

**MEMORIA TECNICA SOBRE LA REHABILITACIÓN DE 3400 M2 DE VÍAS  
LOCALES DE ACCESO A BODEGAS UBICADAS EN LA CARRERA 7 CON  
CALLE 200 COSTADO OCCIDENTAL EN BOGOTÁ**

**ING. CIVIL RAMIRO HUERTAS BECERRA  
ING. CIVIL RAFAEL CELY HERAZO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS  
BOGOTÁ D.C.,  
2013**

**MEMORIA TECNICA SOBRE LA REHABILITACIÓN DE 3400 M2 DE VÍAS  
LOCALES DE ACCESO A BODEGAS UBICADAS EN LA CARRERA 7 CON  
CALLE 200 COSTADO OCCIDENTAL EN BOGOTÁ**

**ING. CIVIL RAMIRO HUERTAS BECERRA  
ING. CIVIL RAFAEL CELY HERAZO**

**Este trabajo de grado se presenta en cumplimiento de los requisitos para  
optar el título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos**

**Dirigido por:**

**Ingeniero Luis Fernando Díaz Orjuela**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS  
BOGOTÁ D.C.,  
2013**

## **CERTIFICACIÓN**

Yo, **Luis Fernando Díaz Orjuela**, doy mi aprobación al presente trabajo de grado, elaborado por el Ingeniero Ramiro Huertas Becerra y el Ingeniero Rafael Cely Herazo, en cumplimiento de los requisitos para optar el Título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos, de la Universidad Militar Nueva Granada.

---

**Ingeniero Luis Fernando Díaz Orjuela**  
**Tutor**

## **AGRADECIMIENTOS**

Sea esta la oportunidad para extender nuestro más sincero afecto y agradecimiento al Ingeniero Luis Fernando Díaz Orjuela, por aportar dedicadamente sus amplios conocimientos, los cuales fueron de gran aporte para poder desarrollar este trabajo de grado.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. ANTECEDENTES.....	14
1.1. PORQUE SE TOMARÁ COMO EJEMPLO PARA BOGOTÁ, LA EXPERIENCIA DEL ESTUDIO REALIZADO EN LA COCHABAMBA EN BOLIVIA .....	14
1.2 REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE LA CIUDAD DE COCHABAMBA MEDIANTE EL FRESADO Y RECICLADO EN FRÍO.....	14
2. MARCO NORMATIVO.....	18
2.1. Especificaciones Técnicas Generales De Materiales Y Construcción Idu Et – 2005.....	18
2.1.1 Capas De Material Granular Estabilizado Con Emulsión Asfáltica .....	18
2.1.2 Descripción .....	18
2.2.1 Materiales granulares .....	19
2.2.2 Materiales bituminosos .....	20
2.2.3 Llenantes activos .....	20
2.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto.....	20
2.2.5 Agua .....	21
2.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO.....	21
2.3.1 Resistencia .....	22
2.3.2 Ensayos complementarios.....	23
2.3.3 Tolerancias .....	24
2.4 PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA.....	24
2.5 TRANSPORTE DE LA MEZCLA.....	24
2.5.1 Mezcla en el sitio .....	25
2.5.2 Extensión de la mezcla .....	25
2.5.3 Compactación de la mezcla .....	26
2.5.4 Apertura del tránsito .....	26
2.5.5 Juntas de trabajo .....	27

2.5.6 Conservación .....	27
2.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....	27
2.6.1 Controles generales .....	27
2.6.2 Controles de producción de agregados de adición .....	28
2.6.3 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias.....	29
2.6.3.1 Calidad del producto bituminoso .....	29
2.6.3.2 Calidad del agua .....	29
2.6.3.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte.....	29
2.6.3.4 Composición de la mezcla .....	29
2.6.3.4.1 Contenido de asfalto .....	29
2.6.3.4.2 Granulometría de los agregados.....	30
2.6.3.5 Calidad de la mezcla .....	30
2.6.3.5.1 Resistencia .....	30
2.3.6 Calidad del producto terminado .....	31
2.3.6.1 Compactación .....	31
2.3.6.2 Espesor.....	32
2.3.6.3 Lisura .....	33
3. RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	34
3.1 DESCRIPCIÓN .....	34
3.2 MATERIALES .....	34
3.2.1 Agregados del reciclaje.....	34
3.2.2 Agregados de adición .....	35
3.2.3 Materiales bituminosos .....	35
3.2.4 Llenantes activos .....	35
3.2.5 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto.....	35

3.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO .....	36
3.3.1 Resistencia .....	37
3.3.1.1. Reciclaje con emulsión asfáltica .....	38
3.3.1.2 Ensayos complementarios .....	38
3.4 EQUIPO PARA EL PROCESAMIENTO DE LOS AGREGADOS DE ADICIÓN .....	39
3.4.1 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales .....	39
3.4.2 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales ..	39
4 MARCO TEORICO .....	40
4.1 FRESADO.....	40
4.2 LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS .....	40
4.2.1Tipos de Emulsiones Asfálticas .....	41
4.2.1.1 Emulsiones Aniónicas.....	41
4.2.1.2 Emulsiones catiónicas.....	41
4.2.1.3 Emulsiones de rompimiento rápido .....	41
4.2.1.4 Emulsiones de rompimiento medio.....	42
4.2.1.5 Emulsiones de rompimiento lento.....	42
4.2.1.6 Usos de las emulsiones catiónicas .....	44
4.3 ESTABILIZACIÓN Y MEJORAMIENTO .....	45
4.4 RECICLADO EN FRIO .....	45
4.5 PROCESO DE RECICLADO EN FRIO.....	47
5. DISTRITO RECUPERA VÍAS EN 400 BARRIOS CON FRESADO ESTABILIZADO EN FRIO.....	49
6. VÍAS INTERVENIDAS POR UMV CON FRESADO ESTABILIZADO.....	50
7. LOS BENEFICIOS DEL FRESADO ESTABILIZADO .....	51

8.COMPARATIVO DE PRECIOS ENTRE UN PAVIMENTO CONVENCIONAL Y UN ASFALTO RECICLADO EN FRÍO .....	53
9. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	55
9.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO (PAVIMENTO CONVENCIONAL).....	55
9.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (ASFALTO RECICLADO EN FRIO)	60
9.3 DISEÑO DE ESPESORES .....	64
10. ALCANCE O DELIMITACIÓN DEL DOCUMENTO .....	65
10.1 EN TERRENO .....	65
11. JUSTIFICACIÓN.....	66
11.1 Razones técnicas.....	66
11.2 Razones económicas.....	66
12 OBJETIVOS.....	67
13 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	69
14 CONCLUSIONES .....	76
14 BIBLIOGRAFÍA.....	79

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Alternativas de rehabilitación.....	15
Tabla 2. Matriz para la toma de decisiones .....	16
Tabla 2.1 Uso de capas de materiales granulares estabilizados con emulsion asfáltica.....	19
Tabla 2.2.1 Requisitos de los agregados para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica.....	20
Tabla 2.2.2 Granulometrias admisibles para la construccion de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica .....	20
Tabla 2.3.2 Ensayos complementarios sugeridos para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica.....	23
Tabla 2.3.3 Tolerancias admisibles respecto a la formula de trabajo para mezclas de materiales granulares estabilizados con emulsión asfaltica.....	24
Tabla 2.6.2 Verificaciones periodicas sobre los agregados .....	28
Tabla 2.6.3 Ensayos complementarios sugeridos por capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica.....	31
Tabla 3.2.1 Granulometría admisible para reciclaje de pavimento asfáltico .....	34
Tabla 3.3.1 Ensayos complementarios sugeridos por capasde reciclaje con productos bituminosos .....	38
Tabla 4.1.2.5 Normas de calidad para emulsiones anionica.....	43

**INDICE DE FIGURAS**

Proceso del reciclaje de asfaltos en frio ..... 47  
Diseño de espesores ..... 67

## RESUMEN

La rehabilitación de vías locales en la ciudad de Bogotá, en muchos casos resulta ser un privilegio para la comunidad, puesto que es difícil que los entes distritales puedan dar cobertura con los reducidos presupuestos a toda la demanda de solicitudes que se presentan a diario. Razonablemente en las localidades se piden mejorar las condiciones de las vías internas y de acceso de sus barrios, buscando así una mejor movilidad y menores tiempos de desplazamiento, con mayor confort y seguridad.

En situaciones donde se trata de zonas privadas, como centros empresariales o zonas francas, entre otras, resulta mucho más complicado el tema del ingreso y retiro de insumos, mercancías o productos de esas instalaciones, puesto que no se cuenta con el subsidio o el apoyo de los recursos públicos para adecuar sus vías.

Mediante este documento se expone una técnica constructiva para rehabilitación y mejoramiento de vías con un bajo costo, y a la vez un impacto ambiental mínimo, tratándose de la estabilización en frío mediante emulsión asfáltica de fresado, esto para la construcción de una carpeta de rodadura para vías secundarias. De ello se pretende como producto final ofrecer una **“Memoria técnica sobre la rehabilitación de 3400 m<sup>2</sup> de vías locales de acceso a bodegas ubicadas en la carrera 7 con calle 200 costado occidental en Bogotá”**.

## ABSTRACT

The rehabilitation of local roads in the city of Bogota, in many cases turns out to be a privilege for the community in which it is difficult for the district authorities to provide coverage with reduced budgets demand all applications filed daily. Reasonably be asked localities to improve the conditions of internal roads and access their neighborhoods, seeking a better mobility and reduced travel times, with greater comfort and safety.

In situations where it is private areas, such as business centers or zones, among others, is much more complicated the issue of entry and withdrawal of supplies, goods or products of such facilities, since there is no subsidy or support public resources to adapt their ways.

Through this paper presents a construction technique for rehabilitation and improvement of roads with a low cost, yet minimal environmental impact, in the case of stabilization by cold milling asphalt emulsion, this construction of a folder for railway rolling secondary. It aims to provide an end product **"Technical report on the rehabilitation of 3400 m2 of local access roads to wineries located on career 7 and street 200 in Bogota western sid**

## INTRODUCCIÓN

Sobre la Carrera 7 con calle 200 en el costado occidental, se encuentra ubicado un lote donde funciona la bodega de G&J Ferreterías y Tremix una planta de concretos. Tremix cuenta con 18 camiones (Mixers) para el transporte de concreto. Estos automotores en promedio realizan cada uno 4 viajes por día, para un total de 72 viajes en total de producción pico y también transitan tractomulas que transportan los insumos como son cemento y agregados.

G&J ferreterías cuenta con 4 camiones transportadores del hierro que se figura en esta bodega y que debe distribuirse en la ciudad de Bogotá. Además también llegan de 2 a 3 tractomulas con material para ser figurado con una regularidad en promedio de cada 20 días.

Para recibir este alto volumen de tráfico pesado, este lote cuenta con unas vías de acceso en muy regular estado, teniendo en cuenta que es una vía sin pavimentar, esto hace complicado el acceso para tractomulas, camiones y mixers, y a su vez implica riesgos de seguridad y mayores costos de rodamiento y tiempos de desplazamiento, mucho más en épocas de invierno.

Por todo lo anteriormente expuesto y con la idea de mejorar las condiciones de acceso a estas empresas, surge la necesidad por parte de los propietarios de G&J ferreterías, de realizar el arreglo de estas vías de una manera técnicamente viable y a su vez con unos costos moderados.

## 1. ANTECEDENTES

Por el tipo de proceso realizado en la capa de rodadura (fresado asfáltico estabilizado con emulsión asfáltica) se encaja dentro de un tratamiento superficial simple y la guía de ejecución es lo referenciado en el Artículo 430, además del Artículo 400 en cuanto a la emulsión asfáltica de la norma INVIAS 2007. Para la construcción de las capas granulares se tendrá en cuenta, las normas IDU.

Se tomará como experiencia el estudio realizado en la ciudad de Cochabamba en Bolivia, el cual se resume a continuación, teniendo en cuenta que la técnica utilizada en esta ciudad boliviana es similar a la que se plantea en este documento al igual que las condiciones climáticas ya que Cochabamba es una ciudad que se encuentra a 2.570 msnm.

### **1.1 ¿PORQUE SE TOMARÁ COMO EJEMPLO PARA BOGOTÁ, LA EXPERIENCIA DEL ESTUDIO REALIZADO EN LA CIUDAD DE COCHABAMBA EN BOLIVIA?**

La principal razón es la del clima, por la similitud de altura sobre el nivel del mar en que se encuentra cada una de las ciudades. Lo anterior ofrece varias similitudes, como son el comportamiento y desempeño del material desde el momento en que se obtiene de la fuente, como puede ser el fresado de un pavimento existente, su transporte y disposición si es inmediata, sus condiciones de almacenamiento en caso de ser acopiado, hasta su desempeño en todo el proceso constructivo y desempeño a partir de la puesta en servicio del nuevo pavimento.

### **1.2 “REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE LA CIUDAD DE COCHABAMBA MEDIANTE EL FRESADO Y RECICLADO EN FRÍO”**

La pavimentación de la calle Hamiraya entre General Achá y Jordán cuenta con una condición de pavimento pobre, es decir, que posee una superficie de rodadura con reparaciones o parchados, grietas e imperfecciones, causando así molestias a los conductores. El asfalto, al verse afectado, necesita de una solución rápida y eficiente, la cual se pretende dar con la utilización del método del fresado y reciclado en frío<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <http://www.revistasbolivianas.org.bo/> - “Severich, Mario and Valenzuela Galindo Rodrigo Andrés”

Actualmente, los métodos utilizados para la restauración y rehabilitación de los pavimentos asfálticos en mal estado son ineficientes y no garantizan su durabilidad, ya que tienen un sistema de mantenimiento mal planificado.

Por lo mismo se planteó el siguiente interrogante: ¿Cuál es el método y materiales viables para la restauración del pavimento asfáltico de la calle Hamiraya entre general Achá y Jordán de la ciudad de Cochabamba?

Para ello, primeramente se debe desarrollar el procedimiento necesario para determinar el método óptimo para la rehabilitación de pavimentos asfálticos. Previamente se debe establecer una recopilación de información histórica del tramo, es decir, especificaciones técnicas de la construcción del pavimento y materiales empleados en su construcción, un estudio de tráfico detallado, un análisis del material asfáltico existente en la vía y la realización de una auscultación visual de las fallas existentes.

Una vez determinado el problema existente mediante la auscultación visual de fallas, se evalúan las posibles alternativas de rehabilitación para el pavimento asfáltico.

**TABLA Nº 1**  
**Alternativas de Rehabilitación**

Alternativas		
Convencionales		No convencional
1	2	3
Escarificado o remoción del pavimento existente, seguido de un recapado asfáltico	Saneamiento de la carpeta existente mediante el bacheo y curado de fisuras, seguido de un recapado asfáltico	Fresado y reciclado en frío de pavimentos asfálticos

Fuente - <http://www.revistasbolivianas.org.bo/>  
"Severich, Mario and Valenzuela Galindo Rodrigo Andrés"

Una vez planteadas las alternativas, se debe realizar el diseño de espesores mediante el método del número estructural de la AASHTO.

En síntesis, para la Alternativa 1, referente al escarificado del pavimento, son necesarios 4 cm. de carpeta asfáltica en caliente, para soportar el tráfico que

circulará por la vía en los próximos 8 años, es decir: 49789 vehículos. Para la Alternativa 2, referente al saneamiento de la carpeta asfáltica, son necesarios 2 cm. de refuerzo de carpeta asfáltica para la misma cantidad de tráfico. Finalmente para la Alternativa 3, referente al fresado y reciclado del pavimento asfáltico, también son necesarios 4 cm. de refuerzo, pero, en este caso, no se utiliza mezcla asfáltica en caliente;

Para el análisis de las alternativas que permitirán seleccionar la más conveniente, se consideraron tres aspectos: tiempo de ejecución, trabajabilidad y costo. Una vez considerados los aspectos mencionados, se elabora una matriz para la toma de decisiones, en donde se asigna un valor a los parámetros evaluados, mediante la siguiente escala de valores

Bueno	3
Moderado	2
Malo	1

Fuente - <http://www.revistasbolivianas.org.bo/>-  
 “Severich, Mario and Valenzuela Galindo Rodrigo Andrés”

La alternativa con mayor puntaje será la seleccionada.

**TABLA N° 2**  
**Matriz para la toma de decisiones**

Alternativa	Plazo	Trabajabilidad	Costo	Total
1	2	1	1	4
2	1	2	2	5
3	3	3	3	9

Fuente <http://www.revistasbolivianas.org.bo/>-  
 “Severich, Mario and Valenzuela Galindo Rodrigo Andrés”

Se observa que la Alternativa con mayor puntaje es la tercera. La Alternativa 3 tiene el menor plazo de ejecución, debido al menor tiempo de Rehabilitación. Por tanto, esta alternativa reduce la interrupción en las vías y el perjuicio de la

sociedad y/o usuarios. Desde el punto de vista ecológico, llega también a ser notablemente favorable, ya que se utiliza el 100% del material existente en la vía, minimizando la extracción de materiales de importación y evitando la necesidad de préstamos de materiales. Finalmente como consecuencia de todo lo expuesto anteriormente, esta alternativa tiene el costo más bajo.

Por último, mediante la comparación de alternativas de rehabilitación, se puede concluir que el proceso de fresado y reciclado en frío es un método viable para la rehabilitación del pavimento asfáltico tanto en la calle Hamiraya entre General Achá y Jordán, como también en otras vías construidas con pavimento asfáltico. Es viable debido al amplio campo de aplicación, al corto tiempo de ejecución, a la minimización del impacto ambiental y el bajo costo por metro cuadrado comparado con los métodos no convencionales de rehabilitación.

## **2. MARCO NORMATIVO**

### **2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN IDU ET – 2005**

#### **2.1.1 Capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica**

**2.1.2 Descripción.** Este trabajo consiste en la construcción de una capa constituida por material granular estabilizado con emulsión asfáltica, de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y a las secciones transversales típicas, dentro de las tolerancias estipuladas y de conformidad con todos los requisitos de la presente Sección.

La mezcla de material granular, emulsión asfáltica, agua, llenante activo y aditivos (si es el caso) se producirá en planta o en el sitio, según se indique en el respectivo Pliego de Condiciones.

Se definen tres clases de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica, que se denominan Clase A (GEEA\_A), Clase B (GEEA\_B) y Clase C (GEEA\_C). Las clases (A, B o C) de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica por emplear en cada caso se establecerán en los documentos técnicos del proyecto, en función de la importancia de la vía, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento.

En la Tabla 2.1 se establecen las posibilidades de uso de las clases de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica en función del tipo de pavimento y de los niveles de tránsito definidos en la normatividad del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)

**Tabla 2.1**  
**Uso de capas de materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica**

Tipo de Capa	Categorías de Tránsito		
	T0 – T1	T2 – T3	T4 – T5
<b>Pavimento Asfáltico</b>			
Capa de Base	GEEA_A, B ó C	GEEA_A ó B	GEEA_A
Capa de Subbase	GEEA_B ó C	GEEA_B ó C	GEEA_A ó B
<b>Pavimento de Losas de Concreto de Cemento Pórtland</b>			
Capa de Base	GEEA_A ó B	NA	NA
Capa de Subbase	GEEA_B ó C	GEEA_B ó C	GEEA GEEA_A ó B

NA = No Aplica. Para tránsitos medios y altos, la capa de base para pavimentos de losas de concreto de cemento Pórtland requiere una mayor resistencia a la erosión que ofrecida por las capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica; por lo tanto, la base no puede ser de material granular estabilizado con emulsión asfáltica correspondiente a esta Sección.

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

## 2.2 MATERIALES

**2.2.1 Materiales granulares.** Las capas que se construyan en acuerdo a esta Sección deberán estar constituidas por materiales de tipo granular en estado natural o por mezclas de agregados naturales con agregados provenientes de trituración de piedra de cantera o de grava natural. Todos los materiales granulares, independientemente de su procedencia, deberán encontrarse exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla u otras sustancias incorporadas que puedan resultar ambientalmente nocivas o inconvenientes para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

Las características de los agregados pétreos que se empleen en la construcción de una capa granular estabilizada con emulsión asfáltica, en acuerdo con la presente Sección, deberán llenar los requisitos que se indican en la Tabla 440.2. En el caso de la estabilización de materiales granulares del sitio, las características de éstos serán las indicadas en los documentos técnicos y/o especificaciones particulares del proyecto.

El Constructor es el responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos y deberá realizar todos los ensayos que sean necesarios, en adición de los que taxativamente se exigen en esta Sección, para garantizarle al Instituto de Desarrollo Urbano la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar.

**Tabla 2.2.1**  
Requisitos de los agregados para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

Ensayo	Norma de Ensayo	Clase de Material Granular para estabilizar con emulsión asfáltica			
		GEEA C	GEEA B	GEEA A	
<b>Petrografía</b>					
Análisis petrográfico	ASTM C-295	Reportar			
<b>Dureza</b>					
Desgaste Los Angeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	50	40	35	
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo	10 (RO)	8 (RO)	7 (RO)	
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1)	70 (RO)	60 (RO)	55 (RO)	
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo	2 (RO)	2 (RO)	2 (RO)	
Micro Deval, % máximo (FT)	- Agregado Grueso	ASTM D-8928	45	35	30
10% de finos (RO)	- Valor en seco, kN mínimo	BS 812	30	40	60
	- Relación húmedo/seco, % mínimo	PART 111	50	65	75
<b>Durabilidad</b>					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	18	18	18
<b>Limpieza</b>					
Límite Líquido, % máximo		INV E-125	35	25	25
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126	7	6	3
Equivalente de Arena, % mínimo		INV E-133	15	20	8
Valor de Azul de Metileno, máximo		EN-933-9	10	10	10
Térrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		INV E-211	2	2	2
<b>Geometría de las Partículas</b>					
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara	INV E-227	NA	NA	70
	- 2 caras				
<b>Capacidad de Soporte</b>					
CBR, % mínimo del material sin emulsión asfáltica		INV E-148	15	30	60
- Referido al 95 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión.					

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

El material granular deberá cumplir con alguna de las granulometrías de la Tabla 2.2.2 determinadas según la norma de ensayo INV E-213. La granulometría por cumplir en cada caso se establecerá en los documentos técnicos del proyecto; esa granulometría deberá ser cumplida tanto por el material listo para su extensión en obra como por el material compactado en el sitio.

**Tabla 2.2.2**  
Granulometrías admisibles para la construcción de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

TIPO DE CAPA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075	
	1 1/2"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	
% PASA									
Clase A B ó C	Gr1	100	70-100	50-80	45-75	30-60	10-27	5-18	3-15
	Gr2	-	100	60-90	50-80	30-60	10-27	5-18	3-15

En adición a los requisitos de granulometría, la relación de polvo (% pasa tamiz 0.075 mm/ % pasa tamiz 0.425 mm) no deberá exceder de 2/3. Además, El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

**2.2.2 Materiales bituminosos.** Para las capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica, ésta será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, que corresponda a los tipos CRL-1 o CRL-1h,, compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en las

presentes especificaciones. Si se requiere una emulsión de diferentes características, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

**2.2.3 Llenantes activos.** Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento Pórtland, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

En ocasiones también se adicionan llenantes con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica.

**2.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto.** Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el Constructor y su tipo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla, que se indica en el numeral 2.3. de esta Sección. Asimismo, el Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor o del Instituto de Desarrollo Urbano.

La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

**2.2.5 Agua.** El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos estará libre de materia orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y su contenido de sulfatos, expresado como  $SO_4 =$ , no deberá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). El contenido de sulfatos se determinará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

## **2.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO**

El Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que deberá cumplir todas las exigencias establecidas en la presente Sección. El Constructor elaborará un informe detallado para aprobación del Interventor, en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados, del llenante activo y de los aditivos (si se requieren), del ligante asfáltico y de la fórmula de trabajo.

Además de las proporciones de mezcla de los agregados, se deberá indicar el porcentaje de ligante bituminoso (aproximado a la décima) y del llenante activo (si se requiere) en relación con el peso de la mezcla, y los porcentajes de aditivos, respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en esta Sección. La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

El Constructor también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

En todos los casos, la fórmula indicará:

- La identificación y la proporción (en peso seco) de cada fracción del material granular.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada.
- El porcentaje de agua para mezcla y compactación, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión, en relación con el peso seco del componente mineral.
- La identificación y dosificación de llenante activo y de aditivos, si se requieren, que deben ser de
- la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación.
- La resistencia a la compresión no confinada.
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego

**2.3.1 Resistencia.** Existen diferentes métodos de diseño para capas de material granular estabilizado con emulsiones asfálticas. La mezcla se puede diseñar por resistencia a la compresión no confinada, por resistencia a la tracción indirecta o

por módulo dinámico. Los documentos del proyecto pueden establecer, mediante especificación particular, los métodos de diseño y los criterios de selección del contenido óptimo de ligante.

Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de la estabilización con emulsión asfáltica se utilizará el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738), aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla:

- Resistencia de probetas curadas en seco ≥ 2000 Kpa
- Resistencia conservada tras curado húmedo ≥ 75%

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

**2.3.2 Ensayos complementarios.** Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 2.3.2 ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de ligante asfáltico, como complemento del diseño de la mezcla.

**Tabla 2.3.2**  
**Ensayos complementarios sugeridos para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica**

PROPIEDAD	Número Mínimo de Probetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco	3	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo	3	3	3
Módulo Dinámico	-	1	2
Curva de Fatiga	-	4	4

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

**2.3.3 Tolerancias.** Las tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo serán las indicadas en la Tabla 2.3.3 teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en la especificación granulométrica correspondiente.

**Tabla 2.3.3**  
**Tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo para mezclas de materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica**

Parámetro	Tolerancia, %
Tamaño Máximo	0
% pasa tamices > 4.75 mm (No 4)	+/- 4%
% pasa tamices ≤ 4.75 mm (No 4)	+/- 3%
Contenido de Finos: % pasa tamiz 0.075 mm (No. 200)	+/- 1%

Nota: las tolerancias de los % que pasan en los tamices están referidas al peso seco de los agregados. La tolerancia de la humedad está referida a la humedad óptima.

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

## 2.4 PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA

Las operaciones de almacenamiento y manejo de agregados en los patios, así como el de transporte y la colocación en las tolvas de la planta, deberán efectuarse tomando todas las medidas necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones de los mismos. Así mismo, el proceso de alimentación de las tolvas deberá buscar que el contenido de las mismas esté siempre entre el cincuenta y el cien por ciento (50% a 100%) de su capacidad, sin rebosar.

Los dispositivos de mezcla en la planta deben ser capaces de garantizar la completa homogenización de los componentes. El tiempo mínimo de mezclado se fijará de acuerdo con los resultados obtenidos en las primeras pruebas de elaboración de mezcla.

## 2.5 TRANSPORTE DE LA MEZCLA.

La mezcla elaborada en la planta se transportará a la vía en volquetas hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar; la mezcla se cubrirá siempre con lonas o cobertores adecuados. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor existe una iluminación artificial que permita la extensión y

compactación de la mezcla de manera adecuada. Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y la pérdida de humedad.

**2.5.1 Mezcla en el sitio.** Si la mezcla se va a efectuar con material de aporte, éste se transportará a la vía y se extenderá en el ancho y espesor adecuados que permitan que la capa luego de mezclada y compactada cumpla con las secciones indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Dicho material deberá cumplir con los requisitos establecidos.

Cuando en el proceso se incorpore el material granular existente, éste deberá ser pulverizado previamente hasta obtener una eficacia mínima del ochenta y cinco por ciento (85%) referida al tamiz de 9.5 mm (3/8") y del setenta y cinco por ciento (75%) referida al tamiz de 4.75 mm (No.4), entendiéndose por eficacia la relación entre el tamizado en seco en obra y el tamizado húmedo en laboratorio. Si el material es difícil de pulverizar en estado natural, la operación se puede facilitar con un humedecimiento previo, el cual no podrá rebasar la humedad óptima para la mezcla.

Inmediatamente antes de efectuar la mezcla con la emulsión, se incorporará el llenante activo, si se requiere; luego se verificará la humedad, y si fuere necesario un aumento de ella, se incorporará la cantidad debida de agua y se efectuará la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los planos u ordenada por el Interventor. A continuación, se aplicará la emulsión asfáltica por medio de un carrotanque irrigador con la dosificación y temperatura aprobadas por el Interventor, procediendo a la mezcla con el equipo aceptado hasta obtener un producto homogéneo, de color uniforme y exento de concentraciones de ligante.

Cuando se emplee una recicladora, una vez preparada la superficie existente o extendido uniformemente el material de aporte (y el llenante activo, si se requiere), las operaciones de pulverización, adición de agua, emulsión y aditivos (si se requieren), y la mezcla de los componentes se podrán efectuar en una sola pasada, regulando la velocidad de avance de la máquina y los caudales de agua y emulsión, de modo que la mezcla resulte homogénea y con las dosificaciones previstas en el diseño de la mezcla; si no se obtiene la homogeneidad adecuada con una sola pasada de la máquina, se requerirá la realización de más pasadas hasta obtener el producto apropiado.

**2.5.2 Extensión de la mezcla.** Después de las operaciones de mezcla y eventual transporte, la mezcla se extenderá o perfilará mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal, que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Es posible que los documentos técnicos del proyecto requieran en

algunos casos que las mezclas elaboradas en planta deban extenderse con una terminadora asfáltica.

La extensión y compactación manual sólo se permitirá en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos de extensión y compactación.

En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm), la construcción de la base deberá fraccionarse en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

**2.5.3 Compactación de la mezcla.** Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de compactación, se realizará la compactación, mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos.

Si se considera necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa.

De ser preciso, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial. Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final deberá realizarse con equipo neumático para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

**2.5.4 Apertura al tránsito.** La capa podrá abrirse al tránsito no antes de 5 días de terminada la compactación, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas.

Las capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material estabilizado y compactado sea inferior a uno por ciento (1%).

Dicho período deberá ser, como mínimo, de diez (10) días, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa estabilizada por la acción de

las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán de acuerdo con la Sección 504 de estas especificaciones, excepto que las aplicaciones de emulsión no excederán de tres décimas de litro por metro cuadrado (0.3 l/m<sup>2</sup>) y que el agregado de protección no es requerido.

**2.5.5 Juntas de trabajo.** Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se aplicará una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se dispondrán juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

**2.5.6 Conservación.** El Constructor deberá conservar la capa de pavimento estabilizada con emulsión asfáltica en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

## **2.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

**2.6.1 Controles generales.** Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el buen estado y correcto funcionamiento de los equipos y herramientas empleados por el Constructor; el Interventor ordenará el reemplazo inmediato de aquellos que, a su juicio, no permitan la correcta ejecución de los trabajos a que hace referencia esta Sección.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la presente Sección.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la ejecución de la fase de experimentación.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella resulte necesaria. El control de densidad se realizará en el espesor de capa realmente construido, de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.

- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie de la capa terminada.

- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

**2.6.2 Controles de producción de agregados de adición.** Durante la etapa de producción de los agregados, se examinarán las descargas de los diferentes agregados a los acopios y se ordenará el retiro de aquellos agregados que, a simple vista, presenten trazas de tierra vegetal, materia orgánica, sustancias deletéreas o tamaños superiores al máximo especificado.

Se vigilará, además, la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores. Se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 2.6.2

**Tabla 2.6.2**  
**Verificaciones periódicas sobre los agregados**

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
<b>Composición</b>			
Granulometría		INVE-213	1 por jornada
<b>Dureza</b>			
Desgaste Los Angeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones - En seco, 100 revoluciones - Después de 48 horas de inmersión 500 revoluciones	INV E-218	1 por mes
Micro Deval,	- Agregado Grueso (FT)	ASTM D-6928	1 por mes
10% de finos	- Seco y Húmedo	BS 812 PART 111	1 por mes
<b>Durabilidad</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos		INV E-220	1 por mes
<b>Limpieza</b>			
Límite Líquido		INV E-125	1 por jornada
Índice de Plasticidad		INV E-126	1 por jornada
Equivalente de Arena		INV E-133	1 por semana
Valor de Azul de Metileno		EN-933-9	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales		INV E-211	1 por semana
<b>Geometría de las Partículas</b>			
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227	1 por jornada

*FT = Reporte obligatorio del resultado del ensayo partir de enero de 2007.*

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

En ningún caso se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes de la presente Sección. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor impedirá el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

### **2.6.3 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

**2.6.3.1 Calidad del producto bituminoso.** A la llegada de cada carro tanque con emulsión al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas.

**2.6.3.2 Calidad del agua.** Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua utilizada en la estabilización con emulsión asfáltica, el Interventor verificará u ordenará la verificación de su pH, su contenido de sulfatos y su contenido de materia orgánica, cuyos resultados deben satisfacer las exigencias del aparte 440.2.5 para permitir su empleo.

**2.6.3.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte.** El Interventor realizará u ordenará la realización de las pruebas para verificar la calidad de estos productos, cada vez que lo considere necesario. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

**2.6.3.4 Composición de la mezcla.** Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral

**2.6.3.4.1 Contenido de asfalto.** Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se determinará el contenido de asfalto (INV E-732) y la granulometría de los agregados (INV E-782).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1%) con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor medio del lote (ART%) en más de uno por ciento (1.0%), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART\% - 1.0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1.0\%$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

**2.6.3.4.2 Granulometría de los agregados.** Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Las curvas obtenidas deberán encontrarse dentro de los límites indicados en el aparte 2.2.1 de la presente Sección.

Cuando los valores obtenidos incumplan este requisito, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el aparte 2.2.1. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote al cual corresponda esa muestra.

### **2.6.3.5 Calidad de la mezcla**

**2.6.3.5.1 Resistencia.** Con un mínimo de una (1) muestra por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (seis por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738). Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

La resistencia media de las tres (3) probetas sometidas a curado seco ( $R_m$ ) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la resistencia seca de la mezcla definitiva de trabajo ( $R_t$ ). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta ( $R_i$ ) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio correspondiente ( $R_m$ ), admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

A su vez, la resistencia conservada promedio ( $R_{cm}$ ) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa de material granular estabilizado con emulsión asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un reciclaje de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 2.6.3, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor.

**Tabla 2.6.3**  
**Ensayos complementarios sugeridos para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica**

PROPIEDAD	Número Mínimo de Ensayos		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Módulo Dinámico	-	1 (1)	2 (2)
Curva de Fatiga	-		2 (4)

*Nota: los valores entre paréntesis indican el número de probetas por ensayo.*

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

**2.6.3.6 Calidad del producto terminado.** Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Doscientos cincuenta metros lineales (250m) de capa granular estabilizada con emulsión asfáltica
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m<sup>2</sup>) capa granular estabilizada con emulsión asfáltica
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa estabilizada, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa estabilizada no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

**2.6.3.6.1 Compactación.** Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cuatro (4) por lote,

las cuales se efectuarán por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-161 y E-164. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por cada 50 metros.

La densidad media del lote ( $D_m$ ) deberá ser, como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida al compactar en el laboratorio con la cantidad óptima de ligante las probetas de referencia según la técnica del ensayo Proctor Modificado ( $D_e$ ).

$$D_m \geq 0.95 D_e$$

A su vez, la densidad obtenida en cada medida individual ( $D_i$ ) que resulte inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de laboratorio ( $D_e$ ), deberá ser igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media del lote ( $D_m$ ), admitiéndose sólo un (1) valor defectuoso por lote, siempre y cuando ese valor no sea inferior al noventa por ciento (90%) de la densidad de laboratorio ( $D_e$ ):

$$\text{Si } D_i < 0.95 D_e, D_i \geq 0.97 D_m$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos tendrá como consecuencia el rechazo del lote.

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa granular estabilizada con emulsión asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un reciclaje de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

**2.6.3.6.2 Espesor.** Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada ( $e_m$ ), el cual no podrá ser inferior al de diseño

$$(e_d). E_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ), deberá ser, cuando menos, el noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose

sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al ochenta y cinco (85%) del espesor de diseño (ed).

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. Si el Interventor lo autoriza, las deficiencias en espesor pueden ser corregidas con mezcla asfáltica de las capas superiores; si la corrección queda hecha de forma satisfactoria a juicio del Interventor, la capa granular estabilizada con emulsión asfáltica se pagará según su espesor teórico pero no se medirá ni pagará la mezcla asfáltica empleada en la corrección.

**2.6.3.6.3 Lisura.** La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

Todas las áreas de la capa granular estabilizada con emulsión asfáltica donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

### 3. RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

#### 3.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular de un pavimento existente, de acuerdo con las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; la eventual adición de nuevos materiales pétreos, agua, mejoradores de adherencia, controladores de rotura, puzolanas y otros elementos de aporte; la incorporación de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado; y la mezcla, extensión, compactación y curado de los materiales tratados, de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

#### 3.2 MATERIALES

**3.2.1 Agregados del reciclaje.** Los agregados pétreos serán los resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el proyecto y ajustado por el Interventor cuando corresponda. La gradación será definida en los documentos técnicos del proyecto, en función de los materiales por reciclar; si los términos no indican otra cosa, la granulometría será la indicada en la Tabla 3.2.1

**Tabla 3.2.1**  
**Granulometría admisible para reciclaje de pavimento asfáltico**

Tamiz		Porcentaje que Pasa
mm	U.S. Standard	
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	3/4"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	No.4	30-60
2.00 mm	No 10	20-45
425 µm	No 40	10-30
75 µm	No.200	5-20

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

**3.2.2 Agregados de adición.** En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características de material de base granular (Sección 400, Tabla 400.2) o de subbase granular (Sección 400, Tabla 400.3, Clase A ó B). Salvo que los documentos técnicos del proyecto indiquen otra cosa, se empleará material granular de sub-base clase A (SBG\_A) para el material de adición.

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

**3.2.3 Materiales bituminosos.** Para los reciclajes en frío con emulsión asfáltica, ésta será de rompimiento lento, tipo CRL-1 cuyo residuo de destilación tenga una penetración 100-250, compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el aparte 210.2.2 de la Sección de las presentes especificaciones. Si se requiere una emulsión de diferentes características, de efecto regenerante por ejemplo, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

Para los reciclajes con cemento asfáltico espumado, el ligante será de penetración 80-100, compatible con los agregados pétreos, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el aparte 200.2.2 de la Sección 200 de las presentes especificaciones. Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, éste deberá ser objeto de una especificación particular.

En cualquier caso, se prohíbe la adición de fluidificantes ligeros o crudos de petróleo para producir el reblandecimiento del asfalto del pavimento existente.

**3.2.4 Llenantes activos.** Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento Pórtland, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

En ocasiones también se adicionan llenantes con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica.

**3.2.5 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto.** Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el Constructor y su tipo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla, que se indica en el numeral 450.3. de esta Sección. Asimismo, el Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto

nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor o del Instituto de Desarrollo Urbano.

La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

### **3.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO**

El Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que deberá cumplir todas las exigencias establecidas en la presente Sección. El Constructor elaborará un informe detallado para aprobación del Interventor, en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados (material molido y de adición), del llenante activo, del ligante asfáltico y de la fórmula de trabajo.

Además de las proporciones de mezcla de los agregados (si se requieren agregados de adición), se deberá indicar el porcentaje de ligante bituminoso (aproximado a la décima) en relación con el peso de la mezcla, y los porcentajes de aditivos, respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en esta Sección. La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

De acuerdo con el espesor de pavimento que deba procesarse en los trabajos, según lo establezcan los documentos del proyecto, el Constructor estimará la cantidad óptima teórica necesaria de ligante residual para la combinación de agregados y determinará el tipo y porcentaje de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado y de los aditivos y otros elementos por incorporar, de modo de producir una mezcla cuya calidad sea comparable a una base estabilizada con emulsión asfáltica elaborada con agregados pétreos y ligante asfáltico nuevos.

Previamente a la definición del contenido de ligante, el Constructor establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

El Constructor también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

En todos los casos, la fórmula indicará:

- La identificación y la proporción (en peso seco) de cada fracción del material granular, si se requieren agregados de adición.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada, si se requieren agregados de adición.
- El porcentaje de agua para mezcla y compactación, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión (o asfalto espumado), en relación con el peso seco del material reciclado y el componente mineral adicional si se requiere.
- La identificación y dosificación de llenante activo y de aditivos, si se requieren, que deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación.
- La resistencia a la compresión inconfiada o a la tracción indirecta, según el caso.
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego.

**3.3.1 Resistencia.** Existen diferentes métodos de diseño para reciclajes estabilizados con emulsiones asfálticas o asfaltos espumados. La mezcla se puede diseñar por resistencia a la compresión inconfiada, por resistencia a la tracción indirecta o por módulo dinámico. Los documentos del proyecto pueden establecer, mediante especificación particular, los métodos de diseño y los criterios de selección del contenido óptimo de ligante.

**3.3.1.1 Reciclaje con emulsión asfáltica.** Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de reciclajes con emulsión asfáltica, se utilizará el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738), aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla reciclada:

- Resistencia de probetas curadas en seco  $\geq 2000$  KPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo  $\geq 75\%$

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

**3.3.1.2 Ensayos complementarios.** Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 3.3.1, ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de ligante asfáltico, como complemento del diseño de la mezcla.

**Tabla 3.3.1**  
**Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con productos bituminosos**

PROPIEDAD	Número Mínimo de Probetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco (reciclaje con emulsión asfáltica)	3	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo (reciclaje con emulsión asfáltica)	3	3	3
Módulo Dinámico	-	1	2
Curva de Fatiga	-	4	4

*Fuente - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005*

### **3.4. EQUIPO PARA EL PROCESAMIENTO DE LOS AGREGADOS DE ADICIÓN**

La planta de trituración estará provista, como mínimo, de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir, además, una clasificadora adecuada y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

**3.4.1 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales.** Las labores de disgregación del pavimento existente y de mezcla adecuada de todos los ingredientes hasta su completa homogenización, se ejecutarán por medio de una máquina recicladora autopropulsada.

La recicladora debe ser capaz de disgregar el pavimento hasta la profundidad mostrada en los planos en una sola pasada, manteniendo una profundidad y anchos constantes y un perfil uniforme. Debe poder producir la gradación requerida.

La recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante sólo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la rata instantánea de flujo durante la operación de mezclado.

**3.4.2 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales.** El equipo para la extensión y nivelación de la mezcla elaborada y homogenizada estará conformado por motoniveladoras.

Para la compactación, se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Constructor deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. El equipo de compactación deberá contar con el visto bueno del Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 FRESADO

El fresado consiste en recortar en frío, con un equipo especialmente diseñado para el trabajo, un determinado espesor de la superficie del pavimento (se diferencia del cepillado en que aquél sólo produce pequeñas ranuras, en tanto que éste rebaja efectivamente el nivel superior del pavimento). Se pueden fresar también los pavimentos de hormigón pero, debido a su dureza, normalmente el trabajo tiene un costo mayor que el fresado de mezclas asfálticas.

El procedimiento es ideal cuando se quiere reciclar la mezcla presente en la vía para reemplazar con una capa existente manteniendo las cotas de la rasante, y para reducir a un porcentaje mínimo las cimas en los pavimentos muy ahuellados antes de colocar una carpeta de refuerzo.

Este material obtenido mediante este proceso será el utilizado para el mejoramiento de las vías de acceso.

El fresado (también denominado perfilado en frío) ofrece muchas ventajas. Veinte años atrás, las carreteras se diseñaban para un tránsito menor y para vehículos más livianos que los hallados hoy en día. En consecuencia, muchas carreteras sufren deformaciones y fallas prematuras. El restablecimiento de una superficie uniforme es esencial si se han de reparar apropiadamente estas carreteras. Las agencias responsables de preparar pliegos de especificaciones siempre deben exigir que la colada antigua sea completamente quitada al hacer trabajos de reparación.<sup>1</sup>

### 4.2 LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

En el caso de emulsiones asfálticas, los líquidos no miscibles son el agua y el asfalto. Adicionalmente se tiene el emulgente el cual se deposita en la interface entre el agua y el asfalto y estabiliza la emulsión; éste depende del tipo de emulsión que se requiera.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> (ASTEC 1998 – Fresado y reciclaje de pavimentos asfálticos – Revista Potencia Vol 43 – Goodman Bussines press, Madrid)

Las emulsiones del tipo asfáltico aparecieron en el mercado a principios del siglo XX en diferentes lugares y con usos muy diversos. A principios de 1900 (en 1905) se empleó por primera vez una emulsión asfáltica en la construcción de carreteras en la ciudad de Nueva York; la emulsión utilizada es del tipo aniónica y se empleó en lugar de los usuales caminos fabricados con material pétreo, como una alternativa para evitar el polvo cuando transitaban los vehículos.

En 1914 el estado de Indiana comenzó a realizar trabajos de reparación de caminos empleando estas emulsiones aniónicas. En ese mismo año, en Hamburgo, Alemania, se construyó una carpeta asfáltica con un tratamiento superficial de varias capas, empleando una emulsión estabilizada la cual reacciona activamente con la arcilla del substrato pétreo.

**4.2.1 Tipos de Emulsiones Asfálticas.** Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulgente usado. En este caso podemos hablar de dos tipos, aniónicas y catiónicas:

**4.2.1.1 Emulsiones Aniónicas.** Las Emulsiones Aniónicas derivan su nombre del hecho de que cuando se sumergen dos electrodos en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el Anodo, lo que significa que poseen cargas negativas y tienen, por este hecho, afinidad por los materiales pétreos electropositivos como las calizas y basaltos.

El emulsificante de estas emulsiones aniónicas es un Electrolito, es decir, un cuerpo ionizable que se disocia en el agua en (2) dos fracciones eléctricas; el Anión (carga negativa) y el catión (carga positiva) generalmente este emulsificante es un jabón alcalino de ácido graso, como una sal de sodio o de potasio de un ácido orgánico.

**4.2.1.2 Emulsiones catiónicas.** Se denominan emulsiones Catiónicas, porque a la inversa de lo que sucede con las emulsiones aniónicas, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el catodo cuando se sumergen dos electrodos en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica. Presentan, por tanto, cargas eléctricas positivas y tienen buena afinidad con los materiales pétreos electronegativos, como los de naturaleza silicosa (Cuarzo).

El emulsificante en éste caso también un electrolito, constituido generalmente por un sal de amina o amonio cuaternario, que resulta de la acción de un ácido mineral (clorhídrico, nítrico, acético, etc.), sobre la amina grasa.

**4.2.1.3 Tipos de Emulsiones según su rompimiento**

**4.2.1.3.1 Emulsiones de rompimiento rápido.** Este tipo comprende emulsiones que se caracterizan por el rompimiento rápido al regarse y son adecuadas para tratamientos superficiales; por lo general, este tipo de emulsiones no resultan adecuadas para mezclas con agregado pétreo.

Este tipo de emulsiones se utilizan por lo general en tratamientos superficiales para mantenimiento de carreteras, siendo estas las siguientes:

- Calafateos o trabajos de bacheos
- Riego de gravilla
- Riego de liga
- Curado de concretos

En usos más especializados, como para evitar el anclaje de capas de concreto hidráulico, así como protector de humedad cuando se siembran bordos y terraplenes con pasto.

La germinación mejora mucho, por el hecho de que el asfalto, convenientemente regado en forma de emulsión, retarda la pérdida de agua del suelo por evaporación.

**4.2.1.3.2 Emulsiones de rompimiento medio.** Son emulsiones con estabilidad suficiente para permitir el mezclado, antes de su ruptura con agregados pétreos de cierta granulometría; contienen más estabilizante que las emulsiones de rompimiento rápido.

Estas emulsiones se usan principalmente con los siguientes propósitos:

- Reavivación del pavimento asfáltico o antiguo.
- Mezclas prefabricadas para bacheo o renivelación

Si se mezclan emulsiones de rompimiento lento con agregados que contengan finos en abundancia, la emulsión rompe prematuramente, hay cierto traslapo entre el uso de emulsiones de rompimiento medio y emulsiones de rompimiento lento para este tipo de trabajo.

El grado de estabilidad requerido en la emulsión se determina para cada agregado por medio de ensayos; si se presenta coagulación antes del cubrimiento total del agregado, deberá usarse una emulsión más estable.

**4.2.1.3.3 Emulsiones de rompimiento lento.** Son emulsiones con suficiente estabilidad química para cualquier trabajo en el cual, se requiera la mezcla con material pétreo, incluyendo materiales con gran proporción de finos o materiales químicamente activos como el cemento, la cal hidratada etc.

Estas emulsiones tienen los siguientes usos principales:

- Para mezclas prefabricadas.

- Para bacheo de renivelación

Las normas de calidad que deben cumplir las emulsiones aniónicas y catiónicas, dependiendo de su grado de rompimiento se pueden apreciar en las tablas 4.1.2.5 y 4.1.2.6

**TABLA 4.1.2.5 NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ANIONICAS**

CARACTERISTICAS	GRADO				
	Rompimiento Rápido		Rompimiento Medio	Rompimiento Lento	
	RR - 1	RR - 2	RM - 2	RL - 1	RL - 2
<b>PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL</b>					
Viscosidad Saybolt-Furol a 25 °C, seg.....	20 - 100	---	100 mín.	20 - 100	20 - 100
Viscosidad Saybolt-Furol a 50 °C, seg.....	---	75 - 400	---	---	---
Residuo de la destilación, % en peso, mínimo.....	57	62	62	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo.....	3	3	3	3	3
Demulsibilidad.					
35 ml. de 0.02N CaCl <sub>2</sub> , % ,mínimo.....	60	50	---	---	---
50 ml. de 0.10N CaCl <sub>2</sub> , % ,máximo.....	---	---	30	---	---
Retenido en la malla No. 20, % , máximo.....	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento portland, % , máximo.....	---	---	---	2.0	2.0
<b>PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>					
Penetración , 25 °C, 100 g. 5seg. Grados.....	100 - 200	100 - 200	100 - 200	100 - 200	40 - 90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, % , mínimo.	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductibilidad, 25 °C, cm, mínimo.....	40	40	40	40	40

**Nota:** La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de 30% al bajar su temperatura de 20 ° C a 10 ° C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20 ° C a 40 ° C.

Fuente - <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10577/Capitulo3.pdf>

· TABLA 4.1.2.6 NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES CATIONICAS

CARACTERISTICAS	GRADO					
	Rompimiento Rápido		Rompimiento Medio		Rompimiento Lento	
	RR - 2K	RR - 3K	RM - 2K	RM - 3K	RL - 2K	RL - 3K
<b>PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL</b>						
Viscosidad Saybolt-Furol a 25 °C, seg.....	---	---	---	---	20 - 100	20 - 100
Viscosidad Saybolt-Furol a 50 °C, seg.....	20 - 100	100 - 400	50 - 500	50 - 500	---	---
Residuo de la destilación, % en peso, mínimo.....	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo.....	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. 20, %, máximo.....	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado ( en condiciones de trabajo Prueba de resistencia al agua: Agregado seco, % de cubrimiento, mínimo..... Agregado húmedo, % de cubrimiento, mínimo.....	---	---	80	80	---	---
Miscibilidad con cemento portland, %, máximo.....	---	---	---	---	2.0	2.0
Carga de la partícula.....	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	---	---
pH, máximo.....	---	---	---	---	6.7	6.7
Disolvente en volumen, por ciento, máximo.....	3	3	20	12	---	---
<b>PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>						
Penetración , 25 °C, 100 g. 5seg. Grados.....	100 - 250	100 - 250	100 - 250	100 - 250	100 - 200	40 - 90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo.	97	97	97	97	97.5	97.5
Ductibilidad, 25 °C, cm, mínimo.....	40	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de 30% al bajar su temperatura de 20 ° C a 10 ° C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20 ° C a 40 ° C.

Fuente - <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10577/Capitulo3.pdf>

**4.2.1.6 Usos de las emulsiones catiónicas.** El asfalto es un importante material termoplástico que es ampliamente usado en la construcción y sus usos se hacen extensivos a las emulsiones asfálticas catiónicas, entre los que destacan:

- ✓ Usos generales.
- ✓ Juntas para pavimentos hidráulicos.
- ✓ Adhesivos.
- ✓ Selladores.
- ✓ Impermeabilizantes.
- ✓ Recubrimiento de tubería especial.
- ✓ Para tratamientos superficiales, para pavimentos asfálticos, en carreteras y aeropistas:
  - Riegos de impregnación.
  - Riegos de imprimación o penetración.
  - Riegos negros con emulsión diluida.
  - Riegos de liga.
  - Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada.
- ✓ Morteros asfálticos o Slurry Seal (sólo con emulsiones asfálticas).
- ✓ Bacheo.
- ✓ En la masa o mezcla asfáltica, para carreteras y aeropistas.

- ✓ Mezcla cerrada y mezcla abierta.
- ✓ Grava - emulsión y arena – emulsión.
- ✓ Penetración.
- ✓ Impregnación.

### **4.3 ESTABILIZACIÓN Y MEJORAMIENTO**

Estabilización consiste en la ejecución de todas las actividades necesarias para la construcción de una o varias capas estructurales de pavimentos constituidos por materiales resultantes de la escarificación de la capa superficial existente, o por material de préstamo, o una mezcla de ambos, incrementando su desempeño mecánico y durabilidad mediante procesos fisicoquímicos, con el menor deterioro ambiental y minimizando los riesgos para la salud de los seres vivos.

### **4.4 RECICLADO EN FRIO**

Los pavimentos flexibles o asfálticos en las vías se encuentran expuestos a diversos fenómenos como son el tráfico y las cargas que este le impone, los cambios bruscos de temperaturas, las lluvias, la intemperie, etc. Adicional a esto, el envejecimiento de los materiales que lo constituyen, lo llevan a que sufra un proceso normal de deterioro y pérdida así progresivamente su capacidad o nivel de servicio. Lo que se representa en que la vía disminuya su competencia en los parámetros de seguridad y confort. Al momento en que el pavimento inicie estos periodos de degradación y daño se hace necesario implementar métodos de conservación o reemplazo del mismo, en busca de una mejor calidad para la movilidad.

Las obras de rehabilitación o retiro y restitución de una carpeta asfáltica por una nueva, resulta ser costosa e inviable en muchos casos para las entidades administradoras de las vías, toda vez que el presupuesto público se hace insuficiente ante tanta demanda de pavimentos para intervenir. Esto sin contar cuando los daños resultan ser estructurales y su deterioro involucra afectaciones en las capas de soportes y en algunos casos implica obras de mejoramiento de la sub-rasante.

Mantener unas buenas condiciones de movilidad en la red vial es muy necesario e importante, puesto que por ella se mueve gran parte de la economía de una región o un país. Teniendo en cuenta que todo este tipo de obras resultan ser costosas y que la seguridad, el confort y el cuidado por el medio ambiente no son negociables, se hace necesario implementar nuevas técnicas para el

mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos en el que se pueda garantizar una mayor cobertura en kilómetros cuadrados de pavimentos intervenidos. Es por ello que el **RECICLAJE EN FRIO DE PAVIMENTOS**, se convierte en una alternativa viable, por sus bajos costos, mejores tiempos de ejecución de los trabajos y su generosidad con el ecosistema, debido a que se reduce ostensiblemente la explotación de nuevas canteras que se llevan por delante cantidades de especies de flora y fauna, así como la gran contaminación que se genera por el transporte de todo ese material pétreo necesario para la elaboración de una mezcla asfáltica.

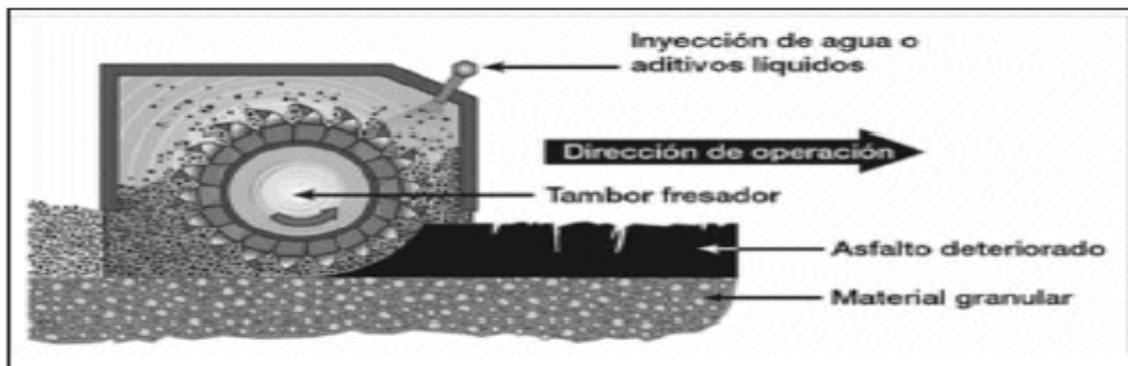
En los casos en que la intervención a un pavimento contempla medidas que van mucho más allá del mantenimiento, como es el caso de la rehabilitación, en donde se hace necesario el fresado y posterior retiro de la carpeta asfáltica y en muchos casos de la base y sub-base que ejercen como capa de soporte. Se presenta una situación adicional que también conlleva a que tome fuerza el tema del reciclaje en frío y es el manejo de todo ese material sobrante retirado del pavimento viejo. Según la legislación vigente, la cual busca proteger en primera medida el medio ambiente, todo ese material sobrante debe ser dispuesto en sitios de acopio autorizados y técnicamente bien administrados, los cuales son cada vez más escasos como es el ejemplo que aplica en la ciudad de Bogotá.

Este material sobrante conserva aún parte de sus propiedades, lo cual se pueden aprovechar, como es el caso de fresado, o RAP por sus siglas en inglés (**Recycled Asphalt Pavement**), puesto que solo necesitaría de un 1% a 3% de ligante para poder ser aprovechado en una nueva estructura, mientras que en la elaboración de una mezcla nueva el porcentaje de betún o ligante que se necesita está entre el 6% y el 7%. Todo esto, junto con el ahorro del transporte y el ahorro de energía puesto que no se trata de la producción de una mezcla nueva, genera unos índices importantes de ahorro energético frente al método convencional de producción de mezclas asfálticas.

En la actualidad el reciclaje en frío es una técnica que se ha puesto de moda y la cual se implementa en porcentajes importantes en las vías de Estados Unidos y Europa, sin embargo esta tecnología presenta un inconveniente en su curado, que resulta ser un procedimiento lento que obliga a dilatar la instalación de las capas superiores cuando se trata de bases estabilizadas en frío. Sin embargo esto puede mejorar utilizando emulsiones sobre estabilizadas de rejuvenecedores de base bituminosa y una gran cantidad de aditivos, con los cuales es posible reducir el tiempo de curado en un 50% con respecto a lo que anteriormente se manejaba. ***“Una vez implementados estos métodos de reducción en tiempos de curado, estas mezclas presentan resistencias elevadas en tiempos muy cortos y sus***

**propiedades finales presentan tanto módulos adecuados como resistencia a la fatiga”<sup>3</sup>**

#### **4.5 PROCESO DEL RECICLAJE DE ASFALTOS EN FRÍO**



Fuente - <http://www.revistasbolivianas.org.bo/>  
"Severich, Mario and Valenzuela Galindo Rodrigo Andrés"

Los procesos de reciclaje de asfaltos en frío, se pueden dar de varias maneras:

En países industrializados con gran potencial de inversión en tecnología, donde se cuenta con equipos de gran envergadura como el referenciado anteriormente, la Recicladora de Asfalto Wirtgen 4200, se emplean métodos de reciclaje de pavimentos en asfalto en frío, con procesos en serie. Es decir a medida que la maquina va fresando el asfalto simultáneamente se van ejecutando los procesos de mezcla, dosificación y aplicación de agua, cemento asfáltico y aditivos rejuvenecedores, así como también los trabajos de extensión y compactado del material.

A parte de todos los beneficios que ofrecen los demás métodos de reciclaje de pavimentos asfálticos en frío, este método no invasivo es generoso con el medio ambiente debido que se evita el transporte de materiales, la explotación de materiales no renovables y el ahorro en la emisión de gases nocivos para la salud y el ecosistema, entre otras.

Por ser un proceso en serie, en el cual se pueden alcanzar producciones hasta de 0,5 km por día, de reciclaje de pavimentos asfálticos en frío, que van desde el fresado del material existente hasta el extendido y compactación, pasando por la

<sup>3</sup> Reciclado en frío in situ de Altas prestaciones, experiencia s y resultado - Antonio Páez Dueñas Dirección de Tecnología. REPSOL. Madrid

mezcla e inclusión de aditivos. Resulta ser generoso con la movilidad evitando sacar de servicio las vías intervenidas en su totalidad puesto que se puede trabajar por carriles o medias calzadas.

A continuación se presenta una crónica del diario el tiempo, sobre los trabajos que se adelantaron y que en la actualidad se adelanta en la ciudad de Bogotá, por medio del reciclaje en frío, con el material que se obtiene del fresado producido en las obras de la malla vial arterial.

## 5. “DISTRITO RECUPERA VÍAS EN 400 BARRIOS CON FRESADO ESTABILIZADO EN FRIO” (DIARIO EL TIEMPO – NOVIEMBRE 08 DE 2010)

El ‘fresado estabilizado’ es el material asfáltico que obtiene la Unidad de Mantenimiento Vial, UMV, como producto de mezclar el pavimento reciclado triturado con la emulsión asfáltica que lo estabiliza. El pavimento asfáltico reciclado o RAP, por su sigla en inglés (**Recycled Asphalt Pavement**), se obtiene de fresar (o raspar) la capa asfáltica que ha cumplido su vida útil en las vías de la ciudad. Esta es, además, una alternativa que reduce la cantidad de escombros que generan las obras públicas.

Parte del pavimento que la UMV ha reciclado para aplicar como ‘fresado estabilizado’ en el mantenimiento en la malla vial de los barrios ha surgido de corredores como la carrera Décima o la Avenida Boyacá. En Colombia, el Distrito Capital ha sido pionero en la utilización del pavimento reciclado y la aplicación del ‘fresado estabilizado’, teniendo en cuenta que puede generar un gran volumen de material para ser reutilizado.

La malla vial de los barrios de Bogotá (llamada local) es de 7.686 kilómetros/carril (corresponde al 53 por ciento de los 15.600 km/carril de la malla vial total de la ciudad). La UMV tiene en promedio 40 frentes de obra a diario.

El fresado estabilizado proporciona una vida útil entre 3 y 4 años en vías de bajo flujo vehicular. Para extender el tiempo de durabilidad, la UMV prueba ahora la aplicación de una capa de asfalto de 5 centímetros sobre el ‘fresado estabilizado’. Con esta medida, la vía puede permanecer en buen estado hasta seis años. El plan piloto con este tipo de intervención se desarrolló en la localidad de Usme.

## **6. VÍAS INTERVENIDAS POR LA UMV CON 'FRESADO ESTABILIZADO'**

*(Fuente DIARIO EL TIEMPO – NOVIEMBRE 08 DE 2010)*

En 2007: 259 mil metros cuadrados en vías de 96 barrios en 15 localidades.

En 2008: se intervinieron 372 mil metros cuadrados en calles de 103 barrios en 17 localidades.

En 2009: 356 mil metros cuadrados de vías. Se aplicó 'fresado estabilizado' en 194 barrios en 19 localidades.

En 2010: 176 Kilómetro-carril, intervenidos en 'fresado estabilizado'. Fresado aplicado 74.781 m<sup>3</sup>

Los más de 987 mil metros cuadrados de vías intervenidas por la UMV con 'fresado estabilizado' en los últimos cuatro años equivalen, aproximadamente, a 2.750 cuadras (cerca de 164 kilómetros lineales de vías locales). En estas obras se han utilizado cerca de 150 mil metros cúbicos de 'fresado estabilizado'.

## 7. LOS BENEFICIOS DEL FRESADO ESTABILIZADO

El 'fresado estabilizado' brinda la posibilidad de recuperar las vías que aún están en tierra o que no se han construido y mejorar así la calidad de vida en barrios periféricos de la ciudad. A continuación se enumeran algunos beneficios:

1. Ecológico. Se minimiza la cantidad de escombros que se generan en las vías en construcción y se reutiliza el material.
2. Disminuye la contaminación. En inmediaciones de las vías intervenidas baja el nivel de contaminación del aire por PM10 (material particulado).
3. Mejora calidad de vida. Según un estudio de la Universidad de Los Andes los ciudadanos reconocen que un beneficio de la intervención con 'fresado estabilizado' es la notable disminución de polvo y barro (en épocas de lluvias) en la vía, las viviendas y sus alrededores.
4. Reduce costos. El mantenimiento o rehabilitación de un segmento vial (cuadra) cuesta entre 50 y 100 millones de pesos. La inversión promedio de una cuadra con 'fresado estabilizado' es de 15 millones de pesos.
5. Condiciones sanitarias. Se reducen las afectaciones respiratorias en personas adultas y niños.
6. Bienestar social. Las comunidades que viven en barrios donde la UMV ha implementado el 'fresado estabilizado' reconocen que la intervención contribuye a mejorar la seguridad y la imagen del sector.
7. Mejor movilidad. En 30 por ciento de los casos se percibe un aumento en el flujo de vehículos después de la intervención de la vía.

Percepción de los usuarios sobre el principal beneficio de la intervención.  
Resultados de la encuesta practicada por la Universidad de Los Andes.

- Reducción significativa de polvo y barro (en época de lluvia): 100%
- Mejora de la estética y apariencia del sector: 50%
- Mejora de la seguridad del sector: 50%
- Mayor organización en la circulación del tráfico vehicular: 30%
- Reducción de la presencia de síntomas de enfermedades respiratorias en los niños: 10%

El pavimento reciclado se usa con gran éxito en el estado de California (Estados Unidos), Argentina y España para la conservación y tratamientos superficiales en carreteras y obras menores.

Las primeras pruebas con pavimento reciclado en zonas periféricas de Bogotá se hicieron con el fresado de las orejas del puente de la calle 127 con Autopista Norte.

En el país no existían pruebas documentales sobre este proceso. Por ende, los trabajadores de la antigua Secretaría de Obras emprendieron los experimentos con los sobrantes de las labores de parcheo. Luego, la Unidad de Mantenimiento Vial (UMV) mejoró la utilización del 'fresado estabilizado' y realizó nuevos ensayos para su perfeccionamiento.

## 8. COMPARATIVO DE PRECIOS ENTRE UN PAVIMENTO CONVENCIONAL Y UN ASFALTO RECICLADO EN FRÍO

Para efectos del presente análisis comparativo de precios se toma como referencia un tramo de 10 metros de longitud, por 3,5 metros de ancho para un pavimento flexible convencional o pavimento asfáltico como opción 1, según la norma IDU ET-2005. Donde tenemos Sub-base granular tipo IDU SBG-1, Base granular tipo IDU BG-1, Emulsión Asfáltica CRL-1, Mezcla densa MD-20 como base asfáltica y Mezcla densa MD-12 como rodadura asfáltica.

Como opción 2 tenemos una estructura de pavimento con Base estabilizada en sitio con un espesor  $E = 0,25$  m y una capa de fresado estabilizado en frío con un espesor  $E = 0,15$  m y una capa de rodadura en material MD-12 de  $E = 0,05$  m, en las mismas condiciones con un tramo 10 metros de longitud, por 3,5 metros de ancho.

<b>COMPARATIVO PRESUPUESTO PARRA UN TRAMO DE 10 METROS DE LARGO POR 3,5 METROS DE ANCHO ENTRE UN PAVIMENTO CONVENCIONAL Y UN ASFALTO RECICLADO EN FRIO CON BASE ESTABILIZADA</b>								
<b>OPCIÓN 1 - PRESUPUESTO PAVIMENTO CONVENCIONAL</b>								
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UN D</b>	<b>LON G</b>	<b>ANCH O</b>	<b>ESPE S</b>	<b>CAN T</b>	<b>VALOR UNT</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
1	SUB-BASE GRANULAR SBG-1	M3	10	3,5	0,2	7	114.166,00	799.162,00
2	BASE GRANULAR BG-1	M3	10	3,5	0,15	5,25	124.515,00	653.703,75
3	IMPRIMACIÓN CAPA 1	M2	10	3,5		35	2.410,00	84.350,00
4	IMPRIMACIÓN CAPA 2	M2	10	3,5		35	2.410,00	84.350,00
5	BASE ASFALTICA MD-20	M3	10	3,5	0,08	2,8	564.744,00	1.581.283,20
6	RODADURA ASFALTICA MD-12	M3	10	3,5	0,06	2,1	621.960,00	1.306.116,00
							<b>TOTAL</b>	<b>4.508.964,95</b>
<b>OPCIÓN 2 - PRESUPUESTO PARA ASFALTO RECICLADO EN FRIO</b>								
<b>ITE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UN</b>	<b>LON</b>	<b>ANCH</b>	<b>ESPE S</b>	<b>CAN</b>	<b>VALOR</b>	<b>VALOR</b>

<b>M</b>		<b>D</b>	<b>G</b>	<b>O</b>	<b>OR</b>	<b>T</b>	<b>UNT</b>	<b>TOTAL</b>
1	BASE ESTABILIZADA EN SITIO	M3	10	3,5	0,25	8,75	67.600,00	591.500,00
2	IMPRIMACIÓN CON CRL-1	M3	10	3,5		7	1.250,00	8.750,00
3	FRESADO ESTABILIZADO	M2	10	3,5	0,15	5,25	37.250,00	195.562,50
6	RODADURA ASFALTICA MD-12	M3	10	3,5	0,05	2,1	621.960,00	1.306.116,00
							<b>TOTAL</b>	<b>2.101.928,50</b>

Para el tramo de 10 metros de longitud por 3,5 metros de ancho con un pavimento convencional, tenemos que contar con un presupuesto de \$ 4.508.964.95, mientras que para un pavimento con una capa de rodadura de 0,5 y asfalto reciclado en frio tenemos un presupuesto de \$ 2.101.928,50 es decir el costo de la opción 2 es el 46 % de la opción 1.

Una de las ventajas enumeradas para el asfalto reciclado en frio y que se suma a las otras ventajas que ofrece esta tecnología.

A continuación se referencian los análisis de precios unitarios, objeto de este cuadro comparativo.

## 9 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### 9.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO (PAVIMENTO CONVENCIONAL)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
OBRA					FECHA	
CAPITULO	VIAS	ITEM	SUB-BASE SBG-1	GRANULAR	UN	M3
MATERIAL		UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
SUB-BASE GRANULAR SBG-1		M3	1,3	48.000,00	62.400	
AGUA		LT	18	70	1.260	
<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>					63.660	
<b>DESPERDICIO</b>					1	637
<b>TOTAL MATERIALES</b>					64.297	
MAQUINARIA Y EQUIPO			TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL	
VOLQUETA 6 M3			62.830	3	20.943	
HERRAMIENTA MENOR M.O.		10%			31	
VIBROCOMPACTADOR			86.000	37	2.324	
MOTONIVELDORA			127.000	37	3.432	
<b>TOTAL EQUIPO</b>					26.730	
MANO DE OBRA		JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B		41.200	30.900	72.100	236,5	305
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					305	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					91.332	
<b>ADMINISTRACION</b>					15%	13.700
<b>COSTOS IMPREVISTOS</b>					5%	4.567
<b>INDIRECTOS UTILIDAD</b>					5%	4.567
<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>					114.166	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
OBRA						
CAPITULO		ITEM	BASE GRANULAR BG-1.		UN M3	
MATERIAL		UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
BASE GRANULAR BG-1.		M3	1,3	52000	67.600	
AGUA		LT	<b>22</b>		1.540	
			<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>		69.140	
			<b>DESPERDICIO</b>		691	
			<b>TOTAL MATERIALES</b>		<b>69.831</b>	
MAQUINARIA Y EQUIPO			TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL	
VOLQUETA 6 M3			62830	3	20.943	
HERRAMIENTA MENOR M.O.		0,1			29	
VIBROCOMPACTADOR			86.000	25	3.440	
MOTONIVELDORA			<b>127000</b>	25	5.080	
			<b>TOTAL EQUIPO</b>		<b>29.492</b>	
MANO DE OBRA		JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B		41200	30900	<b>72100</b>		288
						288
			<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			99.611
			<b>ADMINISTRACION</b>		<b>15%</b>	14.942
<b>COSTOS</b>			<b>IMPREVISTOS</b>		<b>5%</b>	4.981
<b>INDIRECTOS</b>			<b>UTILIDAD</b>		<b>0,05</b>	4.981
			<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>			124.515

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
OBRA						FECHA
CAPITULO	VIAS		ITEM	IMPRIMACIÓN CON CRL-1		UN M2
MATERIAL			UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
EMULSIÓN CRL-1	ASSFALTICA		M2	1	1.250	1.250
AGUA			LT	3	70	210
				<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>		1.460
				<b>DESPERDICIO</b>	1	15
				<b>TOTAL MATERIALES</b>		1.475
MAQUINARIA Y EQUIPO				TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
TANQUE IRRIGADOR				125.000	450	278
HERRAMIENTA M.O.	MENOR	10%				16
				<b>TOTAL EQUIPO</b>		294
MANO DE OBRA		JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B		41.200	30.900	72.100	450	160
				<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		160
				<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		1.929
				<b>ADMINISTRACION</b>		15%
						289
<b>COSTOS</b>			<b>IMPREVISTOS</b>			5%
						96
<b>INDIRECTOS</b>			<b>UTILIDAD</b>			5%
						96
				<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>		2.410

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
OBRA				FECHA		
CAPITULO	VIAS		ITEM	BASE ASFALTICA MD-20	UN	M3
MATERIAL			UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
BASE ASFALTICA MD-20			M3	1,25	298.700,00	373.375
AGUA			LT	18	70	1.260
			<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>			374.635
			<b>DESPERDICIO</b>	1		3.746
			<b>TOTAL MATERIALES</b>			378.381
MAQUINARIA Y EQUIPO				TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
VOLQUETA 6 M3				62.830	1,5	41.887
HERRAMIENTA MENOR M.O.		10%				721
VIBROCOMPACTADOR				86.000	12	7.167
FINISHER				115.000	7	16.429
			<b>TOTAL EQUIPO</b>			66.204
MANO DE OBRA		JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B		41.200	30.900	72.100	10	7.210
			<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			7.210
			<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			451.795
			<b>ADMINISTRACION</b>		15%	67.769
<b>COSTOS</b>			<b>IMPREVISTOS</b>		5%	22.590
<b>INDIRECTOS</b>			<b>UTILIDAD</b>		5%	22.590
			<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>			564.744

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
OBRA				FECHA		
CAPITULO	VIAS		ITEM	RODADURA ASFALTICA MD-12	UN	M3
MATERIAL			UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
BASE ASFALTICA MD-12			M3	1,25	334.956	418.695
AGUA			LT	18	70	1.260
			<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>			419.955
			<b>DESPERDICIO</b>			1
			<b>TOTAL MATERIALES</b>			424.155
MAQUINARIA Y EQUIPO				TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
VOLQUETA 6 M3				62.830	2	41.887
HERRAMIENTA MENOR M.O.			10%			721
VIBROCOMPACTADOR				86.000	12	7.167
FINISHER				115.000	7	16.429
			<b>TOTAL EQUIPO</b>			66.204
MANO DE OBRA		JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B		41.200	30.900	72.100	10	7.210
		<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				7.210
		<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				497.569
		<b>ADMINISTRACION</b>			15%	74.635
<b>COSTOS</b>		<b>IMPREVISTOS</b>			5%	24.878
<b>INDIRECTOS</b>		<b>UTILIDAD</b>			5%	24.878
		<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>				621.960

## 9.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (ASFALTO RECICLADO EN FRIO + 0,05 METROS DE RODADURA ASFÁLTICA)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
OBRA					FECHA		
CAPITULO	VIAS		ITEM	BASE ESTABILIZADA EN SITIO	UN	M3	
MATERIAL			UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
BASE ESTABILIZADA EN SITIO			M3	1	-	-	
AGUA			LT	18	70	1.260	
EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO			LT	70	75	5.250	
			<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>			6.510	
			<b>DESPERDICIO</b>			65	
			<b>TOTAL MATERIALES</b>			6.575	
MAQUINARIA Y EQUIPO				TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL	
RECICLADORA				120.000	5	24.000	
HERRAMIENTA MENOR M.O.			10%			42	
VIBROCOMPACTADOR				86.000	40	2.150	
			<b>TOTAL EQUIPO</b>			26.192	
MANO DE OBRA			JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B			41.200	30.900	72.100	172	419
			<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			419	
			<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			33.186	
			<b>ADMINISTRACION</b>			4.978	
<b>COSTOS</b>			<b>IMPREVISTOS</b>			1.659	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>UTILIDAD</b>			1.659	
			<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>			41.482	

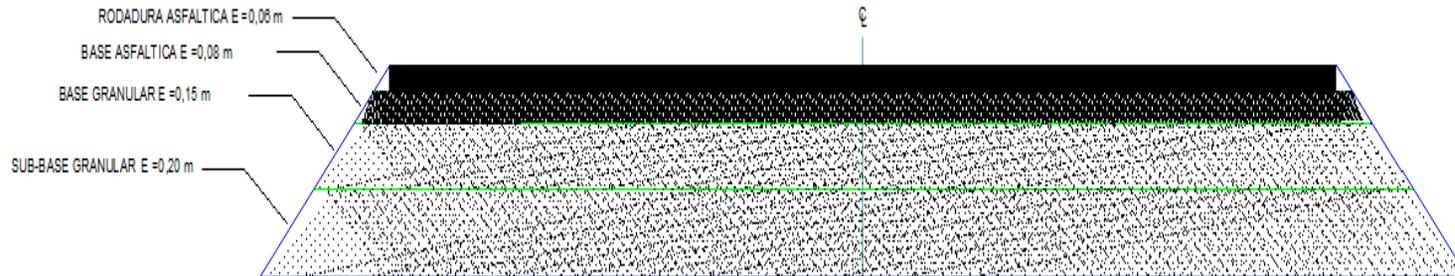
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
OBRA					FECHA	
CAPITULO	VIAS		ITEM	IMPRIMACIÓN CON CRL-1	UN	M2
MATERIAL			UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
EMULSIÓN ASSFALTICA CRL-1			M2	1	1.250	1.250
AGUA			LT	3	70	210
			<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>			1.460
			<b>DESPERDICIO</b>		1	15
			<b>TOTAL MATERIALES</b>			1.475
MAQUINARIA Y EQUIPO				TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
TANQUE IRRIGADOR				125.000	450	278
HERRAMIENTA MENOR M.O.		10%				16
			<b>TOTAL EQUIPO</b>			294
MANO DE OBRA		JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B		41.200	30.900	72.100	450	160
			<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			160
			<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			1.929
			<b>ADMINISTRACION</b>		15%	289
<b>COSTOS</b>			<b>IMPREVISTOS</b>		5%	96
<b>INDIRECTOS</b>			<b>UTILIDAD</b>		5%	96
			<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>			2.410

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
OBRA			FECHA		
CAPITULO VIAS			ITEM	FRESADO ESTABILIZADO	UN M3
MATERIAL			UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
FRESADO			M3	1	32.400
AGUA			LT	22	70
EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO			LT	70	48
SUB-TOTAL MATERIALES					47.020
DESPERDICIO					1
TOTAL MATERIALES					47.490
MAQUINARIA Y EQUIPO				TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO
VOLQUETA 6 M3				62.830	2
HERRAMIENTA MENOR M.O.				10%	16
VIBROCOMPACTADOR				86.000	25
MOTONIVELDORA				127.000	40
TOTAL EQUIPO					38.046
MANO DE OBRA		JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO
CUADRILLA TIPO B		41.200	30.900	72.100	442
TOTAL MANO DE OBRA					163
TOTAL COSTOS DIRECTOS					85.699
ADMINISTRACION					15%
COSTOS IMPREVISTOS					5%
INDIRECTOS UTILIDAD					5%
IVA SOBRE UTILIDAD					16%
TOTAL COSTO UNITARIO					107.810

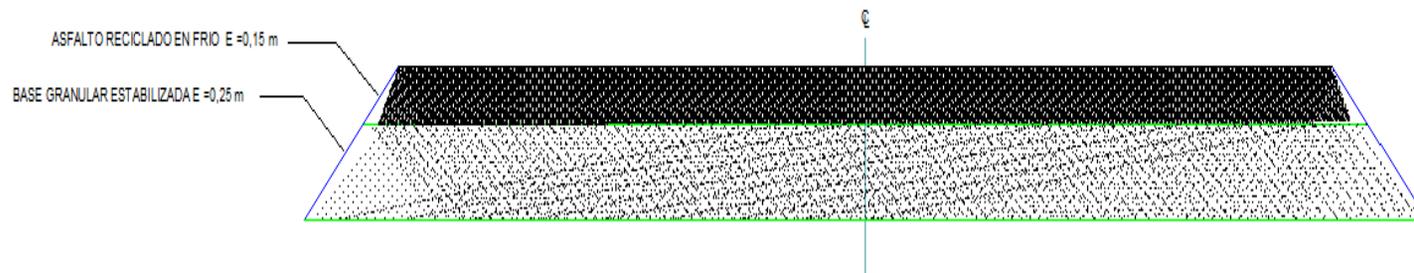
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
OBRA					FECHA		
CAPITULO	VIAS		ITEM	RODADURA ASFALTICA MD-12	UN	M3	
MATERIAL			UNIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
BASE ASFALTICA MD-12			M3	1,25	334.956	418.695	
AGUA			LT	18	70	1.260	
				<b>SUB-TOTAL MATERIALES</b>		419.955	
				<b>DESPERDICIO</b>	1	4.200	
				<b>TOTAL MATERIALES</b>		424.155	
MAQUINARIA Y EQUIPO				TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL	
VOLQUETA 6 M3				62.830	2	41.887	
HERRAMIENTA MENOR M.O.			10%			721	
VIBROCOMPACTADOR				86.000	12	7.167	
FINISHER				115.000	7	16.429	
				<b>TOTAL EQUIPO</b>		66.204	
MANO DE OBRA			JORNAL BASICO	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR TOTAL
CUADRILLA TIPO B			41.200	30.900	72.100	10	7.210
					<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		7.210
				<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		497.569	
				<b>ADMINISTRACION</b>		15%	74.635
<b>COSTOS</b>				<b>IMPREVISTOS</b>		5%	24.878
<b>INDIRECTOS</b>				<b>UTILIDAD</b>		5%	24.878
				<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>		621.960	

### 9.3 DISEÑO DE ESPESORES

#### DISEÑO DE ESPESORES PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL



#### DISEÑO DE ESPESORES ASFALTO RECICLADO EN FRIO



*Fuente – Elaboración propia*

## 10. ALCANCE O DELIMITACIÓN DEL DOCUMENTO

### 10.1 EN TERRENO

Memoria técnica sobre la rehabilitación de 3400 metros cuadrados correspondientes a las vías de acceso a un lote ubicado en la Carrera 7 con calle 200 costado occidental en la ciudad de Bogotá. Se instaló material granular (Sub-base y Base), más una capa de rodadura conformada por fresado asfáltico estabilizado con emulsión asfáltica en frío.

Para lograr cumplir con lo planteado se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

**PLAZO INICIAL DE EJECUCIÓN:** 45 días. (01 de Agosto al 15 de Septiembre de 2012)

**PRESUPUESTO:** \$ 314.000.000 (Trescientos catorce millones de pesos )

**MAQUINARIA DISPONIBLE:** Motoniveladora, Vibro compactador, Retro cargador, Camión irrigador, Volquetas.

**PERSONAL DISPONIBLE:** Ingeniero Director, Ingeniero Residente, Maestro y ayudantes.

Los materiales, (Sub-base y Base granular) son traídos desde la cantera de Vistahermosa en el municipio de Mosquera Cundinamarca.

## 11. JUSTIFICACIÓN

### 11.1 RAZONES TÉCNICAS:

- Mejorar las condiciones de tránsito tanto para vehículos pesados como peatones.
- Garantizar una estructura durable y resistente a la carga de tránsito existente.
- Dar una solución de bajo impacto ambiental, teniendo en cuenta que se construirá una capa de rodadura con asfalto reciclado y emulsión en frío.

### 11.2 RAZONES ECONÓMICAS:

- Valorizar este lote propiedad de G&J ferreterías, mediante el mejoramiento de las vías de acceso.
- Realizar un tratamiento de bajo costo, teniendo en cuenta los materiales a utilizarse (bases granulares, pavimento reciclado, emulsión), garantizando a su vez funcionalidad y durabilidad.
- Reducir gastos de rodamiento y mantenimiento de los vehículos pesados que circulan a diario por estas vías teniendo en cuenta que al tener mejores condiciones de tránsito, los vehículos sufren menos desgaste y daños por irregularidad en la vía.

## 12. OBJETIVOS

Este proyecto tiene como propósito Realizar el acompañamiento en campo y la memoria técnica acerca del trabajo a realizarse para la rehabilitación de 3400 m<sup>2</sup> de vías locales de acceso a bodegas ubicadas en la carrera 7 con calle 200 en Bogotá, mediante colocación de capas granulares y una capa de rodadura conformada por material reciclado (fresado) estabilizado con emulsión asfáltica.

A continuación se presenta una descripción de los principales objetivos que comprenden este trabajo de recopilación de información :

- Revisar del estado del arte y verificación de la normatividad del Instituto de Desarrollo Urbano
- Recopilar la información primaria y secundaria correspondiente a la vía.
- Verificación preliminar de las condiciones de la obra a ejecutar.
- Verificación en campo mediante conteo simple del volumen de tráfico que circulan por estas vías de acceso a la bodega.
- Ejecución de Obra
- Acompañamiento en terreno a los distintos procesos constructivos a realizarse para lograr la rehabilitación de las vías de acceso a la bodega. Registro fotográfico de cada una de las actividades a ejecutarse.
- Ejecución del diseño establecido (espesores de pavimento), en terreno.
- Control de calidad
- Auscultación a la estructura una vez construida para verificar su funcionamiento en tiempo real.
- Análisis de resultados y compilar información de campo
- Elaborar la memoria técnica de la ejecución de la Obra.

- Describir las consideraciones generales sobre pavimentos y las anomalías que un pavimento asfáltico pudiese contener.
  - Realización de un estudio y análisis de la zona del proyecto para determinar las Alternativas de Rehabilitación del Pavimento Asfáltico.
  - Descripción y realización del diseño de las Alternativas convencionales para la Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos.
  - Caracterización y descripción del procedimiento y la maquinaria involucrada en la técnica del fresado y reciclado de Pavimentos Asfálticos.
  - Realización de un análisis para la determinación de la Alternativa más viable
1. Para el caso en mención que trata de la elaboración de una ***“Memoria Técnica Sobre La Rehabilitación De 3400 m<sup>2</sup> De Vías Locales De Acceso a Bodegas Ubicadas En La Carrera 7 Con Calle 200 Costado Occidental En Bogotá”***

El procedimiento consta de los siguientes pasos:

- a) Excavaciones para retiro de material existente contaminado y para llegar a una cota de sub-rasante competente para posterior colocación de las capas de soporte, Sub-base y Base granular.
- b) Transporte, acopio, extendido, humectado y compactado de capas de soporte Sub-base y Base granular.
- c) Construcción de obras hidráulicas como sumideros.
- d) Instalación de sardinel, como elemento de confinamiento.
- e) Transporte y acopio de fresado, donado por el Instituto de Desarrollo Urbano IDU, en este caso producto del fresado obtenido del contrato 074/2008 mantenimiento de la malla vial de la ciudad de Bogotá.
- f) Extendido de fresado, al cual se le incluye agua para humectarlo y para que posteriormente cuando se le incluya la emulsión asfáltica de rompimiento rápido, esta tenga una mayor capacidad de impregnar el agregado fino y el agregado grueso. La proporción de emulsión asfáltica por cada metro cubico de fresado, es de 70 litros/m<sup>3</sup>.
- g) Finalmente cuando el material este homogéneamente humectado y mezclado, se procede a extenderlo, cerearlo y compactarlo.

### 13. SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO



Excavación para adecuación de la entrada principal sobre la carrera 7, encontrándose un buen material de soporte y losa de concreto de aproximadamente 12 cm como terminado.



Labores de escarificación para secado de material de sub-base tipo B-200.



Instalación de material granular tipo sub-base b-200 seco para sacar la humedad en el material ya instalado.



Instalación de rajón para mejoramiento de la sub-rasante existente, teniendo en cuenta la zona verde adyacente, la cual acumula gran cantidad de agua



Instalación de Sub-base tipo B-200



Tracto mulas en el corredor intervenido lo cual dificulta las labores de extendido y compactación del material, teniendo en cuenta el espacio reducido para maniobrar con las maquinas.

#### ACCESO A OFICINAS G & J



Excavación para arreglo de acceso a las oficinas de la bodega, así como el primer tramo de rajón instalado.



Excavación para reparar fallo evidenciado luego de someter a carga el tramo. Se presenta nivel freático (agua que permanece de manera constante).



Nivelación del tramo construido para garantizar buenas condiciones de drenaje



Retiro de escombros y material sobrante.



Instalación de tubería de 8" pulgadas Novafort para drenar las aguas lluvias que llegan al tramo a construirse.



Instalación de elementos para confinamiento



Transporte y disposición del RAP, se debe descargar en forma de cordón.



El material se debe humedecer para mejorar sus condiciones de aleación con la emulsión asfáltica



Imprimación con emulsión asfáltica



Extendido del material para aplicar nueva capa de emulsión y lograr una mezcla homogénea



Extendido y chequeo del material para ver si es necesario aplicarle más emulsión



Céreo de capas para proceder a compactar posteriormente



Excavación para arreglo de acceso a las oficinas de la bodega, así como el primer tramo de rajón instalado.



Excavación para reparar fallo evidenciado luego de someter a carga el tramo. Se presenta nivel freático (agua que permanece de manera constante).



Nivelación del tramo construido para garantizar buenas condiciones de drenaje



Retiro de escombros y material sobrante



Instalación de tubería de 8" pulgadas Novafort para drenar las aguas lluvias que llegan al tramo a construirse.



Instalación de elementos para confinamiento



Vista asfalto reciclado a nivel de rasante



Base granular, capa terminada



Acordonamiento de material de fresado



Extendido del material



Suministro y aplicación de emulsión asfáltica



Vista asfalto reciclado en frío y zonas en pavimento rígido, obra terminada

## 14. CONCLUSIONES

En la construcción de vías generalmente se desecha los materiales sobrantes de los procesos cuando se trata de proyectos nuevos, o se desecha el material existente cuando se trata de proyectos donde hay que reemplazar un elemento por otro, ya sea porque se espera prolongar su vida útil, o mejorar sus condiciones de desempeño. Idealmente esto no se debería hacer, puesto que se está generando un gran daño al ecosistema y a la vez se están desaprovechando recursos, que a su vez se pueden convertir en economía para la construcción.

Los recursos naturales que se intervienen para la explotación de materiales de construcción, son recursos no renovables y su uso implica una serie de afectaciones al medio ambiente, puesto que este proceso, aparte que modifica la morfología de la zona, genera desplazamiento y extinción de especies de flora y fauna y en muchos casos nacederos de agua y modifica o altera el cauce de los ríos, situaciones que más adelante se pueden convertir en desastres naturales. Es claro que la evolución de los mercados y el comercio genera la necesidad de construir nuevas y mejores vías, en las que en la gran mayoría de casos se utiliza materiales vírgenes, es decir su consecución se da a través de explotación de nuevas canteras. Esta es una realidad a la que no podemos escapar. Es un reto para la ingeniería poner en práctica o poner de moda o a la vanguardia nuevas técnicas constructivas en las que el daño al ecosistema tienda a ser mínimo, garantizando así unos altos niveles de confort y servicio. Idealmente todas esas nuevas técnicas constructivas tienen que orientarse a la reutilización de los materiales remanentes de las vías en servicio, en este caso a través de todo tipo de material que se pueda volver a usar, eso sí sin olvidar que los trabajos tienen que ser durables, técnica y económicamente viables.

En el caso de las emulsiones asfálticas, se tiene que estas se pueden obtener como un derivado del petróleo, o a través de medios naturales, dos fuentes al igual que el ejemplo anterior, no renovables, que están supeditadas a los hallazgos de nuevos sitios de explotación, el petróleo como elemento necesario para generar energía, mover vehículos y maquinaria entre otros, resulta ser el de más consumo a nivel mundial, donde los yacimientos que mayor potencial ofrecen, se dan en países con tendencias políticas definidas, por decirlo así este elemento se convierte en un recurso de manejo político monopolizador de mercados y amarrado a la conveniencia del gobernante de turno que incluso puede desestabilizar el comercio mundial, solo con amenazar con cortar el suministro y/o venta a los países que lo necesitan. De igual forma ese monopolio

también se presta para jugar con el precio del petróleo y sus derivador, que para nuestro caso el asfalto a un costo mayor puede convertir un presupuesto de un pavimento en un proyecto no viable.

La tendencia de las reservas de petróleo es a llegar a su fin en pocos años y al igual que las emulsiones asfálticas son también una problemática a futuro. Es por esto que toma fuerza el reciclado de asfaltos, puesto que el producto de fresar una carpeta asfáltica ofrece el llamado RAP, el cual conserva un remanente de ligante asfáltico y que a su vez disminuye la cantidad necesaria que se requiere para obtener un producto estabilizado, ya sea como capa de soporte e incluso una capa de rodadura.

Para construir una vía o un acceso a un sitio determinado, requiere de una gran inversión si se trata de emplear un método convencional en búsqueda de obtener un producto como puede ser un pavimento rígido, articulado o flexible entre otros.

Esta memoria técnica recopila una completa información sobre la rehabilitación de unas vías locales en la Ciudad de Bogotá, donde se demuestra cómo obtener un buen trabajo, a través del aprovechamiento de los residuos reciclados de los pavimentos asfálticos. Donde se obtienen ventajas técnicas, económicas y medioambientales.

Podemos ver en el documento como se puede llegar a mejorar las condiciones de accesos y parqueaderos en las instalaciones de una gran empresa, en la cual sus directivos conscientes de la poca disponibilidad de presupuesto para una obra, pero con la necesidad de mejorar las condiciones de movilidad para el ingreso y salida de vehículos con carga, se arriesgaron a construir unos pavimentos con asfalto reciclado, combinado con algunas zonas en pavimento rígido, preferiblemente en los lugares en donde los vehículos de carga pesada ( camiones con hierro figurado para distribución en Bogotá ), maniobran para hacer giros de ingresos y salida de las bodegas.

De ello se pueden rescatar muchas cosas positivas, como son la economía de la obra, puesto que se implementó una técnica constructiva de muy buenos precios, que a su vez es amable con el ecosistema, puesto que se está reutilizando un material que en otro momento se hubiese dispuesto en una escombrera generando contaminación, no solo por convertirse en un material inútil que ocupa

espacio, sino que también se disminuye la contaminación por la no necesidad de transportarlo a ese lugar.

Estas obras técnicamente bien trabajadas, con unas buenas estructuras para la evacuación de aguas lluvias y de escorrentía, con elementos idóneos de confinamiento de las capas conformadas, si bien no tendrán una vida útil de 15 a 20 años, lograrán un periodo de durabilidad de cinco a siete años, con la posibilidad de volver a aprovechar en una gran porcentaje el material allí dispuesto, cuando sea necesario un mantenimiento de esa vía.

Durante la descripción del proceso constructivo se presentaron fallos puntuales en varios sectores, tanto en zona de tráfico como en los patios de maniobras y de parqueo, cargue y descargue. Para que sea óptimo un pavimento de estas características, es importante garantizar una homogeneidad y calidad de soporte en todas las capas, tanto sub – rasante, como en las capas estabilizadas o de soporte, puesto que como se trata de unos pavimentos con material reciclado con menor capacidad de carga que la de un pavimento convencional, en los cuales, en caso de presentarse un fallo desde una de las capas inferiores, muy seguramente este fallo se va a proyectar hacia las capas superiores hasta llegar a la capa de rodadura con una gran posibilidad de que el daño sea mayor.

Por esto es importante encontrar el método de mejorar esa situación según sea el caso, para el proyecto en mención, cuando se trató de un fallo en la sub-rasante se mejoró su capacidad con la instalación de rajón, lo que le aporta una mayor capacidad de carga al suelo. En las capas de soporte se encontraron fallos por saturación del material, en estos casos el proceso se trató de reemplazar el material por un material seco y posteriormente se procedió a compactar.

La ingeniería de vías y pavimentos tiene que tender cada día más y más a adoptar estas técnicas constructivas, que se convierten en una solución rápida y económica al cliente.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

Beer, T., Young, P. C., 1983. Longitudinal dispersion in natural streams. J. Environ. Eng. Volumen 109. N° 5. pp 1049–1067.

Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU ET – 2005.

GOODMAN BUSSINES PRESS, ASTEC 1998 – Fresado y reciclaje de pavimentos asfálticos – Revista Potencia Vol 43 –, Madrid

Rogelio Rodríguez Talavera, Víctor Manuel, Castaño Meneses, Miguel Martínez, SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, Madrid, Documento Técnico No. 23, Sanfandila, Qro, 2001.

SEVERICH, Mario y VALENZUELA GALINDO, Rodrigo Andrés. REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE LA CIUDAD DE COCHABAMBA MEDIANTE EL FRESADO Y RECICLADO EN FRÍO. JBC.

[online]. oct. 2010, vol.7, no.21 [citado 24 Agosto 2012], p.29-39. Disponible en la World Wide

Web:<[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2075-89362010000300007&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2075-89362010000300007&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2075-8936.