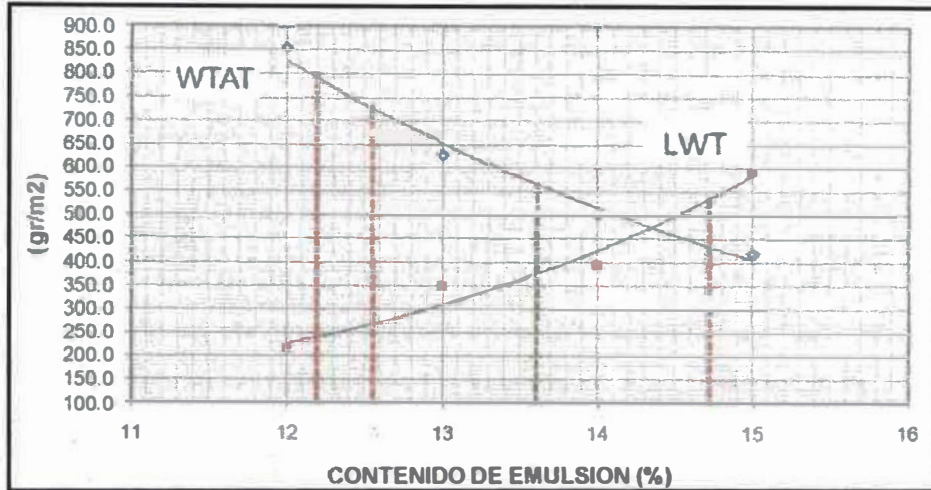


Figura 4.18-Superposición de las curvas de abrasión y adherencia de arena (ISSA)

La curva WTAT (Abrasión) nos permitirá hallar el porcentaje mínimo de emulsión asfáltica el cual es el valor correspondiente al máximo de desgaste por abrasión según la especificación.

Valor máximo Abrasión según ISSA: 807 gr/m²:

⇒ **Mínimo % de emulsión asfáltica: 12.20 %**

A continuación se debe considerar según recomendación de ISSA una tolerancia de de 0.3 puntos porcentuales más al valor mínimo de emulsión asfáltica, así tenemos:

⇒ **Mínimo % de emulsión asfáltica corregido: 12.50 %**

La curva LWT nos permitirá hallar el porcentaje máximo de emulsión asfáltica el cual es el valor correspondiente al mínimo de adherencia de arena según a especificación:

Valor mínimo de adherencia según ISSA: 538.20 gr/m² (tráfico alto)

⇒ **Máximo % de emulsión asfáltica: 14.70 %**

Finalmente para calcular % óptimo de emulsión asfáltica se toma el valor medio entre el máximo y mínimo de emulsión, según ISSA TB-111:

$$\% \text{ Óptimo de Emulsión} = \frac{12.50\% + 14.70\%}{2}$$

% Óptimo de Emulsión = 13.60 %

4.3.6 DOSIFICACIÓN DEL DISEÑO FINAL

Siguiendo las recomendaciones de la Guía ISSA TB-111 se calculan las diferentes cantidades de los materiales a emplear en la mezcla. Estas cantidades estarán expresadas en unidades susceptibles a control

Cabe precisar que todas las cantidades de los componentes se calcular en función al 100% del peso seco del agregado, así tenemos:

Tabla 4.20 – Dosificación del mortero asfáltico ensayado.

DOSIFICACION PARA MORTERO ASFALTICO	
% Respecto al Peso Agregado Seco	
Emulsión	13.6 %
Agua de Recubrimiento	12.5 %
Filler (Cemento Portland Tipo I)	0.5 %
Respecto al m ³ de Agregado Seco	
Emulsión	62.2 Gms/m ³
Agua de Recubrimiento	57.1 Gms/m ³
Filler (Cemento Portland Tipo I)	8.7 kg/m ³

Fuente: BITUPER SA

Finalmente nuestro diseño final completo se puede presentar de la siguiente forma:

Tabla 4.21 – Diseño final de mortero asfaltico ensayado

PROPORCIÓN EN PESO			
Arena Zarandeada - Cantera San Martín		100.0	%
Filler (Cemento Portland tipo I)		0.5	%
DOSIFICACIÓN DE MORTERO ASFÁLTICO			
Emulsión		62.2	Glns/m ³
Agua de Recubrimiento		57.1	Glns/m ³
Filler (Cemento Portland tipo I)		8.7	Kg/m ³
PRUEBAS REALIZADAS AL MORTERO ASFÁLTICO ISSA A 105 REVISADO 2010			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
ABRASIÓN (WTAT)	ISSA TB 100	540.0	807 gr/m ² , Máximo
RUEDA CARGADA (LWT)	ISSA TB 109	380.0	538 gr/m ² , Máximo
CONO DE CONSISTENCIA	ISSA TB 106	2.3	2 a 3 cm
TIEMPO DE MEZCLADO	ISSA TB 113	>180	180 seg , Mínimo
COMBATIBILIDAD			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACION
WET STRIPPING	ISSA TB 114	99	90 % , Mínimo
COHESION			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
COHESION A 30 minutos(*)	ISSA TB 139	12	12 Kg. cm , Mínimo

Esesor Máximo :10 mm

Fuente: BITUPER SA

4.3.7 PLAN PROGRAMADO DE MANTENIMIENTO VIAL.

Un organizado plan de conservación vial refleja el desarrollo de la economía de un país, siendo los administradores viales los principales responsables de crear políticas que contribuyan a la implementación y cumplimiento del mismo.

La puesta en práctica de un plan de mantenimiento vía programado conseguiría un ahorro considerable en los gastos de rehabilitación y mantenimiento de vías, debido a las ventajas comparativas que tiene el mortero asfaltico presentadas y descritas en el presente informe.

En ese sentido se hace absolutamente imprescindible la implementación de dicho plan a través de un sistema de administración de vías urbanas que permita una acción sistemática y consistente para la conservación de las vías, de esta forma nos adelantáramos al deterioro de la vías realizando tareas menos costosas como el sellado de grietas y fisuras o el tratamiento superficial con mortero asfaltico, dejando a las alternativas costosas para cuando la situación de la vía verdaderamente lo amerite.

Así se tendría un manejo más eficiente de los presupuestos destinados para este fin ya que se ahorraría tiempo y dinero y en general el nivel de servicio de la infraestructura vial urbana se elevaría de estándar, generando beneficios no solo al parque automotor de la ciudad de Lima sino a la población en general de la metrópoli ya que elevaría a mediano plazo el nivel de vida de sus habitantes.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El mortero asfáltico es una de las soluciones más versátiles y económicas que existen en el mercado para el mantenimiento mayor efectivo de vías en general, financieramente representa una solución rentable ya que prolonga la vida de servicio del pavimento y que lo protege de la oxidación y el deterioro.

Con la aplicación del mortero asfáltico se obtiene una superficie duradera, apropiada para toda clase de climas, sin exudaciones ni contaminación polvorienta.

La ciudad de Lima presta las condiciones para el uso del mortero asfáltico convencional, esto es así ya que el clima es templado, no existe gradiente térmico y el nivel de lluvias es mínimo. Dichas condiciones permiten que se pueda aplicar el mortero asfáltico sin tener que modificar el asfalto mediante el uso polímeros, lo que encarece su uso.

Es por esto que en la ciudad de Lima, dadas las condiciones adecuadas de tráfico y nivel de daño, realizar un mantenimiento mayor del tipo efectivo a una vía deteriorada con mortero asfáltico representa una alternativa conveniente tanto económica como sostenible ambientalmente frente a la reconstrucción total o parcial del pavimento.

Luego de aplicado el mortero asfáltico se puede contar con un pavimento listo para ser transitado pocas horas de su aplicación, de esta manera los largos periodos de paralización de vías en reparación serán reducidos y hasta eliminados.

El mortero asfáltico se puede aplicar en cualquier superficie pavimentada que esté limpia, sin necesidad de utilizar riego de liga ni rodillo para compactar.

Es una solución ambientalmente amigable ya que al momento de la rotura solo se libera al medio ambiente vapor de agua.

Este tipo de tecnología aún no está del todo implementada en la ciudad siendo el mercado aún reducido y pocas las empresas que brindan el servicio de mantenimiento con mortero asfáltico.

El mortero asfáltico tiene un aporte despreciable al sostenimiento estructural del pavimento, por eso su aplicación solo es factible en pavimentos estructuralmente conservados o reparados.

El mortero asfáltico no es una solución conveniente en caso de vías que presentan un alto deterioro, esto debido a que los costos de las correcciones localizadas a la vía y actos preparatorios antes del tratamiento superficial se elevarían considerablemente.

Tampoco es conveniente para pavimentos ubicados en zonas con climas extremos ya que en el caso de requerirse la utilización de polímeros en la mezcla esto constituiría una desventaja debido al alto costo del polímero, en el caso específico de Lima la utilización polímeros en general no es necesaria.

El promedio de vida útil de un tratamiento con mortero asfáltico que es de 3 a 5 años frente a los 10 años de vida útil del concreto asfáltico resultaría una desventaja, pero esta se compensa con lo económico de la solución, siendo al final el costo beneficio mayor para el mortero asfáltico.

5.2 RECOMENDACIONES

El mortero asfáltico es una alternativa de mantenimiento preventivo y/o correctivo que mejora y corrige los niveles de serviciabilidad de las vías asfaltadas siendo una alternativa eficaz para tomar en cuenta en el mantenimiento de vías urbanas en la ciudad de Lima.

La ciudad de Lima presta las condiciones para el uso del mortero asfáltico convencional, esto es así ya que el clima es templado, no existe gradiente

térmico y el nivel de lluvias es mínimo. Dichas condiciones permiten que se pueda aplicar el mortero asfáltico sin tener que modificar el asfalto mediante el uso de polímeros, lo que encarece su uso.

Es por esto que en la ciudad de Lima, dadas las condiciones adecuadas de tráfico y nivel de daño, realizar un mantenimiento mayor del tipo efectivo a una vía deteriorada con mortero asfáltico representa una alternativa conveniente tanto económica como sostenible ambientalmente frente a la reconstrucción total o parcial del pavimento.

La durabilidad del mortero asfáltico es garantizada si se cumplen las especificaciones técnicas establecidas para el ensayo de Rueda Cargada, este ensayo se verificó en los laboratorios de la empresa BITUPER SAC.

El uso del mortero asfáltico es recomendado para labores de mantenimiento de vías que cuyos daños no estén comprometidos a nivel estructural. Si es que se tiene dudas sobre la condición de carga del pavimento se recomienda realizar la evaluación estructural, ya que si el pavimento estructuralmente se encuentra deficiente tendrá que optarse por otra alternativa.

Resulta antieconómico permitir que un pavimento llegue a un estado “Muy Malo” según el Índice PCI, debido a los altos costos de reconstrucción o rehabilitación. El momento más idóneo para intervenir es cuando la vía presenta un estado “Bueno - Regular”, siendo este último el peor estado admisible.

Es recomendable que los trabajos anteriores a la colocación del mortero asfáltico como son sellado de fisuras y grietas con elastomérico y bacheo sean bien ejecutados ya que de estos dependerá mucho el comportamiento del mortero asfáltico.

Un organizado plan de conservación vial refleja el desarrollo de la economía de un país, siendo los administradores viales los principales responsables de crear políticas que contribuyan a la implementación y cumplimiento del mismo.

En algunos casos el empleo exclusivo de agregado triturado puede dificultar la trabajabilidad y deficiente compactación, por este motivo se recomienda mejorar el agregado con la adición de arenas naturales para mejorar la estabilidad del mortero asfáltico.

Se recomienda a los fabricantes nacionales de emulsión asfáltica en el Perú implementar su infraestructura a fin de colocarse a la vanguardia de la tecnología en la industria del asfalto.

Así también se recomienda a los involucrados realizar labores de traducción de la guía ISSA 2010 al español lo cual ayudaría a que esta tecnología tenga mayor llegada a las diversas entidades y especialistas a cargo del mantenimiento de vías urbanas.

BIBLIOGRAFIA

AEMA Asphalt Emulsion Manufactures Association (2010). Manual básico de emulsiones asfálticas N° 19. Maryland Estados Unidos.

CALTRANS DIVISION OF MAINTENANCE. (2007) "CHAPTER 8 SLURRY SEALS" de Flexible Pavement Preservation 2nd Edition. California USA, 2007, 1-28.

ISSA International Slurry Surfacing Association (2010). Design technical bulletins. Maryland Estados Unidos.

JUGO, Augusto (2005). Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles. Caracas Venezuela.

VASQUEZ, Luis (2002). Pavement Condition Index PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales Venezuela.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013. Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000). Manual de Ensayos de Materiales EM-2000. Lima Perú.

MIRANDA, Jorge (1999). "Soluciones reales, rápidas y economicas para pavimentación asfáltica" en el XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil.