



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**REHABILITACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS PAVIMENTADOS**  
**UTILIZANDO GEOTEXILES NO TEJIDOS**  
**- SISTEMA PETROMAT -**

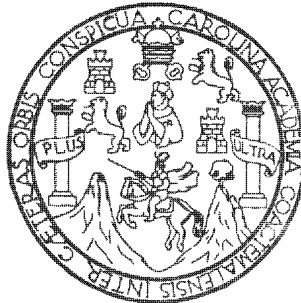
**LUIS ADOLFO CHICAS TORRES**

**Asesorado por Ing. Erik Salvador Torres Morales**

**Guatemala, agosto de 2005**

2005 – REHABILITACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS PAVIMENTADOS UTILIZANDO GEOTEXTILES NO TEJIDOS -SISTEMA PETROMAT- - USAC

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**REHABILITACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS PAVIMENTADOS  
UTILIZANDO GEOTEXILES NO TEJIDOS  
- SISTEMA PETROMAT -**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Presentado a la Junta Directiva de la  
Facultad de Ingeniería

POR

**LUIS ADOLFO CHICAS TORRES**

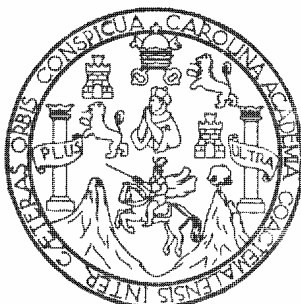
**Asesorado por: Ing. Erik Salvador Torres Morales**

Al conferírsele el título de

**INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2005**

## **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



### **FACULTAD DE INGENIERÍA**

#### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	
VOCAL II:	Lic. Amaham Sánchez Alvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

#### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Danilo Gustavo Midence Monroy
EXAMINADOR:	Ing. Francisco Javier Morales Morales
EXAMINADOR:	Ing. Jorge Alberto Lam Lau
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **REHABILITACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS PAVIMENTADOS UTILIZANDO GEOTEXILES NO TEJIDOS - SISTEMA PETROMAT -**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de febrero de 2004.

Luis Adolfo Chicas Torres

## **AGRADECIMIENTOS A**

<b>DIOS</b>	Por ser mi fuente de apoyo espiritual. Gracias a Él logré esta meta
<b>MIS PADRES</b>	Luis Alberto Chicas Hernández y María Isabel Torres Mendoza de Chicas. Gracias de todo corazón, por siempre.
<b>MI ESPOSA</b>	Zoila Marina Flores Raymundo Con todo mi amor, por su apoyo en todo momento.
<b>MIS HIJOS</b>	Paola Andrea, Luis Eduardo, Cinthya Michelle, con cariño especial.
<b>MI HERMANA</b>	Jackeline Judith Chicas Torres, con cariño especial.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **RECONOCIMIENTO**

**A:**

**Ing. Erik Salvador Torres Morales**

Por su asesoría y por su decidido y continuo apoyo  
en el transcurso del desarrollo del presente  
trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	v
INTRODUCCIÓN .....	vii
OBJETIVOS .....	ix
1. CONOCIMIENTO DE LOS GEOSINTÉTICOS PARA PAVI- MENTACIÓN O REHABILITACIÓN DE CARRETERAS .....	1
1.1 Geosintéticos .....	1
1.2 Geotextiles .....	3
1.3 Geotextiles No tejidos .....	9
1.4 Geotextiles no tejidos de polipropileno estabilizado para repavimentación .....	11
1.5 Geotextiles en la construcción .....	13
2. TELAS DE PAVIMENTACIÓN O GEOTEXTILES EN REPAVI- MENTACIÓN .....	17
2.1 El Problema .....	17
2.2 Producto .....	19
2.3 Agrietamiento del pavimento .....	20
2.4 Beneficios económicos .....	23
2.5 Instalando las telas de pavimentación .....	24
2.6 Instalación .....	26
3. PAVIMENTACIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTOS Y CORRECTA INSTALACIÓN .....	29
3.1 Retos en aplicaciones y diseño .....	29



3.2	Soluciones y beneficios de los geotextiles .....	29
3.3	Productos .....	30
3.4	Membranas para reparación de pavimento .....	30
3.5	Petrotac .....	30
3.6	Pro-guard .....	31
3.7	Membrana amortiguadora de esfuerzos .....	31
3.8	Tratamiento de franjas .....	33
3.9	Efectividad en el costo .....	33
3.10	Reparación de asfaltos .....	34
	3.10.1 Procedimiento de trabajo .....	35
	3.10.2 Ejemplo con costos .....	36
3.11	Construcción de pavimentos .....	37
	3.11.1 Procedimiento de construcción .....	38
	3.11.2 Ejemplo con costos .....	39
3.12	La instalación correcta del geotextil mejora las capas de repavimentación .....	40
	3.12.1 Colocación manual Vs. Colocación mecánica .....	40
	3.12.2 Geotextiles en curva .....	42
3.13	Repavimentación con mezclas de concreto asfáltico usando geotextiles no tejidos .....	43
	3.13.1 Ejemplo de aplicación .....	45
3.14	Los geo-sintéticos mejoran la vida de servicio de los pavimentos .....	47
4.	EL SISTEMA PETROMAT AMOCO .....	51
4.1	Propiedades del material .....	51
	4.1.1 Tela petromat .....	51
	4.1.2 Capa ligante .....	52
4.2	Beneficios .....	52

4.2.1	Prolonga la duración del pavimento .....	53
4.2.2	Reduce la infiltración del agua .....	53
4.2.3	Reduce el agrietamiento reflectante .....	54
4.2.4	Económico .....	54
4.2.5	Versátil .....	54
4.2.6	Fuerte y durable .....	55
4.2.7	Fácil de instalar .....	55
4.3	Instalación .....	55
4.3.1	Equipo .....	55
4.3.2	Distribuidora de asfalto .....	55
4.3.3	Equipo de aplicación de la tela .....	56
4.3.4	Equipos misceláneos .....	56
4.4	Procedimiento .....	56
4.4.1	Preparación de la superficie .....	56
4.4.2	Aplicación de la capa ligante .....	57
4.4.3	Colocación de la tela .....	57
4.4.4	Capa de refuerzo de mezcla en caliente .....	58
4.5	Otras consideraciones .....	58
4.5.1	Temperatura ambiente .....	58
4.5.2	Precaución de tráfico .....	59
4.5.3	Reciclaje de pavimentos .....	59
4.5.4	Limitaciones .....	59
5.	PROCEDIMIENTO DE GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTA- CIÓN EN GUATEMALA .....	61
5.1	Definición y descripción .....	61
5.2	Requisitos de los materiales .....	62
5.3	Preparación de la superficie .....	66
5.4	Limitaciones del clima .....	67

5.5	Preparación del material bituminoso .....	67
5.6	Aplicación del material bituminoso .....	68
5.7	Colocación del geosintético para pavimentación .....	72
5.8	Colocación de la carpeta asfáltica .....	73
5.9	Control del tránsito .....	74
5.10	Tolerancias en Guatemala .....	74
5.11	Control de calidad .....	74
5.12	Medida .....	75
5.13	Pago .....	75
6.	PROCEDIMIENTO DE CAMPO EN LA ACTUALIDAD DE APLICACIÓN EN OBRAS CARRETERAS .....	77
6.1	Procedimiento según especificaciones generales .....	77
6.2	Procedimiento según especificaciones técnicas especiales ...	80
6.3	Procedimiento de solicitud de utilización .....	82
6.3.1	Tipo de telas a utilizar .....	83
6.3.2	Características y certificados de calidad del producto ...	89
6.3.3	Solicitud a través de justificación técnica -Costo-Beneficio- .....	93
6.4	Proveedores del producto en Guatemala .....	94
6.5	Precios de las telas de repavimentación .....	96
6.6	Análisis de características de escogencia de telas de repavimentación .....	97
	CONCLUSIONES .....	101
	RECOMENDACIONES .....	103
	BIBLIOGRAFÍA .....	105

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

I.	Importancia de las funciones y espesor de geotextil no tejido no importando la marca, según su uso .....	15
II.	Aplicaciones de la tela.....	31
III.	Demanda de sellante para superficies de pavimento existente .....	45
IV.	Especificaciones del Petromat 4599 .....	52
V.	Requisitos para el material bituminoso .....	62
VI.	Requerimientos físicos para tela de pavimentación en Guatemala..	63
VII.	Tiempo de curado para la emulsión asfáltica .....	71
VIII.	Precios de telas de repavimentación en Guatemala. Datos para el año 2005 .....	97
IX	Requerimientos del Geotextil.....	98

## FIGURAS

1.	Rol de los Geotextiles.....	6
2.	Propiedades Comparativas de familias de polímeros.....	7
3.	Geotextil tejido: -woven-.....	9
4.	Geotextil no tejido: non woven.....	10
5.	Geotextiles no tejidos de polipropileno estabilizado.....	12
6.	Secuencia de instalación.....	28
7.	Estructura del pavimento reparado.....	37
8.	Ejemplo con costos.....	39
9.	Rollo de retroexcavadora 416.....	41
10.	Geotextiles no tejidos.....	84
11.	Geotextiles tejidos.....	85
12.	Propiedades de Geotextiles no tejidos.....	86
13.	Guía de aplicación de Geosintéticos.....	87
14.	Guía de aplicación de Geosintéticos.....	88
15.	Geotextil Amoco estilo 4553.....	90
16.	Geotextil Amoco estilo 4598 Petromat.....	91
17.	Certificado de calidad de Amoco.....	92
18.	Funciones por aplicación de los Geotextiles Amanco.....	99
19.	Datos técnicos Mirafi.....	100

## **INTRODUCCION**

Este trabajo está enfocado a poder ejecutar una rehabilitación de carretera pavimentada utilizando geotextiles no tejidos, los cuales son de gran ayuda respecto al costo de rehabilitación de una carretera principal o secundaria, en este trabajo podemos desarrollar el tema desde sus propiedades del material a utilizar, así como los beneficios, su correcta instalación en campo, los diversos tipos existentes de geotextiles usados para refuerzos de carreteras, así como ejemplos de costos en reparación de asfaltos, sus aplicaciones en proyectos y los avances en especificaciones en nuestro medio para su utilización por parte de la Dirección General de Caminos.

Veremos en resumen las telas de pavimentación utilizadas en la rehabilitación de carreteras pavimentadas, como solucionan el problema de infiltración de agua en las carreteras, derivado del agrietamiento de la misma que causa deterioro del pavimento, teniendo una gran ventaja, para ello, que baja costos del pavimento o mezcla asfáltica por colocar, da una carretera con vida útil más larga, impermeabiliza el pavimento y su instalación es hecha con equipo y material de construcción convencional o sea que no se requiere equipo especial.

Este tema está enfocado a la ampliación de los conocimientos de cómo poder hacer una rehabilitación de carretera pavimentada de una manera práctica, técnica y económica, para romper esquemas dentro del medio en la rehabilitación, ya que, es un método en Guatemala y Centroamérica que ha sido usado muy poco y hoy en día todavía se evita su uso por falta de conocimiento técnico y temor al cambio tradicional.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Ampliar los conocimientos técnicos de los profesionales de la Ingeniería Civil sobre los geotextiles no tejidos utilizados para la rehabilitación de carreteras en Guatemala que permita la apertura o motivación de estos sistemas en los medios constructivos de nuestro país en el área de carreteras.

### **ESPECÍFICOS**

- Contar con un manual que permita apoyar los criterios y parámetros adecuados de cuando proponer y utilizar geotextiles para pavimentación de carreteras o rehabilitación de carreteras.
- Conocer que geotextiles pueden ser utilizados en la rehabilitación de carreteras.
- Establecer como opción más práctica y de grandes beneficios en costo y tiempo de finalización de obras de rehabilitación de carreteras.
- Dar ejemplo de la aplicación de repavimentación de carreteras con geotextiles para sus aplicaciones futuras en el país.



# **1. CONOCIMIENTO DE LOS GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTACIÓN O REHABILITACIÓN DE CARRETERAS**

## **1.1 GEOSINTÉTICOS**

Son materiales sintéticos, cuyo principal beneficio es que aportan las propiedades y funciones que no poseen los materiales naturales, para el diseño y la construcción de todo tipo de obras.

También se pueden definir como productos hechos por el hombre, para su aplicación en proyectos relacionados con la Ingeniería Geotécnica, Civil y Ambiental.

Los Geosintéticos se dividen, principalmente, en:

- Geotextiles y
- Geomembranas

Excluyendo aquellos productos basados en fibras naturales.

También los Geosintéticos pueden ser agrupados de la siguiente forma:

1. Geotextiles
2. Geomembranas
3. Geomallas o Geogrillas
4. Georedes
5. Geocompuestos
6. U otros Geo-productos.

Los **geotextiles**: Se definen como tejidos permeables usados en conjunto con suelos o rocas como parte integral de un proyecto realizado por el hombre.

Las **geomembranas**: Se definen como membranas impermeables usadas conjuntamente con suelos o rocas. En resumen, la diferencia estriba en la permeabilidad o la falta de la misma, lo cual es una característica de los Geosintéticos o productos.

Existen muchos geosintéticos en el mercado nacional, pero, para efectos del tema, nos concentraremos en geotextiles que permitan la repavimentación en carreteras; pero, es bueno definir algunos términos importantes dentro de las generalidades de los Geosintéticos en el área de geotextiles.

**Geoceldas**: Nombre utilizado en América para los geotextiles celulares.

**Geomallas**: Productos relacionados a los geotextiles, poseen grandes aperturas rectangulares (llamadas en inglés “Geotextile grids”), o aperturas no-rectangulares (conocidas más frecuentemente en inglés “geotextiles nets”).

**Geoproductos**: Este término incluye a los geosintéticos, a productos relacionados a los geotextiles hechos de fibras naturales, y a refuerzos de tierra metálicos.

**Geocompuesto**: Geosintético compuesto de 2 o más geoproductos.

Los Geosintéticos representan las últimas tecnologías aplicadas en los Estados Unidos, Europa y Asia, para reemplazar los métodos tradicionales que se venían utilizando en la ingeniería, por los siguientes beneficios:

- Es una tecnología amigable con el medio ambiente, ya que disminuye la explotación de materiales naturales no renovables.
- Evita y soluciona los problemas asociados a los métodos tradicionales de construcción.
- Reduce el tiempo y costo de ejecución de las obras.
- Al aumentar la vida útil de los proyectos, optimiza los recursos disponibles, promoviendo así el desarrollo de más obras con la misma inversión.

## **1.2 GEOTEXTILES**

Los usos principales dados a los geotextiles son:

- Control de erosión
- Filtración
- Separación de capas
- Refuerzo de tierra y taludes
- Muros de contención
- Protección de geomembranas.

Hay reportes del uso de geotextiles que datan de 1926, se considera que realmente estos productos se incorporan a los diseños de ingeniería a partir de 1970. De ese momento a la fecha, su desarrollo ha sido impresionante, aunque todavía son vistos por los profesionales en 2 formas diametralmente opuestas. Hay quienes dicen que los geotextiles son sólo un truco de la industria textil y quienes creen que estos productos son la panacea para todo problema geotécnico. La información y entendimiento sobre el tema es la verdadera clave para una aplicación exitosa de cualquier tecnología nueva y los geosintéticos no son una excepción.

## FUNCIONES BÁSICAS DE LOS GEOTEXTILES

Las 4 funciones básicas de los geotextiles son:

- a) Separación
- b) Filtración
- c) Refuerzo
- d) Drenaje (o transmisión de fluidos)

**a) Separación:** Cuando un geotextil se utiliza como un separador, éste debe prevenir la mezcla de partículas de 2 capas de suelo con propiedades diferentes. Esto previene la contaminación que podría perjudicar la conducta deseada de las capas granulares de suelo.

**b) Filtración:** En esta aplicación, el geotextil debe promover el desarrollo de un filtro natural en el suelo adyacente, reteniendo las partículas de suelo, al tiempo que permite el paso libre del agua.

**c) Refuerzo:** El geotextil utilizado para refuerzo debe proveer la resistencia y capacidad de amarre superficial de tal manera que soporte y mantenga a la masa de suelo.

**d) Drenaje:** En su uso para la transmisión de fluidos, el geotextil mismo debe proveer el medio de drenaje para que el agua o los gases fluyan fuera de la tierra.

En muchas aplicaciones es posible identificar una función dominante, pero generalmente las otras funciones del geotextil realizan un papel esencial aunque secundario. Un ejemplo de esto se puede apreciar en la construcción

de un camino no pavimentado, donde la función primaria del geotextil es de separación pero, si se utiliza un geotextil delgado y liso, con poca permeabilidad, la estructura entera fallaría por deslizamiento planar, puesto que el agua no drenaría.

La comprensión total de cada función es vital en el uso de los geotextiles y la selección del material adecuado para cada diseño en particular se debe basar en unificar la habilidad del geotextil para realizar cada una de las funciones básicas, con la importancia o papel relativo a ocupar en una aplicación o diseño. Un ejemplo de esto lo constituye la construcción de un relleno sanitario, donde aparentemente el geotextil se aplica para refuerzo. En este caso la función primordial es la de separación y la de refuerzo, aunque muy importante, es una función secundaria. Ver Figura No. 1, en página siguiente.

Los geotextiles se pueden dividir en base a la materia prima utilizada para su fabricación. A pesar de que la mayoría de los geotextiles se hacen a partir de polímeros sintéticos, algunos geotextiles especializados pueden incorporar alambre de acero, fibras naturales biodegradables o fibra de vidrio, como lo es el caso de geotextiles utilizados para controlar la fracturación reflectiva de pavimentos. Cuando se incorpora acero al geotextil, la intención es proveer al material con una resistencia tensil alta durante un período de tiempo corto (debido a la fatiga del metal). Los geotextiles que incorporan fibras vegetales se utilizan casi que exclusivamente para control de erosión, sobre todo en sitios de bajos flujos de agua.

**FIGURA No. 1 ROL DE LOS GEOTEXILES**

APLICACIÓN	FUNCIÓN			
	Separación	Drenaje (Transmisión de fluido)	Refuerzo	Filtración
Caminos no asfaltados	●	●	●	●
Protección de ríos y costas	●	●	●	●
Áreas de relleno granular	●	●	●	●
Drenaje para muros de contención	●	●	●	●
Debajo de geomembranas	●	●	●	●
Drenajes casi horizontales	●	●	●	●
Refuerzo basal de terraplenes	●	●	●	●
Muros de tierra reforzada	●	●	●	●
Pilotes en terraplenes	●	●	●	●
Redes para contención de piedra	●	●	●	●
Relleno hidráulico encapsulado	●	●	●	●
Control de erosión	●	●	●	●
Estructuras flexibles	●	●	●	●
Drenaje francés (de trinchera)	●	●	●	●

Las 4 familias principales de polímeros utilizados para la fabricación de geotextiles son: Ver Figura No. 2.

**FIGURA No. 2 PROPIEDADES COMPARATIVAS DE FAMILIAS DE POLÍMEROS**

FAMILIA DE POLÍMEROS		Separación	Drenaje (Transmisión de fluido)	Refuerzo	Filtración
Resistencia		●	●	•	•
Módulo elástico		●	●	•	•
Resistencia al punto de falla		●	●	●	●
Arrastre o deslizamiento		•	●	●	●
Peso unitario		●	●	•	•
Costo		●	●	•	•
RESISTENCIA A:					
RAYOS ULTRA VIOLETA	Estabilizado	●	●	●	●
	No-Estabilizado	●	●	•	•
Análisis		•	●	●	●
Ataque biológico		●	●	•	●
Combustibles		●	●	•	•
Detergentes		●	●	●	●

1. Polietilenos (de alta, media y baja densidad)
2. Poliamidas (principalmente el nylon)
3. Poliesteres
4. Polipropilenos

Se pueden dividir los geotextiles en base a la forma o mecanismo como son producidos, al igual que a la configuración o patrón como son confeccionados.

Para efectos prácticos listaremos los siguientes:

1. Geotextiles tejidos
2. Geotextiles no tejidos
3. Geotextiles celulares
4. Geomallas biaxiales
5. Geomallas uniaxiales
6. Geomallas tridimensionales
7. Geocompuestos

Trataremos únicamente de geotextiles tejidos y no tejidos.

### **Geotextiles no tejidos y tejidos:**

Sistemas de refuerzo, separación, filtración y drenaje para la construcción de vías pavimentadas y no pavimentadas, vías férreas, terraplenes, repavimentación y curvas de contención.

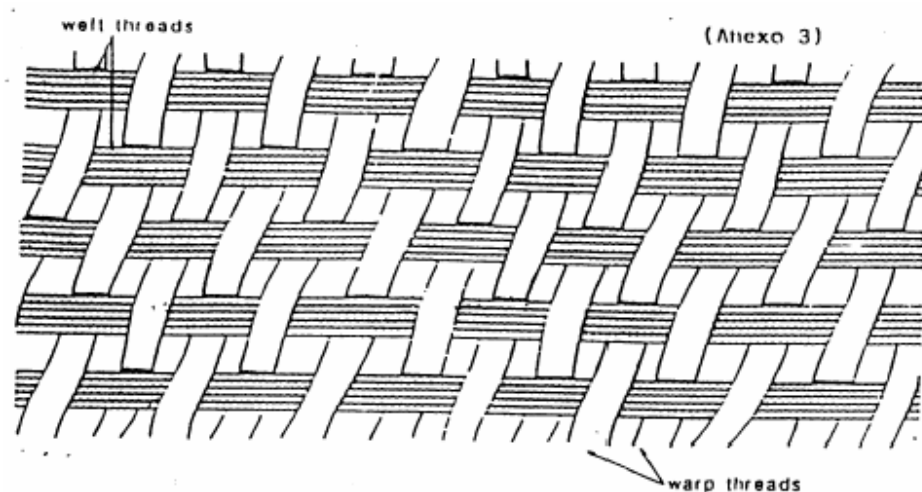
Los Geotextiles tejidos fueron los primeros en ser desarrollados y representan casi una cuarta parte de los geotextiles usados en el mundo.



Pueden ser fabricados de monofilamentos o, con tiras laminares o una combinación de ambos. Como su nombre lo indica, son hechos mediante procesos de tejido similares a los textiles de ropa y con leves patrones tales como el “uno arriba, uno abajo” (patrón sencillo), el “uno abajo, dos arriba” (patrón cruzado), o el “uno abajo, cinco arriba” (patrón satinado).

Los geotextiles tejidos han ido ocupando con el tiempo y gracias al desarrollo de polímeros más resistentes, el nicho de materiales para refuerzo y separación, sobre todo por el confinamiento relativo que dan a las partículas del suelo. Ver Figura No. 3.

**FIGURA No. 3 GEOTEXTIL TEJIDO (WOVEN)**



### **1.3 GEOTEXTILES NO TEJIDOS**

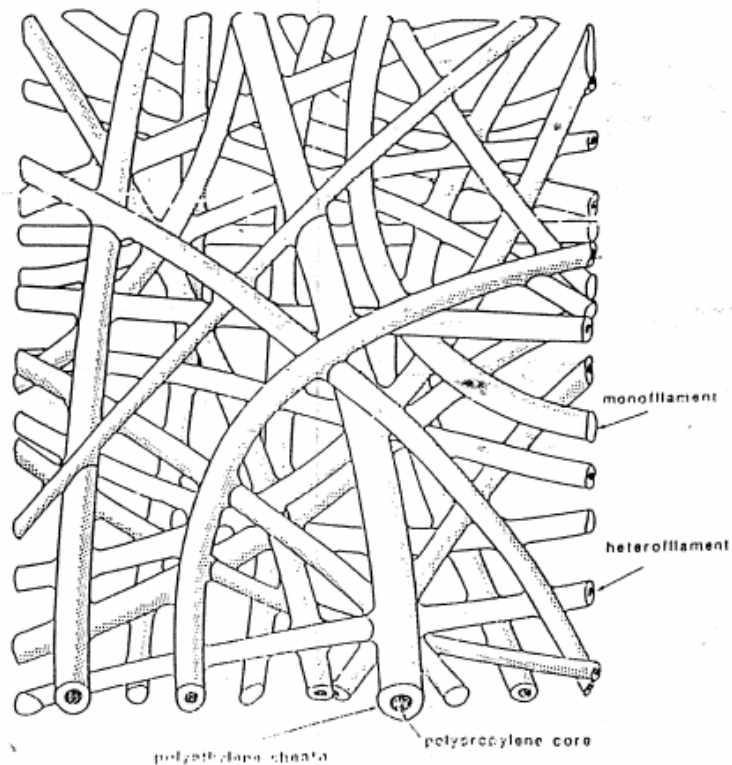
Se denominan de esta forma para diferenciarlos de los tejidos y porque en apariencia final no llevan patrones simétricos como se da en los anteriores. Se pueden dividir en 3 categorías según su tipo de enlace:

1. No tejidos, de enlace térmico

2. No tejidos, de enlace químico
3. No tejidos, de enlace mecánico

Geotextiles no tejidos, de enlace térmico, se producen rociando filamentos continuos de polímeros sobre una banda sinfín que luego pasa por unos rodillos calientes. La ausencia de cualquier tipo de orientación axial, típica de los geotextiles tejidos, da a los no tejidos una mayor resistencia isotrópica. Una desventaja de estos geotextiles radica en el hecho de que con el calor al cual son sometidos durante su fabricación, sus largas cadenas moleculares pueden reorientarse, lo que les resta en gran parte su resistencia y módulo de elasticidad. Este problema se puede resolver en gran parte utilizando heterofilamentos. Ver Figura No. 4.

**FIGURA No. 4 GEOTEXTIL NO-TEJIDO (NON-WOVEN)**



Geotextiles no tejidos de enlace químico, se forman rociando filamentos de polímeros al azar sobre una banda sinfín y se sumerge el tejido o se rocía con químico. Estos son los geotextiles menos usados.

Los geotextiles de enlace mecánico también son conocidos como “needle-punched”, se fabrican enredando deliberadamente filamentos mediante la inserción y remoción de agujas que se mueven al azar, logrando así enlaces relativamente flojos, lo que permite la creación de espacios vacío.

Dependiendo de su espesor y permeabilidad, los geotextiles no tejidos se pueden utilizar principalmente para filtración y drenaje, aunque los de mayor espesor tienden a utilizarse para separación y refuerzo.

#### **1.4 GEOTEXTILES NO TEJIDOS DE POLIPROPILENO ESTABILIZADO PARA REPAVIMENTACIÓN**

Veremos en la página siguiente, en la figura No. 5, que existen dos tipos de geotextiles no tejidos de polipropileno estabilizado para repavimentación, el Petromat 4597 y el 4599, dentro de todos los geotextiles no tejidos.

**FIGURA No. 5 GEOTEXILES NO TEJIDOS DE POLIPROPILENO ESTABILIZADO**

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL ROLLO												
PROPIEDADES	METODO DE ENSAYO	UNIDAD	4535	4546	4550	4551	4552	4553	4555	4557	4561	Petromat <sup>®</sup>
<b>FISICAS</b>												
Resistencia a la Tracción "Geot"	ASTM D-4632	N	445	510	650	810	900	1075	1350	1420	1610	480
Elongación a la Tracción "Geot"	ASTM D-4632	%	60	60	60	60	60	70	70	70	70	60
Resistencia al Estirado "Mullen"	ASTM D-3786	kPa	1300	1820	2100	2540	3240	3640	4800	5200	6850	2000
Resistencia a la Perforación	ASTM D-4833	N	380	340	420	500	580	700	1000	1000	1480	480
Resistencia al Desgarro: Triangular	ASTM D-4533	N	200	220	280	360	450	510	700	720	980	245
Resistencia a los Rapios Ultraveloces	ASTM D-4385	0.68 J/m <sup>2</sup>	30500	30500	30500	30500	30500	30500	30500	30500	30500	30500
Resistencia Adhésiva	TS DOT 3099	libra'										1.5
<b>HIDRAULICAS</b>												
Apertura Apuntada de Boros (AOB)	ASTM D-4731	mm	312	312	312	350	350	350	350	350	350	150
Permeabilidad	ASTM D-4981	sec.'	3.4	3.0	2.4	2.2	1.9	1.7	1.4	1.3	1.0	
Flejo de Agua	ASTM D-4981	libra/cm <sup>2</sup>	173	153	123	112	95	86	71	66	50	
<b>EMPAQUE</b>												
Peso Nominal	ASTM D-3776	g/m <sup>2</sup>	120	135	150	180	200	240	280	350	400	150
Ancho del Rollo		m	300	437	560	637	760	837	1010	1137	1310	430
Largo del Rollo		m	1001	914	1001	914	1001	914	1001	914	1001	1001
Peso Bruto		kG	40	66	78	84	99	114	144	161	191	66
Area		m <sup>2</sup>	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
<b>USOS SUGERIDOS</b>												
Separación/Estabilización			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de Erosión			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desaje			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estabilización de Vías Férreas												
Reparación												

La información presentada aquí se suministra sin costo u obligación alguna y el usuario asume toda la responsabilidad por su uso. Debido a que las condiciones de uso y manejo pueden variar y están fuera de nuestro control, no hacemos ninguna declaración acerca de, y no somos responsable por daños y perjuicios de la información presentada o del funcionamiento de cualquier producto. Cualquier especificación, propiedad o aplicación basada aquí se suministra solamente como información y de ninguna manera garantiza, certifica, asegura o garantiza ningún producto. Nada de lo contenido aquí debe entenderse como una recomendación para ningún propósito. Los productos presentados corresponden a parámetros estadísticos de datos obtenidos en ensayos laboratoriales de control de calidad.

<sup>®</sup>Petromat es una marca registrada para las telas de geomembranas fabricadas por Arisco Fabric and Fibres Company.

## 1.5 GEOTEXTILES EN LA CONSTRUCCIÓN

El origen del uso de este tipo de materiales, se remonta a la antigüedad, sabiéndose del uso de tierra reforzado con tejidos de follaje de palmera en Babilonia, así como esteras de bambú, bajo la Gran Muralla China. Pero no es hasta 1926, en una autopista de Carolina del Sur, en Estados Unidos, que se aplicó por primera vez en la época moderna un geotextil de origen orgánico. En las décadas 60/70 comienzan a usarse en gran escala los geotextiles sintéticos, para resolver problemas relacionados con la construcción.

De acuerdo con el Sub-Comité D-35 de la ASTM, los geotextiles son membranas permeables, usadas en suelos, roca, tierra u otro material que forme parte de una estructura o sistema, fabricados con fibras sintéticas, para ser usados en obras de ingeniería, usos industriales y otras aplicaciones afines.

Dichas telas están hechas de polimeros sintéticos, siendo los más usados el polipropileno, poliéster, polietileno y las poliamidas. El geotextil no tejido usado en repavimentación, está fabricado con fibra de polipropileno, cuyas propiedades son las mejores, en cuanto a resistencia a los microorganismos, ácidos, bases y agentes oxidantes. Su sensibilidad a los rayos ultravioleta de la luz solar no es importante, ya que en general en las obras que se utiliza, queda pretejida a la acción del sol.

No importa que nombre tenga el geotextil no tejido usado, Petromat, Petrotela, Repav, que son los vendidos en el mercado, estará, constituido por fibras o filamentos en polipropileno, repartidas de manera aleatoria y cuya unión está asegurada por un tratamiento térmico-mecánico (termofijado), condición que le da particularmente, alta resistencia mecánica, a causa de su gran longitud de filamentos.

Los geotextiles se fabrican en diversos países del mundo, y en América se producen en Canadá, Estados Unidos, México, Brasil y para nuestra conveniencia en Guatemala, por Frazima Concepción, S.A. en diversos tipos, para diferentes usos.

## FUNCIONES DE UN GEOTEXTIL

Los geotextiles pueden cumplir cinco funciones principales:

### A. FUNCIONES MECÁNICAS

Separar  
Reforzara

### B. FUNCIONES HIDRÁULICAS

Filtrar  
Drenar  
Impermeabilizar (impregnado)

Debido a la continuidad de su superficie, puede separar dos suelos o materiales de diferentes características, sin permitir su mezcla.

Por su textura fibrosa resistente, puede repartir esfuerzos concentrados, reforzando la estructura en que se encuentre.

Detiene las partículas sólidas, pero conserva una gran permeabilidad a los fluidos, constituyendo un excelente medio filtrante.

Constituye un dren a lo largo de su plano, por lo que permite drenar la humedad en esa dirección.

Su permeabilidad, permite su fácil impregnación, por ejemplo con asfalto, para convertirlo en una membrana impermeable.

En la mayoría de los casos, el geotextil cumple simultáneamente varias de estas funciones, debiendo hacerse la elección del tipo conveniente, en base a la función principal requerida. Sin embargo, será necesario considerar las funciones secundarias y no despreciarlas en el momento de la decisión.

**TABLA I. IMPORTANCIA DE LAS FUNCIONES Y ESPESOR DE GEOTEXTIL NO TEJIDO NO IMPORTANDO LA MARCA, SEGÚN SU USO**

DIFERENTES USOS	ESP.	IMP.	SEP.	REF.	FILT.	DREN.
Caminos de terracería con poco tráfico	X	--	XXX	XX	XX	XX
Caminos de (CCA)eso a obras	X	---	XXX	XXX	XX	XX
Vías férreas	XXX	---	XXX	XXX	XX	XXX
Áreas de bodega	X	---	XXX	XXX	X	XXX
Reparac. y construcción de pavimentos	XX	XXX	XXX	XXX	---	---
Sub-drenajes	XXX	---	XXX	---	XXX	XX
Campos deportivos	XX	---	XXX	---	XX	XX
Drenaje vertical	XXX	---	---	---	XXX	XXX
Control erosión	X	---	XXX	XX	XXX	X
Estanqueidad	XX	XXX	XXX	XXX	---	---

REFERENCIAS:      XXX:            muy importante  
                           XX:             importante  
                           X:              poco importante  
                           ---:            no afecta  
                           ESP.:         espesor  
                           IMP.:         impermeabilizar  
                           SEP.:         separar  
                           FILT.:        filtrar  
                           DREN.:       drenar





## **2. TELAS DE PAVIMENTACIÓN O GEOTEXILES EN REPAVIMENTACIÓN**

### **2.1 EL PROBLEMA**

Muchos ingenieros tienen la creencia errada de que los pavimentos son impermeables. En realidad, el agua superficial se infiltra a través del cemento de concreto asfáltico (CCA) a una velocidad de 33 a 50 por ciento – 50 a 67 por ciento a través de pavimentos de concreto Pórtland (CCP). El agua de lluvia, de drenaje superficial, o de irrigación choca con el pavimento, se filtra a través de éste y se asienta en la base de la carretera. Como muchas de las bases de las carreteras no tienen buen drenaje, el agua se queda en la base y en la subrasante causando la deterioración prematura del pavimento.

El suelo de la subrasante penetra la base de agregado de la carretera, estropeando bases tratadas con asfalto y rompiendo bases estabilizadas químicamente. Debido a que la infraestructura de las carreteras tiene una pendiente mínima, solamente una base de agregado limpio unido al sistema adecuado de drenaje del borde del pavimento, removerá el agua suficientemente rápido de la base del mismo para evitar deterioración.

La mayoría de los ingenieros que creen que cuentan con bases con drenaje libre, tienen en realidad una base que puede tomar días para drenar. Las bases contienen finos excesivos, puede que no estén unidas al sistema de drenaje de la orilla del pavimento o puede que terminen en material del paseo muy compactado. En el momento en que el pavimento se drena naturalmente, está penetrando más agua de la superficie, lo que mantiene saturada la base de

la carretera la mayoría del tiempo. Una estructura de pavimento saturada el 10 por ciento del tiempo solo alcanzará un 50 por ciento de su vida de diseño o proyectada (Cedergren 1974).

Para repavimentación, el problema del agrietamiento por reflexión de las capas de repavimentación en concreto asfáltico sobre pavimentos rígidos y flexibles se particularmente presionante para el departamento de transporte de California (Caltrans) terminando los años sesentas cuando los pavimentos construidos para el programa interestatal empezaron a cumplir con su vida útil. Un número de soluciones potenciales fueron evaluadas, incluyendo una base de agregado no ligado "cushion courses", rompedores de liga y refuerzo en malla metálica. Se encontró que las soluciones o eran parcialmente efectivas o eran extremadamente costosas. Es entendible entonces el interés por una nueva generación de geotextiles para repavimentación no tejidos en polipropileno y poliéster de bajo costo que ofrecían la posibilidad de control del agrietamiento por reflexión con capas de repavimentación más delgadas. Lo que siguió fue un programa de 13 años de ensayos de campo y de laboratorio y estudios analíticos del efecto de los geotextiles para repavimentación en el comportamiento del pavimento. Con base en estos resultados, han venido siendo utilizados rutinariamente por Caltrans para la rehabilitación de pavimentos desde comienzos de los años ochentas.

El exceso de humedad en las bases de las vías es la causa principal de fallas prematuras. El noventa por ciento de los problemas de humedad en la subrasante y en la base, tienen origen en la lluvia que entra en la vía a través de la superficie. Las cargas de vehículos pesados pueden causar daños enormes, especialmente cuando la base está húmeda y debilitada.

## 2.2 PRODUCTO

¿Cómo usted mantiene los pavimentos drenados? Cuando esté construyendo un pavimento nuevo, use un geotextil para separar el subsuelo de la base limpia y de drenaje libre – uno que tenga una permeabilidad de por lo menos 1 a  $10^{-1}$  mm/sec (Marienfeld, M. y T. Baker 1998). Para pavimentos con bases de drenaje libre, éste debe estar unido a un drenaje efectivo del borde del pavimento o a un sistema de drenaje inferior que ayude a drenar el agua rápidamente.

¿Qué se hace con pavimentos existentes? La mayoría de los pavimentos no tienen bases de drenaje suficientemente rápidas para que los drenajes del borde del pavimento realicen su trabajo. Para éstos y otros pavimentos (incluyendo pavimentos nuevos), la solución simple es en primer lugar, evitar que el agua entre a la carretera. Aquí es donde tiene sentido un sistema de entrecapa con tela de pavimentación.

Una tela de pavimentación, típicamente no tejida, agujada, de 4 oz/yd<sup>2</sup>, es extendida sobre un riego de liga de cemento asfáltico de 0.25 gal/yd<sup>2</sup>. El calor y la presión de una carpeta nueva reactiva el riego de liga asfáltica forzándolo hacia arriba para saturar la tela de pavimentación y para pegar la carpeta. Esto forma un sistema de entrecapa con tela de pavimentación. Cuando se instala correctamente, este sistema de entrecapa mantiene la humedad fuera y provee una capa de absorción de esfuerzo que retarda las grietas reflexivas y extiende grandemente la fatiga en los pavimentos.

Estudios de núcleos de pavimentos muestran que los pavimentos son permeables sin un sistema de entrecapa con tela de pavimentación (incluyendo “pavimentos densos”, como son los de mezclas densas y los que usan caucho

reciclado). Estos estudios también indican que estos pavimentos pueden ser casi impermeables con sistemas de entrecapa de tela de pavimentación (El condado de Los Ángeles, Departamento de Obras Públicas de California; Departamento de Transportación de California 1976).

Aunque las telas de pavimentación se usan más que nada en proyectos de rehabilitación, deberán ser consideradas para pavimentos nuevos ya que las funciones de barrera de humedad y de absorción de esfuerzos aumentarán tremendamente su vida útil. Las entrecapas con tela de pavimentación son también muy populares para pavimentos anchos como son las pistas de aterrizaje o los parqueos, donde la trayectoria hacia los drenes inferiores o drenes del borde pueden estar distantes.

### **2.3 AGRIETAMIENTO DEL PAVIMENTO**

El agrietamiento del pavimento es la señal más visible de peligro en el mismo. Dos tipos comunes de agrietamientos, reflexivo y fatiga, comienzan en la base de las capas del pavimento y emigran hacia la superficie. Ambos pueden ser retardados y controlados usando un sistema de entrecapa con tela de pavimentación.

Un tercer tipo de problema, agrietamiento por calor, es causado por expansión y contracción actual, más que nada en la capa superior del pavimento, como ejemplo en una carpeta asfáltica nueva. Este agrietamiento no puede siempre ser prevenido por la capa de tela de pavimentación subyacente, pero los beneficios de impermeabilización del sistema de entrecapa con una tela de pavimentación generalmente se mantienen intactos si llegara a ocurrir agrietamiento por calor.

Retardación de grietas reflexivas. Las grietas en pavimentos existentes son transmitidas hacia la carpeta asfáltica nueva. Estas grietas reflexivas se pueden formar rápidamente si se hace un contacto fuerte convencional directamente sobre el pavimento viejo. Sin embargo, el uso de un sistema de entrecapa con tela de pavimentación provee un medio que absorbe los esfuerzos provenientes de la grieta vieja, retardando grandemente la propagación de la misma hacia la nueva carpeta asfáltica.

El sistema de tela de pavimentación es muy efectivo a menos que el agrietamiento viejo tenga un movimiento vertical u horizontal significativo (esto es, mayor de 0.002 pulg (5 cms) de movimiento vertical diferencial desde las losas oscilantes). Si esto ocurre, la entrecapa no puede absorber todo el esfuerzo y algunas grietas reflexivas pueden ocurrir. Sin embargo, los beneficios de impermeabilización todavía estarían presentes.

Resistencia al agrietamiento por fatiga. La flexión del pavimento finalmente puede causar agrietamiento por fatiga. El pavimento se agrieta a partir de la base donde la capa está a tensión. La mecánica de vigas muestra que mientras más gruesa sea la viga, mayor será la cantidad de esfuerzo a la tensión en la base para una cantidad específica de flexión.

Eso también se aplica para capas individuales dentro de la estructura del pavimento. Mientras más gruesas sean las capas, mayor será el esfuerzo de tensión en su base y más rápido empezarán a agrietarse por fatiga. Un contacto fuerte de la carpeta asfáltica nueva con solo un mínimo de riego de liga asfáltica tiende a entrelazar la carpeta a las capas inferiores del pavimento. Esto crea una capa de pavimento más gruesa.

El uso de una entrecapa de tela de pavimento une la nueva carpeta asfáltica y las capas del pavimento existente, pero permite que ellas trabajen un poco independientemente, reduciendo el riesgo de esfuerzos y agrietamientos altos. Si ocurre flexión, se ha demostrado que un pavimento con una entrecapa de tela de pavimentación se dobla muchas veces más antes del agrietamiento. Una analogía es que la madera laminada puede ser doblada muchas veces más sin agrietarse que lo que puede un tablón de madera del mismo espesor.

La preparación del pavimento existente debe producir una superficie uniforme y una rigidez de la vía para recibir adecuadamente la capa de repavimentación. Tal preparación superficial debe incluir lo siguiente:

- Eliminar los movimientos diferenciales verticales en grietas mayores.
- Limpiar la superficie de polvo, mugre, vegetación y humedad.
- Llenar todas las grietas mayores de  $\frac{1}{4}$  de pulgada (6.4 mm) con un imprimante para grietas.
- Limpiar el pavimento de protuberancias angulares.

A menudo una capa de nivelación de concreto asfáltico es colocada sobre un pavimento existente de calidad inferior, antes de la colocación del sistema de intercapa de geotextil para repavimentación. Una superficie fresada también puede ser usada debajo de un sistema de intercapa.

Recuerden que mantener el agua fuera es la clave. Una vez que ésta entra en la carretera, la subrasante y la base fallan progresivamente, promoviendo el agrietamiento y por supuesto permitiendo la entrada de más agua. Un sistema de entrecapa de tela de pavimentación actúa como una barrera al problema que conduce a la deterioración del pavimento.

## 2.4 BENEFICIOS ECONÓMICOS

Estudios controlados han demostrado que un sistema de entrecapa con tela de pavimentación puede reducir el espesor de la carpeta asfáltica nueva hasta 0.1 pie para obtener un funcionamiento equivalente, como también proveer beneficios de impermeabilización. Las ventajas económicas son dramáticas, porque el costo del sistema de entrecapa con tela de pavimentación instalado es generalmente menor que el costo de 0.05 pie de una carpeta asfáltica de Cemento de Concreto Asfáltico (CCA) nueva. (El costo típico de un pavimento de Cemento de Concreto Asfáltico (CCA) es de \$0.15 – 0.20/pie<sup>2</sup>/pulg de espesor. El costo típico de un sistema de tela de pavimentación instalado es de \$0.07 – 0.10/pie<sup>2</sup>). Mientras una entrecapa de tela de pavimentación efectivamente reduce el costo del pavimento, alternativas como son caucho en pedazos pequeños en el concreto asfáltico, aumentan el costo.

Debido a que se observan ahorros iniciales y pavimentos de duración más larga al usar entrecapas con tela de pavimentación, las agencias de caminos ahorran anualmente millones de dólares y pavimentan eficientemente más carreteras.

Los sistemas de entrecapas con tela de pavimentación pueden también ser instalados debajo de una capa de sellado o de un tratamiento superficial con cascajo, que podría ser la forma más económica de incorporar la capa de impermeabilización. El sellado con cascajo también experimenta dramáticamente una vida útil más larga. La entrecapa con tela de pavimentación absorbe los esfuerzos de las grietas subyacentes y minimiza la pérdida de piedras debido a que las partículas del cascajo encuentran un medio fibroso mejor donde asentarse. Este mismo pavimento puede luego ser cubierto

con una capa nueva de asfalto de Cemento de Concreto Asfáltico (CCA) y beneficiarse de la entrecapa con tela de pavimentación subyacente.

Las entrecapas con tela de pavimentación pueden ser recicladas. La práctica más común sin embargo, es el fresado justamente por encima de la misma. Este proceso mantiene todo los beneficios de la entrecapa cuando se reemplaza la capa asfáltica.

## **2.5 INSTALANDO LAS TELAS DE PAVIMENTACIÓN**

La condición de la superficie del pavimento y su capacidad estructural deben ser determinadas antes de usar el sistema de tela de pavimentación. Para obtener un funcionamiento exitoso, el pavimento no debe tener movimientos verticales u horizontales significativos entre las grietas o uniones o deflexión local bajo la carga de diseño. Las aplicaciones incluyen carpetas nuevas de asfalto o tratamientos superficiales sobre pavimentos existentes. Para el propósito de este tema, consideraremos aplicaciones de mezcla caliente de cemento asfáltico para carpetas nuevas de 1.5 pulgadas (3.81 cms) o más gruesas”.

Preparación de la superficie. El sistema de tela de pavimentación debe ser extendido de forma planar haciendo que la tela mantenga contacto íntimo con el pavimento. Las grietas muy pequeñas, de menos de 0.5 pulg. (1.27 cms) se rellenan generalmente con la aplicación del riego de liga. Las grietas grandes y los huecos deben llenarse con relleno de grietas, asfalto con arena, bacheo superficial o con una capa de nivelación. Las grietas no deben rellenarse más de lo necesario y de ser así, el exceso de relleno debe removerse.



A los rellenos de grietas que contienen compuestos volátiles, deberá dárseles tiempo para el curado antes de la colocación de la entrecapa y la carpeta asfáltica nueva. La superficie preparada debe estar seca, limpia y libre de materiales sueltos.

Aplicación de la capa ligante: La capa ligante es el ingrediente activo principal del sistema de tela de pavimentación y debe ser considerado como tal. Aunque muchas veces es mal usado, la aplicación apropiada de la capa ligante es fácil de realizar con los equipos sofisticados de riego de asfalto de hoy día.

El asfalto de pavimentación de grado directo es la mejor opción y la más económica para el riesgo de liga con tela de pavimentación y debe ser esparcido a una temperatura entre 300°F y 350°F (pero, ópticamente no excediendo 325°F). La velocidad de esparcimiento del asfalto debe ser aplicada a la tasa especificada por el productor de la tela de pavimentación. Esta tasa incluye la retención asfáltica mínima de la tela en galones por yardas cuadradas (gal/yd<sup>2</sup>) y una cantidad adicional de 0.05 gal/yd<sup>2</sup> para saturar la tela de pavimentación, rellenar los vacíos y grietas de la superficie del pavimento y adherir la tela a ambas superficies del mismo. La tasa mínima sobre una superficie densa o nueva de Cemento de Concreto Asfáltico (CCA) no debe caer por debajo de la retención mínima de asfalto de la tela y la tasa máxima adicional sobre una superficie porosa no debe exceder 0.09 gal/yd<sup>2</sup>. La cantidad estimada de capa ligante puede ser calculada para el proyecto.

En condiciones frías, cuando la capa ligante se endurece rápidamente, la tela debe ser colocada detrás de la aplicación del riego de liga para conseguir una adhesión temporal fuerte hasta que se coloque la nueva capa asfáltica. En condiciones calientes, podría ser necesario permitir un tiempo de enfriamiento entre la aplicación del riego de liga y la colocación de la tela, para prevenir la

saturación prematura de la misma. En clima caliente, un esparcimiento ligero de la mezcla caliente sobre la tela evitará que las fibras de la misma se adhieran al equipo y al mismo tiempo permitirá su saturación completa antes de la pavimentación.

## **2.6 INSTALACIÓN**

Hoy en día, la mayoría de las telas de pavimentación se extienden mecánicamente usando equipos montados en un tractor, retroexcavadora 416 o montados en un camión distribuidor. Una tensión ligera aplicada durante la instalación de la tela de pavimentación ayudará a minimizar los pliegues, pero el estrechamiento cambiará las propiedades de retención de asfalto de la tela. Los pliegues pequeños junto con un adecuado riego de liga y un espesor suficiente de capa asfáltica, no son un problema. Los pliegues mayores de una pulgada, que se doblan formando un espesor de tres capas de tela son mucho más dañinos para la nueva capa asfáltica y deben ser cortados y aplanados.

La colocación de la tela debe hacerse de tal modo que los solapes longitudinales y transversales sean de 6 pulgadas (15 cms) o menos y que sean solapados en la dirección de la operación de pavimentación. Todos los solapes deben recibir un riego de liga adicional para una saturación apropiada de la tela. Las orillas de la tela deben extenderse equidistantemente del cemento asfáltico esparcido por un camión distribuidor con barra de esparcimiento (aproximadamente dos pulgadas (5 cms) adentro del ancho del riego sobre cada lado).

La colocación de la tela es rápida y estará por delante de cualquier operación de pavimentación.

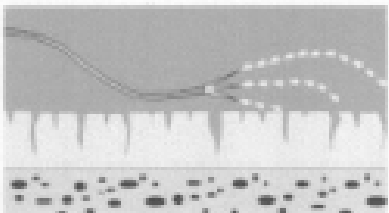
Una tela de pavimentación instalada recientemente podría tener menos resistencia al patinaje que un pavimento seco, por consiguiente no deberá ser traficada debido a consideraciones de seguridad. La humedad puede reducir más aún esta resistencia al patinaje. Si las condiciones locales requieren el tráfico sobre la tela, señales o dirigentes de tráfico deberían advertir a los motoristas del potencial de condiciones resbalosas.

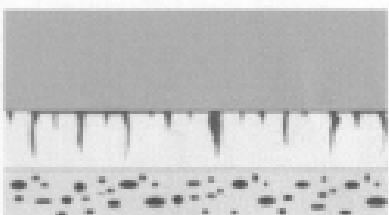
Colocación de la capa asfáltica nueva.

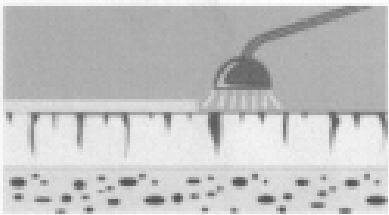
La capa asfáltica nueva puede ser colocada inmediatamente después de la colocación de la tela. Un espesor de asfalto compactado mínimo de 1.5 (3.8 cms) pulgadas es requerido. Un espesor adecuado de la capa asfáltica nueva genera calor suficiente para tirar el riego de liga hacia arriba, dentro y a través de la tela de pavimentación. Espesores de capa asfáltica hasta de 1 pulgada (2.5 cms) han sido exitosamente colocadas en climas cálidos para ciertas condiciones de pavimentos y tráfico, pero no son generalmente recomendados.


Diseñadores profesionales o usuarios por primera vez de entrecapas con tela de pavimentación, pueden obtener ayuda gratis a través de los productores de estas telas. Manuales de instalación y videos de la operación detallados están disponibles a través de los fabricantes de las telas de pavimentación, para efectos prácticos se describe gráficamente una secuencia de instalación.

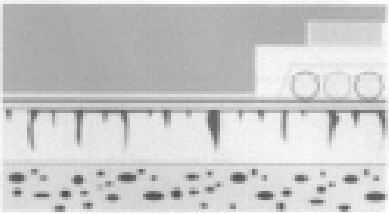
### FIGURA No. 6 SECUENCIA DE INSTALACIÓN

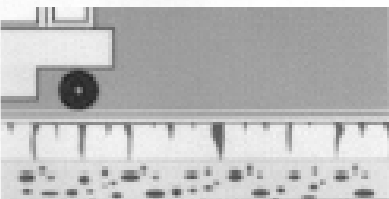
- 

1) Limpie con aire comprimido o con cepillo la superficie.
- 

2) Selle las fisuras con asfalto líquido y las grietas con mezcla asfáltica.
- 

3) Imprima con asfalto líquido la superficie.
- 

4) Desenrolle el Geotextil sobre la superficie imprimada.
- 

5) Coloque la nueva mezcla asfáltica directamente sobre el Geotextil.
- 

6) Compacte la mezcla asfáltica.

### **3. PAVIMENTACIÓN, REPARACIÓN DE PAVIMENTOS Y CORRECTA INSTALACIÓN**

#### **3.1 RETOS EN APLICACIONES Y DISEÑO**

En la actualidad, los gobiernos están enfrentando el problema de sistema de carreteras que están envejeciendo y los escasos presupuestos de mantenimiento. Uno de los principales contribuyentes al deterioro de los caminos es el agua que se encuentra debajo del pavimento, la cual reduce su capacidad estructural. Un incremento del contenido de humedad en la subrasante de sólo 10% puede reducir la vida útil del pavimento en un 50%. Gran parte de esta agua entra por las grietas y poros de la superficie del pavimento.

#### **3.2 SOLUCIONES Y BENEFICIOS DE LOS GEOTEXTILES**

Las telas especiales para pavimentación y las membranas de reparación que hoy en día se distribuyen están diseñadas para reducir la infiltración de agua y el agrietamiento reflectante – ahorrando a largo plazo los costosos ciclos de repavimentación. Se ha comprobado que prolongan la vida útil de carreteras, calles urbanas, estacionamientos, pistas de aterrizaje y accesos de aeropuertos. Estos productos tan versátiles se utilizan en pavimentos de asfalto nuevos, sobrecapas de asfalto de pavimentos rígidos y flexibles y riego de sello de pavimentos.

### **3.3 PRODUCTOS**

La tela Petromat de la marca Amoco de polipropileno no tejida producida por perforaciones de agujas proporciona una barrera contra la humedad a todo el ancho de la superficie pavimentada. El sistema Petromat de Amoco se destaca por prolongar la vida útil del pavimento y al mismo tiempo reducir los costos de mantenimiento.

### **3.4 MEMBRANAS PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO**

Amoco Fabrics and Fibers Company, empresa dedicada a los Geosintéticos ofrece dos productos diseñados específicamente para la reparación localizada de baches, juntas y grietas. Las membranas para reparación de pavimento Petrotac y Pro-Guard son resistentes, versátiles y fáciles de manejar e instalar. Trabajos de investigación hechos por departamentos de transporte estatales de Estados Unidos, han encontrado que estos productos retardan considerablemente el agrietamiento reflectante.

### **3.5 PETROTAC**

Es una singular membrana impermeabilizante autoadherible para la reparación eficaz de grietas y juntas del pavimento y para sellar cubiertas de puentes. El producto es un compuesto de tela no tejida Petromat de Amoco revestida con cemento asfáltico y un masticado adhesivo ahulado. El masticado adhesivo se une fácilmente a la superficie del pavimento existente, permitiendo la instalación rápida y sencilla del producto. La capa de asfalto en la tela no tejida asegura una excelente unión con la sobrecapa de pavimento.

### 3.6 PRO-GUARD

Es un compuesto de tres capas que consiste en asfalto impermeable intercalado entre una tela no tejida y una tejida de alto coeficiente. Una membrana altamente resistente para reparación de pavimento con alta resistencia a la tracción y excelente resistencia a la delaminación, Pro-Guard amortigua y disipa eficazmente las tensiones del pavimento causantes del agrietamiento reflectante.

**TABLA II. APLICACIONES DE LA TELA**

<b>Aplicaciones de la tela para pavimentación y reparación de pavimento</b>				
	Sobrecarga de asfalto y pavimentos nuevos	Juntas y grietas	Reparación localizada	Membrana para cubierta de puentes
Petromat Amoco	✓	✓		
Petrotac Amoco		✓	✓	✓
Pro-Guard Amoco		✓	✓	✓

### 3.7 MEMBRANA AMORTIGUADORA DE ESFUERZOS

La segunda función más importante de un sistema de intercapa de geotextil para repavimentación, es como una intercapa amortiguadora de esfuerzos. Los esfuerzos inducidos por agrietamiento en el pavimento antiguo pueden ser directamente transmitidos hacia la nueva capa de repavimentación originando un agrietamiento por reflexión temprana, si una capa de repavimentación es simplemente colocada sobre la superficie antigua. Esto resulta del contacto entre agregados del pavimento antiguo y la capa nueva de repavimentación. Una intercapa de geotextil para repavimentación provee un medio de cemento asfáltico de espesor suficiente y más suave, que se refuerza

con geotextil, la cual es una capa de quiebre que absorberá gran parte del esfuerzo del agrietamiento de las capas subyacentes. El esfuerzo es absorbido permitiendo movimientos leves dentro de la intercapa de geotextil dentro del pavimento, sin tensionar la capa de repavimentación en concreto asfáltico.

La otra función de amortiguamiento de esfuerzos de un sistema de intercapa de geotextil para repavimentación, puede ser descrito como mucho más que un efecto de frontera. Mientras una viga tenga más espesor en este caso una estructura de pavimento en concreto asfáltico, mayores serán los esfuerzos a tensión en la base cuando se deflecta debido a la carga. La mayoría de los agrietamientos en los pavimentos comienzan en la base del pavimento debido a los esfuerzos a tensión y siguen hasta la superficie. Poner una capa de repavimentación en concreto asfáltico sin una intercapa de geotextil simplemente incrementa el espesor general de la estructura del pavimento y puede incrementar los esfuerzos a tensión en la base del pavimento promoviendo el agrietamiento. Mediante la colocación de un sistema de intercapa con geotextil para repavimentación, las capas del pavimento son separadas y pueden tener leves movimientos una con respecto a la otra. De esta manera, los esfuerzos a tensión en la base de cada capa son mucho menores, siendo atribuibles únicamente al espesor de cada capa individual. Una analogía tosca es como se puede hacer más fácilmente y más veces, un doblez en madera laminada que lo que se podría en una tabla de madera sólida. Todos los pavimentos son flexionados repetitivamente por el tráfico y el pavimento con intercapas de geotextil, experimenta mucho menos esfuerzos desarrolladores de grietas internas que aquellos que no tienen intercapas. Esta es la razón del por que la vida de fatiga de un pavimento con una intercapa de geotextil para pavimentación, es mucho mayor que la de un pavimento que no la tenga.



### **3.8 TRATAMIENTO DE FRANJAS**

Otra manera de colocar un sistema de intercapa de geotextil/cemento asfáltico para repavimentación en un pavimento existente, es mediante el uso de geotextiles para repavimentación prefabricados con cementos asfálticos modificados. Estos productos son frecuentemente usados en secciones de reparcho sobre áreas de pavimento debilitado localmente o en forma de tiras a lo largo de las grietas o juntas en el pavimento existente. Estos productos prefabricados cumplen con las mismas funciones de impermeabilidad y alivio de esfuerzos igual que el sistema de intercapa anteriormente descrito de geotextil/cemento asfáltico para repavimentación. Los productos prefabricados en tiras son más costosos que los sistemas construidos en campo, pero son económicos solo si áreas limitadas de pavimento necesitan un tratamiento de intercapa de geotextil para repavimentación. Estos productos han probado también su efectividad para impermeabilización y para reparación de baches. Los tratamientos locales que usan estos productos prefabricados deben ser extendidos por lo menos 6 pulgadas (15 cms) más allá del área debilitada del pavimento. La instalación de estos productos varían, y los procedimientos recomendados por los fabricantes deben ser seguidos.

### **3.9 EFECTIVIDAD EN EL COSTO**

La mejor manera de examinar la efectividad por el costo de un sistema de intercapa de geotextil para repavimentación, es comparar su costo con el de un concreto asfáltico adicional necesitado para producir los mismos resultados de rehabilitación del pavimento. Para el retardamiento de agrietamientos por reflexión el sistema de intercapa de geotextil para repavimentación ha probado ser el equivalente a aproximadamente 0.1 pies (3 cms) de espesor adicional de concreto asfáltico. Esto es significativo puesto que el costo de un sistema de

intercapa de geotextil para repavimentación y cemento asfáltico es inferior a la mitad del costo de 1 pulgada (2.5 cms) de concreto asfáltico. Esto representa generalmente ahorros de más de U\$1.00 por yarda cuadrada (U\$1.20 por metro cuadrado) en sistemas de rehabilitación de pavimentos. Fuera de esto, el pavimento tiene una barrera contra humedad positiva y adiciona un alivio de esfuerzos para la resistencia a la fatiga de largo plazo cuando se usa una intercapa de geotextil para repavimentación.

Un procedimiento intermedio de ahorro de costos ha sido adoptado por algunos departamentos de transporte. Este consiste en el uso de una intercapa de geotextil para repavimentación en solamente uno o dos de los carriles más fuertemente usados y sin intercapa en el carril de adelantamiento. Esto permite que el mismo espesor de concreto asfáltico sea usado en el sentido transversal de la carretera sin usar un espesor innecesario de concreto asfáltico en el carril de servicio liviano, solo porque este espesor se necesitaba en el carril de servicio pesado.

### **3.10 REPARACIÓN DE ASFALTOS**

El uso de Geotextiles no tejidos como el Petromat para este propósito, permite aprovechar el pavimento existente, aunque dañado, para proporcionarle una reparación duradera y económica, a la vez que de ejecución rápida.

En esta forma, se lograrán los resultados siguientes:

- Carpeta más delgada, con equivalente comportamiento.
- Prolongación de la vida del pavimento existente.
- Eliminación de agrietamiento.
- Impermeabilización de las capas inferiores.

- Minimización de las operaciones de mantenimiento.
- En general, prolonga la duración del pavimento, con bajos costos de construcción y operación.

### **3.10.1 Procedimiento de trabajo**

Los pasos normales de trabajo a seguir, para reparar un pavimento asfáltico dañado son los siguientes:

- a. Remover la suciedad, humedad, grasa u otro material que afecte la adherencia, así como partes que estén flojas o sueltas.
- b. Grietas entre ¼” a 1/8” (0.6 cms a 0.3 cms), deben limpiarse y sellarse con asfalto. Grietas mayores o parches, deben ser bachados con la mezcla que se utilizará en la carpeta. Las grietas menores, se sellarán con el asfalto de colocación de la tela.
- c. A continuación se aplica un riego de emulsión asfáltica, en proporción adecuada al tipo de superficie y al espesor de la tela a usar. El riego debe efectuarse con un ancho de unos 10 cms más que el de la tela.
- d. A continuación inmediata, se coloca la tela geotextil para repavimentación adecuada, desenrollándola en el sentido del trabajo, cuidando de tensarla bien, de manera que no queden bolsas ni arrugas. Los traslapes longitudinales se hacen en el sentido del trabajo, con un ancho mínimo de 20 cms, uniéndolos con emulsión, y los transversales en el sentido descendente de la pendiente del bombeo. Es conveniente trazar líneas guía, a fin que la tela y sus cortes queden rectos y alineados.

- e. Luego del tiempo de fraguado de la emulsión, cuando haya perdido su humedad, se procede a la colocación de la carpeta diseñada, por medio de los métodos normales de trabajo.

Para evitar que los camiones que llevan el asfalto dañen o levanten la tela, se aplica un granzeado con la mezcla asfáltica, para su protección. Sobre este granzeado, pueden transitar los camiones, sin poner en peligro la tela.

### **3.10.2 Ejemplo con costos**

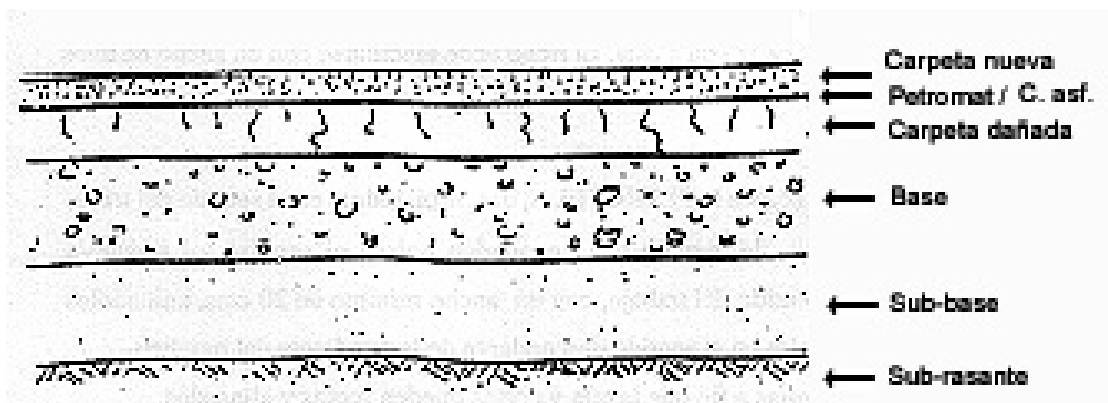
Se desea reparar un pavimento asfáltico que tiene una sub-rasante con CBR=5, una base triturada de 20 cms y una carpeta de concreto asfáltico de 7.5 cms. Para carga de 18,000 lbs/eje.

Sin tela, se requiere una carpeta adicional de 4" (10 cms), mientras que usando Petromat, solamente se necesitan 2" (5 cms), o sea un ahorro del 50% en el espesor de la misma.

Este ahorro en mezcla asfáltica y su colocación, representa una reducción en costo de Q 12.50 por metro cuadrado, contra el costo de la colocación de la tela, incluyendo la emulsión necesaria que implica Q 8.50 por metro cuadrado.

Se logra una reducción de Q 4.00 por metro cuadrado, con la serie de ventajas antes descritas.

**FIGURA No. 7. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO REPARADO**



### **3.11 CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS**

La utilización de Geotextiles de repavimentación (Petromat) para la construcción de pavimentos asfálticos, presenta las ventajas siguientes, ampliamente comprobados en otros países y en nuestro medio.

- Carpetas más delgadas, con equivalente comportamiento, con ahorros hasta del 50%.
- Reducción de la intrusión de agua a la estructura del pavimento.
- Retarda y minimiza las grietas por reflexión, así como los agrietamientos secundarios.
- Protege la sub-estructura del pavimento, al minimizar los agrietamientos de la carpeta e impermeabilizar.
- Mejora la resistencia a la fatiga de la estructura del pavimento.
- En general, prolonga la duración de la vida útil del pavimento, con un mínimo de mantenimiento y bajos costos de construcción y operación.

### **3.11.1 Procedimiento de construcción**

El procedimiento normal de construcción a seguir es el siguiente:

- a. Se construye la sub-estructura del pavimento de acuerdo al diseño efectuado: sub-rasante, sub-base, base.
- b. Sobre la base terminada, se aplica un riego de emulsión asfáltica, en proporción adecuada al tipo de superficie y al espesor de la tela a usar. El riego debe efectuarse con un ancho de unos 10 cms. más que el de la tela.
- c. A continuación inmediata, se coloca el Geotextil de repavimentación (Petromat), desenrollándola en el sentido del trabajo, cuidando de tensarla bien, de manera que no queden bolsas ni arrugas, los traslapes longitudinales se hacen en el sentido del trabajo, con un ancho mínimo de 20 cms, uniéndolos con emulsión y los transversales en el sentido descendente de la pendiente del bombeo. Es conveniente trazar líneas guías a fin que la tela y cortes queden rectos y alineados.
- d. Luego del tiempo de fraguado de la emulsión, cuando haya perdido su humedad, se procede a la colocación de la carpeta diseñada, por medio de los métodos normales de trabajo. Para evitar que los camiones que llevan el asfalto dañen o levanten la tela, se aplica un granzeado con la mezcla asfáltica para su protección. Sobre este granzeado, pueden transitar los camiones, sin poner en peligro la tela.

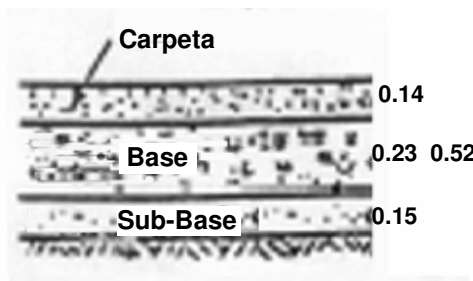
En esta forma, se obtiene un pavimento asfáltico de óptima calidad, larga duración, poco mantenimiento y bajo costo.

### 3.11.2 Ejemplo en costos

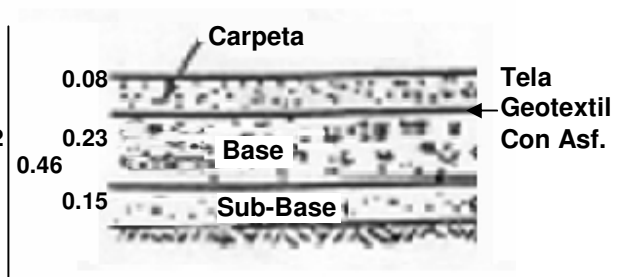
Se diseña el pavimento asfáltico para las calles de un complejo portuario, resultando como se indica a continuación sin tela geotextil y con inclusión de la misma.

**FIGURA No. 8 EJEMPLO CON COSTOS**

**SIN GEOTEXTIL**



**CON GEOTEXTIL**



Se logra una reducción del 43% en el espesor de la carpeta, con la inclusión del Geotextil de repavimentación (Petromat), con la siguiente incidencia en los costos.

El m<sup>2</sup> de tela colocada, incluyendo la emulsión necesaria representa un costo de Q 8.50 / m<sup>2</sup>.

Se logra una reducción de Q 6.88 / m<sup>2</sup>, para un pavimento equivalente, de mejor calidad, mayor duración, menos mantenimiento, etc.

### **3.12 LA INSTALACIÓN CORRECTA DEL GEOTEXTIL MEJORA LAS CAPAS DE REPAVIMENTACIÓN**

El factor más importante en el comportamiento de cualquier sistema de intercapa con geotextil es de acuerdo con los reportes de Caltrans y el Departamento de Transportes de Texas la adecuada colocación del geotextil. Un geotextil colocado inadecuadamente puede reducir las capacidades de impermeabilidad del sistema de membrana, reduciendo así los beneficios a largo plazo del sistema de membrana.

Los resultados pueden ser un incremento en el desprendimiento del asfalto (se suelta el asfalto del geotextil) y grietas por daños ocasionados por calor en las arrugas, traslapos y en las huellas por ruedas. Otro problema de instalación visto con frecuencia es la contracción del geotextil y otros daños ocasionados por la exposición de éste a temperaturas más altas que el punto de contracción o de fusión del polímero.

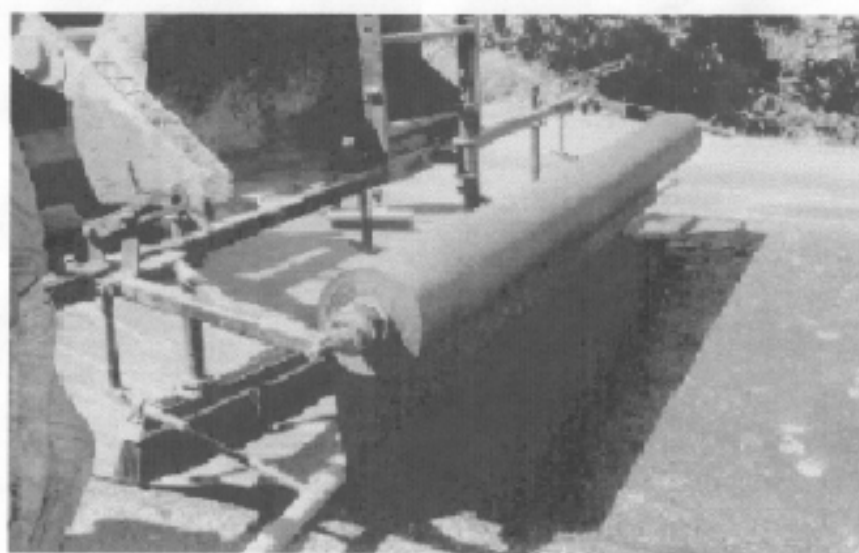
#### **3.12.1 Colocación manual Vs. Colocación mecánica**

Los geotextiles para pavimentación pueden ser colocados ya sea manualmente o mediante equipos. La colocación manual involucra el hacer rodar el geotextil a mano y la utilización de más o menos seis obreros que mediante la utilización de escobas ponen el geotextil en su lugar. La colocación manual es un proceso que consume mucho tiempo y requiere de una gran cuadrilla, usualmente también resulta en que el geotextil se salga de curso mientras es desenrollado, causando grandes arrugas. Otro aspecto es que los obreros están expuestos al ligante, lo cual podría ser peligroso.



Para remediar algunos de los problemas de colocación, los contratistas y las municipalidades han virado a la utilización de equipos para instalar el geotextil. Estos equipos, aspectos de los cuales están patentados, han sido montados como accesorios en tractores, en la parte trasera de camiones irrigadores, y en otros equipo como los retroexcavadoras 416 cat. El equipo alinea, tensiona, alarga y coloca el geotextil mientras lo mantiene en su sitio. Usualmente un rollo puede ser instalado en un par de minutos.

**FIGURA No. 9 ROLLO DE RETROEXCAVADORA 416**



Un fabricante tiene seis patentes de nueve elementos para la instalación completa de máquinas y otros elementos adicionales especializados para diferentes aditamentos que mejoran la uniformidad y la versatilidad de las instalaciones. Otros fabricantes tienen patentes en sistemas de tensionamiento del cono, soporte de rollos y mecanismos de montaje en camiones irrigadores.

### **3.12.2 Geotextiles en curvas**

La instalación del geotextil en curvas “sin dejar muchas arrugas” es la tarea más complicada de la colocación del geotextil. Pero siguiendo los procedimientos adecuados puede cumplirse con facilidad. Nunca se debe desenrollar el geotextil en una curva a mano o conducirlo en una curva con maquinaria. Las arrugas serán tantas que rasgarlas será casi imposible sin dañar al geotextil.

Un método exitoso para la colocación del geotextil en una curva es cortar pequeñas secciones de geotextil en forma de trozo de pastel y colocando cada sección a mano a lo largo de la curva. Esto permite ajustar el geotextil a la curva con un número de traslajos.

La colocación mecánica también es posible mediante “brincos a lo largo de la curva”. La mayoría de las máquinas colocadoras tienen conos tensionantes patentados. Apretando el cono interior y aflojando el cono exterior le da más estiramiento transversal al geotextil, permitiendo que el lado exterior tenga más recorrido.

No se debe manejar la máquina dando la curva. En vez de esto, se debe manejar dando pasadas rectas y luego hacer un ajuste grande y rápido con el tractor, casi como brincando. Esto pondrá una o dos grandes arrugas al geotextil por cada ajuste. Se continúa con este proceso a todo lo largo de la curva.

Después de rasgar las arrugas el efecto logrado será bastante similar al de la colocación de la forma de pedazos de pastel. Este método solamente es

efectivo si la máquina está montada a un tractor, no trabajará si está sujeta a la parte trasera de un camión irrigador.

Si se usa un geotextil no termo-fungido, se deben tomar precauciones para prevenir que el equipo cause deslaminación al geotextil durante la pavimentación. Se puede lograr esto construyendo un “puente” sobre el geotextil mediante la imprimación de una capa delgada de mezcla suelta para que los equipos rueden sobre esta. Esto se hace mejor haciendo retroceder un pequeño volquete sobre el geotextil e impregnando la capa delgada, permitiendo que las ruedas anden sobre el asfalto que está impregnando sin dañar el geotextil.

### **3.13 REPAVIMENTACIÓN CON MEZCLAS DE CONCRETO ASFÁLTICO USANDO GEOTEXTILES NO TEJIDOS**

Según el Instituto del Asfalto de acuerdo a las técnicas de impermeabilización y reasfaltado de pavimentos, se pueden desarrollar procedimientos que involucran al Geotextil como agente que retarda el calcado de fisuras de tipo terciario y provee una capa de adecuada impermeabilidad, que previene el deterioro acelerado y permite llevar a cabo una adecuada actividad de mantenimiento vial.

Como el pavimento asfáltico no es impermeable y además cambia su permeabilidad en forma drástica durante su vida de servicio, se hace necesario construir un sistema de intercapas Geotextil-cemento asfáltico. De esta manera se detiene la infiltración de volúmenes de agua dentro de la estructura de cimentación y los materiales que constituyen la subrasante, impidiendo su debilitamiento. El agua dentro de la estructura del pavimento modifica las condiciones de presión de poros llegando con facilidad a producir fenómenos

como el debilitamiento que se mencionó, o expulsar el suelo por entre los vacíos de la base granular produciendo la erosión regresiva de la infraestructura vial.

La metodología de repavimentación por geotextil como lo ha expuesto la práctica moderna, exige un adecuado vínculo entre las dos capas de concreto asfáltico. Este vínculo se lleva a cabo con cemento asfáltico de liga que permita esa íntima unión de carácter flexible. La cantidad adecuada para esta liga dependerá de la porosidad relativa del pavimento viejo y del geotextil a usar. Esto último se relaciona con la cantidad que es necesaria para saturar el geotextil y crear el vínculo con el nuevo concreto asfáltico. Esta consideración es crítica en el desarrollo de esta tecnología.

Según el trabajo de Button (1982), presenta la siguiente ecuación para estimar la cantidad de liga a usar:

$$Cd = 0.362 + Cs + Cc$$

$Cd$  = cantidad de liga según diseño (lts/m<sup>2</sup>)

$Cs$  = cantidad necesaria para saturar el geotextil a usar, suministrado por el fabricante (lts/m<sup>2</sup>)

$Cc$  = valor de corrección según las condiciones de la superficie del pavimento existente (lts/m<sup>2</sup>). Tabla III.

El valor de  $Cs$  deberá ser suministrado por el fabricante del Geotextil de acuerdo a las normas vigentes para ello (Método 8 Task Force 25).

La cuantía de corrección para las condiciones de superficie existente están anotadas en la Tabla III.

**TABLA III. DEMANDA DE SELLANTE PARA SUPERFICIES  
DE PAVIMENTO EXISTENTE**

<b>DEMANDA DE SELLANTE PARA SUPERFICIES DE PAVIMENTO EXISTENTE</b>	
<b>Condición de la superficie</b>	<b>Cc (lts/m<sup>2</sup>)</b>
Nivelada	Menos de 0.09
Pulida no porosa	0.09 a 0.23
Ligeramente porosa / ligeramente oxidada	0.23 a 0.36
Ligeramente porosa y oxidada	0.36 a 0.50
Porosa y oxidada	0.45 a 0.59

En las técnicas del Instituto del Asfalto para reasfaltado con geotextiles como barrera impermeable principalmente, se plantea la metodología aquí descrita. Este método desarrollado por Bell (1983), utiliza las deflexiones existentes en el pavimento obtenidas con ayuda de la viga Benkelman, los pasos para diseño son los siguientes:

1. Determinar las deflexiones a partir de las lecturas de la viga Benkelman.
2. Calcular el número de tráfico inicial (NTI) con su factor de ajuste según los métodos propuestos para ello.
3. Con los datos anteriores determinar el tráfico de diseño (NDT)

### **3.13.1 Ejemplo de aplicación**

Determinar el espesor de una capa de repavimentación en concreto asfáltico para un período de diseño de 20 años en una vía con las siguientes características.

- Vía de 4 carriles con un tráfico diario de 16,000 vehículos, donde 2,400 (15%) son vehículos pesados con promedio de peso 14.5 ton.
- El diseño del carril se estima para que el porcentaje de vehículos pesados sea del 45% del total de vehículos usuarios.
- El crecimiento anual del tráfico vehicular se estima en 5%.
- La carga máxima permitida es de 8 ton.
- En el momento se comienzan a evidenciar fisuras en la superficie del pavimento.
- Las deflexiones evidencian un reblandecimiento e insuficiencia de la cimentación y la base granular, razón por la cual se necesita reforzar e impermeabilizar.

Evaluación del espesor de reasfaltado:

Media aritmética de los datos obtenidos por el análisis de la viga Benkelman,  $\bar{x} = 1.55$  mm.

Desviación standard de los datos obtenidos,  $s = 0.10$  mm.

Valor  $f = 0.88$ .

Constante  $c$  para cuando se usa geotextil PAVCO para repavimentación,  $c = 1.0$ .

Cálculo de DR.

$$D_r = (1.55 + 0.20) 0.88 \times 1.00.$$

1.54 mm.

Cálculo del NDT.

NDT = NTI x factor de ajuste (Manual del Instituto del Asfalto para reasfaltado de vías).

$$= 590 \times 1.67 = 985$$

Espesor de reasfaltado requerido = 150 mm. o 15 cms.

### **3.14 LOS GEOSINTÉTICOS MEJORAN LA VIDA DE SERVICIO DE LOS PAVIMENTOS**

Así como el costo asociado de estabilizar la subrasante aumenta, una alternativa más económica para alargar la vida útil de los sistemas viales secundarios es claramente confirmada.

Los sistemas viales secundarios son el más grande porcentaje de vías pavimentadas en los Estados Unidos, además que soportan normalmente el mismo nivel de carga que las grandes autopistas sin tener la capacidad estructural para manejarlas. Los principales elementos del deterioro de estas vías dadas las condiciones anteriores son: insuficiencia de la capacidad portante del suelo, migración de finos de la débil subrasante a la base granular, pérdida de la capacidad de carga del pavimento resultado de la penetración del agregado de la base en la débil subrasante, además de un mantenimiento tardío y/o reactivo ayuda también al deterioro.

Comparados con otro tipo de materiales orgánicos, los geotextiles y las geomallas, realmente generan un refuerzo a las estructuras de pavimento flexible, debido a su gran capacidad de refuerzo, resistencia química además de su propia geometría estructural. Un gran porcentaje del refuerzo de la estructura de un pavimento flexible proviene de la mezcla caliente del asfalto (Hot Mix Asphalt HMA) con las capas de agregado. Las propiedades del concreto asfáltico, HMA, capas de agregado y la subrasante influyen en las deformaciones del sistema de pavimento flexible.

Colocar geotextiles o geomallas en la interfase de la subrasante y la base granular mejora el comportamiento del pavimento flexible puesto que toma una porción de la carga a tensión. Adicionalmente, la separación que proveen tanto

los geotextiles como las geomallas ayudan a mantener la capacidad de carga del pavimento puesto que previene que el agregado y los finos penetren las capas que las sostienen.

Las conversiones de carga deben realizarse para hacer comparables los resultados con las condiciones de campo. Basados en el espesor medido de todas las capas, los cálculos estructurales fueron hechos con base en los procedimientos de la AASHTO (1993), con el cálculo estructural de cada sección, aproximando este al máximo permisible de carga por eje simple equivalente (Equivalent Single Axel Load ESAL) que puede ser aplicada al pavimento antes que la falla pueda ser calculada.

Usando el programa de computador "Kenlayer", desarrollado por Y. H. Huang (1993), se desarrolló una relación entre la carga del plato rígido y la carga de un par de ruedas, permitiendo la comparación entre diferentes secciones de pavimento, de acuerdo a esto la vida de servicio y la relación costo/beneficio de las secciones de pavimento reforzadas y no reforzadas con geosintéticos fueron evaluadas.

La duración de la aplicación de la carga en el laboratorio fue aproximadamente de 1 segundo. Además, en el análisis se aplicaron cargas de duración de 0.035 segundos y 0.1 segundos para representar un par de ruedas moviéndose a una velocidad de 64.4 km/h (40 mph) y 96.6 km/h (60 mph) respectivamente. A mayor duración de la carga, mayor el daño que se hace al pavimento. Las velocidades bajas de los vehículos causan un mayor daño al pavimento. Estas dos velocidades fueron seleccionadas para poder complementar la conversión de la carga del plato rígido a la carga aplicada por n par de ruedas.



Excavaciones de las secciones de pavimento mostraron que la migración de suelo y la penetración del agregado en la subrasante existieron cuando no estaba reforzada la sección o cuando fue reforzada con geomallas. Al proveer una separación completa entre la base granular y la subrasante el refuerzo con geotextil puede haber sido la principal razón para el mejoramiento del comportamiento de las secciones de pavimento. La geomalla produjo un mejoramiento insignificante en ambas secciones D y G, la diferencia permitida de repeticiones de la carga equivalente por eje simple ESAL reflejada en el espesor de la capa y la resistencia de la subrasante. El mejoramiento que provee el geotextil aparece aumentando las repeticiones de carga equivalente por eje simple ESAL hasta llegar a la falla, generando separación entre la base granular y la subrasante. El esfuerzo a tensión de los geosintéticos parecen tener poco significado para el refuerzo de las secciones de pavimento, la función de separación del geotextil permite mantener la integridad estructural durante la carga.



## **4. EL SISTEMA PETROMAT AMOCO**

El sistema Petromat Amoco prolonga la duración de los pavimentos de asfalto y las sobrecapas de asfalto. El sistema Petromat consta de una tela de polipropileno no tejida Petromat de Amoco saturada con una capa ligante de asfalto. Cuando se coloca entre el pavimento original y una sobrecapa de asfalto, el sistema Petromat se convierte en parte integral de la sección de la carretera (o cualquier tipo de camino asfaltado), formando una barrera contra la infiltración de agua y reduciendo el agrietamiento reflectante de la nueva superficie asfáltica.

Petromat es un producto dentro de una línea completa de telas de Amoco diseñadas para mejorar el rendimiento de la carretera. Los compuestos para reparación de pavimentos de Amoco Petrotac y Pro-Guard están diseñados específicamente para la reparación localizada de baches, juntas y grietas.

### **4.1 PROPIEDADES DEL MATERIAL**

#### **4.1.1 Tela Petromat**

Petromat es un geotextil de polipropileno no tejido producido por perforaciones de agujas. La tela es fusionada, lo que significa que las fibras están fundidas por un lado para impedir la penetración de la capa ligante. En la tabla a continuación se listan las propiedades del Petromat 4599.

**TABLA IV. ESPECIFICACIONES DEL PETROMAT 4599**

<b>Especificaciones<sup>1</sup> del Petromat 4599</b>					
<b>Propiedad</b>	<b>Método de prueba</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Resistencia a la tensión por agarre	ASTM D 4632	N	400	Lbs	90
Elongación a la tracción por agarre	ASTM D 4632	%	50	%	50
Resistencia al reventamiento Mullen	ASTM D 3786	kPa	1,241	psi	180
Resistencia a los rayos ultravioleta <sup>2</sup>	ASTM D 4355	% <sup>3</sup>	70	% <sup>3</sup>	70
Retención del asfalto	TX DOT 3099	l/m <sup>2</sup>	9	Gal/yd <sup>2</sup>	20
Retención del asfalto	TX DOT 3099	---	---	Oz/pie <sup>2</sup>	3.0
Unido por calentamiento por un lado			✓		✓

**NOTAS**

<sup>1</sup> Valores mínimos de rollo promedio

<sup>2</sup> Tela acondicionada por 150 horas según ASTM 4355

<sup>3</sup> Por ciento de la resistencia a la tensión después del acondicionamiento

**4.1.2 Capa ligante**

El cemento asfáltico sin diluir es el componente preferido para la capa ligante. Se pueden usar emulsiones asfálticas, pero requieren un tiempo de curado considerablemente largo, lo cual retrasa la construcción. No se recomienda el uso de mezclas diluidas o emulsiones que contienen solventes.

**4.2 BENEFICIOS**

Desde el año 1965, el sistema Petromat ha registrado mejoras sobresalientes en el rendimiento de carreteras. Sus innumerables atributos se

combinan para asegurar un éxito a largo plazo de los programas de pavimentación y sobrecapa de asfalto, con los resultados siguientes:

- Prolongación de vida de la sobrecapa de asfalto y ciclos de repavimentación.
- Requerimientos y costos de mantenimiento del pavimento considerablemente reducidos.

#### **4.2.1 Prolonga la duración del pavimento**

En estudios de campo a largo plazo del rendimiento de carreteras, el sistema Petromat ha probado aumentar la vida útil en 25 a 50% para las sobrecapas de cemento de concreto asfáltico (CCA) en pavimentos de cemento de concreto asfáltico (CCA). El sistema Petromat también es eficaz en prolongar la duración del cemento de concreto Pórtland (CCP) y pavimentos de agregados.

#### **4.2.2 Reduce la infiltración del agua**

El agua que se encuentra debajo del pavimento deteriora su capacidad estructural. Un aumento del contenido de humedad en la subrasante de solo un 10% puede reducir la vida útil del pavimento en un 50%. Gran parte de esta agua entra por las grietas y poros del pavimento. El sistema Petromat forma una barrera contra la humedad dentro del pavimento para impedir la penetración del exceso de agua a la sección de carretera y reducir la capacidad estructural.

### **4.2.3 Reduce el agrietamiento reflectante**

Estudios de campo han demostrado que el sistema Petromat retarda y reduce sustancialmente el agrietamiento reflectante. El Petromat actúa como una capa amortiguadora de los esfuerzos entre el pavimento viejo y la capa de refuerzo para reducir eficazmente el agrietamiento de esta última. Varios estudios de investigación han encontrado que el sistema Petromat equivale de 2.5 cm a 3 cm de cemento de concreto asfáltico (CCA) adicional en el retardo de las grietas reflectantes.

### **4.2.4 Económico**

Las carreteras construidas sin el sistema Petromat requieren una sección de cemento de concreto asfáltico (CCA) con mayor espesor para lograr un rendimiento equivalente. El costo instalado del sistema Petromat es típicamente menor que la mitad del costo de 2.5 cm de cemento de concreto asfáltico (CCA). Por lo tanto, la instalación del sistema Petromat es mucho más económica que colocar asfalto adicional o aumentar el mantenimiento de la carretera. La utilización de telas de pavimentación generalmente se traduce en ahorro del costo del sistema de rehabilitación del pavimento superior a US\$ 4,300 por kilómetro de carril.

### **4.2.5 Versátil**

El sistema Petromat es eficaz en pavimentos asfálticos nuevos, sobrecapas de asfalto de pavimentos rígidos y flexibles y pavimentos de agregados. Es ideal para mejorar el rendimiento de carreteras, calles urbanas, estacionamientos, pistas de aterrizaje, cubiertas de puentes y otras superficies de pavimento.

#### **4.2.6 Fuerte y durable**

Las telas de pavimentación Petromat son fusionadas superficialmente por un lado para darle mayor resistencia y durabilidad. El tráfico durante la construcción no dañará las telas Petromat.

#### **4.2.7 Fácil de instalar**

La instalación de la tela es más rápida que la operación de pavimentación.

### **4.3 INSTALACIÓN**

La instalación correcta del sistema Petromat y de la sobrecapa de asfalto es importante para asegurar el éxito del rendimiento a largo plazo.

#### **4.3.1 Equipo**

Se utilizará el equipo siguiente:

- Distribuidora de asfalto
- Tractor o retroexcavadora
- Herramientas
- Rodillos neumáticos

#### **4.3.2 Distribuidora de asfalto**

El camión distribuidor debe tener un dosificador y ser capaz de rociar la capa ligante a la proporción de aplicación uniforme especificada. Debe tener

una boquilla rociadora manual para distribuir la capa ligante en los lugares inaccesibles para el camión.

### **4.3.3 Equipo de aplicación de la tela**

La tela se puede instalar con un equipo mecánico montado en la parte delantera de un tractor o retroexcavadora, o en la parte trasera del camión distribuidor. Este método requiere solamente dos obreros y un operador. El proceso de instalación de la tela será más rápido que la operación de pavimentación. Se pueden usar equipos manuales para trabajos pequeños.

### **4.3.4 Equipos misceláneos**

Se utilizan escobas de cerdas rígidas o rodillos neumáticos para emparejar la tela. Se necesitan tijeras o cuchillas para cortar.

## **4.4 PROCEDIMIENTOS**

### **4.4.1 Preparación de la superficie**

Limpiar toda la tierra, agua, aceite y materia extraña del pavimento viejo. Rellenar las grietas, según las indicaciones del ingeniero, con una carga adecuada (por ejemplo, emulsión asfáltica o asfalto emulsionado ligero mezclado con arena). Reparar las grietas más grandes y baches con un relleno debidamente compactado, mezcla de asfalto caliente o carga similar. El pavimento muy resquebrajado o áspero puede requerir fresado o la colocación de una capa de enrase antes de la instalación del sistema Petromat y sobrecapa de asfalto.



#### **4.4.2 Aplicación de la capa ligante**

Esta capa debe aplicarse uniformemente a la proporción especificada con un camión distribuidor calibrado. La temperatura de aplicación debe ser lo suficientemente alta para asegurar la distribución uniforme (es decir, 145°C mínimo para cementos asfálticos, hasta 70°C para emulsiones más pesadas). La medida de aplicación debe ser 15 cm mayor que el ancho de la tela.

La cantidad óptima de capa ligante saturará totalmente la tela, pero no dejará una capa ligante excesiva que pudiera mezclarse con la sobrecapa de asfalto. La cantidad óptima depende de la porosidad del pavimento viejo, la temperatura ambiente, el peso de la tela, el material de la capa ligante y otras variables.

Típicamente, con el Petromat 4599 se aplica una capa ligante de 0.9 a 1.35 l/m<sup>2</sup>. Las proporciones de aplicación de la capa ligante emulsionada son mayores que aquellas requeridas para la capa ligante de cemento de concreto asfáltico (CCA).

Si se utilizan emulsiones asfálticas, se debe permitir que el agua en la emulsión se evapore totalmente antes de aplicar la tela. De lo contrario, la unión será inadecuada pues quedará humedad retenida entre las capas de pavimento. El tiempo de curado varía con el tipo de emulsión, la humedad, la temperatura ambiente y otros factores.

#### **4.4.3 Colocación de la tela**

Colocar la tela Petromat, con el lado liso hacia arriba, mientras la capa ligante todavía está pegajosa. La clave del éxito en la aplicación de la tela

depende del operador. La conducción del vehículo en línea recta asegurará la instalación sin arrugas. Las vueltas deben hacerse gradualmente. Para esquinas o curvas pronunciadas, a veces es necesario cortar la tela a la medida y colocar a mano.

Con un rodillo neumático o escoba manual se eliminan las arrugas pequeñas. A las arrugas grandes (con una altura de 2.5 cm o más) se les debe hacer un corte y tender planas en el mismo sentido de la pavimentación. Las juntas deben quedar sobrepuestas de 5 cm a 10 cm. Es necesario aplicar una capa ligante adicional a las juntas y entre las capas de tela sobrepuestas para asegurar la saturación apropiada de la tela. La temperatura de la capa ligante no debe sobrepasar de 160°C.

#### **4.4.4 Capa de refuerzo de mezcla en caliente**

Las operaciones normales de pavimentación deben efectuarse inmediatamente después de la colocación de la tela. Todas las áreas en las cuales se colocó la tela de pavimentación deben pavimentarse durante el mismo día. Si la tela se llegará a mojar, habrá que dejarla secar totalmente antes de pavimentar. Se requiere un espesor mínimo de asfalto compactado de 2.5 cm a 4 cm, dependiendo del volumen de tráfico.

### **4.5 OTRAS CONSIDERACIONES**

#### **4.5.1 Temperatura ambiente**

Las temperaturas del ambiente y del pavimento durante la instalación deben ser lo suficientemente calurosas para que la capa ligante permanezca pegajosa después de aplicada. La temperatura ambiente debe ser de 10°C

como mínimo y aumentando para la capa ligante de cemento asfáltico o de 15°C y aumentando para las emulsiones asfálticas.

#### **4.5.2 Precaución de tráfico**

El tráfico de vehículos livianos no dañará la tela descubierta. Sin embargo, como medida de precaución, no debe permitirse el tránsito directamente encima de la tela Petromat. Si las condiciones locales requieren transitar sobre la tela, y el ingeniero encargado lo aprueba, habrá que poner personal de tránsito y letreros de advertencia para avisar a los conductores que la superficie puede estar resbaladiza. También se deben colocar letreros indicando una velocidad máxima.

#### **4.5.3 Reciclaje de pavimentos**

La presencia de tela Petromat en el pavimento no afecta las operaciones de fresado en frío, reciclaje en tambor-secador, o su reutilización como material de pavimentación.

#### **4.5.4 Limitaciones**

El sistema Petromat no es un reemplazo estructural para un cemento de concreto asfáltico (CCA) o base de agregado inadecuada. Los pavimentos deteriorados estructuralmente deben repararse antes de utilizar el sistema Petromat.

El sistema Petromat quizás no retarde el agrietamiento reflectante en las secciones de pavimento de cemento Pórtland viejo donde existe una diferencia en la flexión vertical de las juntas. En tales casos, es necesario estabilizar las

losas de pavimento antes de aplicar la tela. El sistema Petromat quizás tampoco sea eficaz en la prevención del agrietamiento térmico que puede ocurrir en los climas extremos.

No obstante, en estos dos casos limitantes, el sistema Petromat proporcionará una capa impermeabilizante muy benéfica. Mediante esta función, la membrana reducirá al mínimo el agrietamiento secundario que de otra manera ocurriría cuando el agua se infiltre en la estructura del pavimento.

## **5. PROCEDIMIENTO DE GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTACIÓN EN GUATEMALA**

Detallaremos a continuación el procedimiento por parte de empresas constructoras y del Estado de Guatemala, supervisado a través de la Dirección General de Caminos, de cómo utilizar Geosintéticos de pavimentación en una rehabilitación de carretera.

### **5.1 DEFINICIÓN**

Geosintéticos para pavimentación: Son las telas o membranas de material geotextil o de geocompuestos para pavimentación solos o combinados colocados dentro de las capas del concreto asfáltico para formar una barrera impermeable que proteja de la infiltración de humedad a las capas inferiores del pavimento, demorando al mismo tiempo el avance y propagación de grietas reflectivas originadas en las capas subyacentes. Estos materiales también se pueden colocar previo a la construcción de una capa de refuerzo sobre un pavimento existente, con las mismas funciones.

**Descripción:** Este trabajo consiste en la limpieza y preparación de la superficie existente, el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento y esparcimiento, por medio de tanque distribuidor a presión, del material bituminoso; el suministro y la colocación de un geosintético para pavimentación entre capas de concreto asfáltico de un pavimento nuevo o antes de la colocación de una capa de refuerzo o de un tratamiento superficial sobre un pavimento existente, y el control de tránsito, protección y señalización del área a tratar.

## 5.2 REQUISITOS DE LOS MATERIALES

### a) Material bituminoso.

El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar, será uno de los establecidos en la tabla siguiente, según lo indiquen las Disposiciones Especiales.

**TABLA V. REQUISITOS PARA EL MATERIAL BITUMINOSO**

Tipo y grado de Material Bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cementos Asfálticos</li><li>Graduación por viscosidad:<ul style="list-style-type: none"><li>• AC-20</li></ul></li><li>Graduación por penetración:<ul style="list-style-type: none"><li>• 60-70</li></ul></li></ul>	AASHTO M 226	> 145
<ul style="list-style-type: none"><li>• Emulsiones Asfálticas</li><li>- Aniónicas<ul style="list-style-type: none"><li>• RS-1</li></ul></li><li>- Cationicas<ul style="list-style-type: none"><li>• CRS-1</li></ul></li></ul>	AASHTO M 140	20-60
	AASHTO M 208	50-85

### b) Geotextil tipo VI:

En general, los geotextiles son materiales fabricados utilizando polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de por lo menos 85 por ciento en masa de poliolefinas, poliéster o poliamidas. La fabricación del geotextil, incluyendo los remates en las orillas, se debe hacer dentro de una red estable tal, que los filamentos o hilos mantengan su estabilidad dimensional relativa entre ellos mismos. El geotextil debe ser resistente a ataques químicos, moho y al deterioro y debe estar libre de desgarres, defectos o fallas que alteren

adversamente sus propiedades físicas. Los requerimientos para el geotextil utilizado para pavimentación se muestran en la siguiente tabla.

**TABLA VI. REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA  
TELA DE PAVIMENTACIÓN EN GUATEMALA**

<b>Propiedades</b>	<b>Método de ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Especificaciones</b>
Peso	ASTM D 3776	Gr/m <sup>2</sup>	102 a 271
Espesor de la tela	ASTM D 461	mm	0.76 a 2.54
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	N	450
Alargamiento último	ASTM D 4632	N	40% a la ruptura
Retención de asfalto <sup>(1)</sup>	Texas DOT Item 3099	Lt/m <sup>2</sup>	0.90 <sup>(2)</sup>
Punto de fusión	ASTM D 276	°C	150

<sup>(1)</sup> El asfalto requerido es únicamente para la saturación de la tela de pavimentación. La retención de asfalto debe ser proporcionada en el certificado del fabricante. Estos valores no indican la tasa de aplicación requerida para la construcción.

<sup>(2)</sup> La propiedad del producto en cuanto a la retención del asfalto debe indicar el valor mínimo promedio del rollo.

Todos los valores relativos a las propiedades indicados en estas especificaciones representan los valores promedio mínimo de un rollo ensayado en la dirección más débil. Esto significa que los resultados promedio obtenidos de las pruebas efectuadas sobre cualquier rollo de un lote, ensayado para determinar su concordancia o asegurar la calidad, deben igualar o exceder los valores especificados.

El geotextil debe ser del tipo no-tejido y debe estar específicamente diseñado para aplicaciones de pavimentación. Asimismo, debe ser fusionado por calor en un solo lado para reducir el sangrado o exudado del riego de material bituminoso durante la instalación.

Los rollos de geosintético deben ser almacenados adecuadamente, de tal forma que se mantengan secos y protegidos contra los elementos atmosféricos. Si los rollos se almacenan a la intemperie, deben almacenarse sobre plataformas o sobre largueros por encima del suelo y protegidos con una cubierta impermeable.

Todo Contratista debe suministrar un certificado comercial que incluya el nombre del fabricante, el nombre del producto, número de estilo, composición química de los hilos o filamentos y cualquier otra información pertinente que describa totalmente el geosintético.

Cuando el Delegado Residente o Supervisor requiera una muestra, se debe remover una tira de un metro de longitud por el ancho completo de un tramo ubicado después de la primera vuelta del rollo. Se le debe colocar una etiqueta a la muestra que indique el número de lote y de partida, la fecha de toma de la muestra, nombre y/o número del proyecto, número del renglón, nombre del fabricante y el nombre del producto.

### **c. Geocompuestos para la pavimentación**

El geocompuesto para pavimentación debe consistir en un geotextil no tejido, fabricado de polipropileno, adherido a una geomalla estructural de fibra de vidrio cubierta con epóxico o bien un polímero cubierto de material bituminoso u otro recubrimiento apropiado que garantice su correcto



desempeño ante la colocación del concreto asfáltico en caliente. Las geomallas para refuerzo, son materiales que deben estar constituidos por una malla regular o entrelazados estables elaborados con polímeros íntegramente conectados para formar elementos a tensión, con suficiente apertura geométrica que permita significativamente trabar mecánicamente la mezcla asfáltica y el geosintético. La estructura del geosintético para refuerzo debe ser dimensionalmente estable y permitir mantener su geometría bajo los esfuerzos de construcción y debe tener alta resistencia a los daños durante la construcción, a la degradación de los rayos ultravioleta y a toda forma de degradación química y biológica que se pueda presentar. Las geomallas serán de preferencia aquellas fabricadas por extrusión de láminas de polipropileno o polietileno de alta densidad. También pueden utilizarse geomallas tejidas con hilos de polipropileno o poliéster, recubiertas con baños de cloruro de polivinilo (PVC).

En las Disposiciones Especiales de conformidad con el diseño se debe indicar la separación de la malla para cumplir con el límite máximo y el mínimo dado para la abertura entre los elementos de la malla en cualquier dirección. Las uniones en los puntos de cruce de los elementos de la geomalla deben ser íntegramente conectados a través de extrusión de la malla a sí misma o soldando los puntos de cruce, de tal manera que los elementos no se separen entre sí, tanto en las operaciones de instalación, como durante las actividades de construcción, ni bajo niveles de esfuerzo y condiciones anticipadas de medio ambiente que puedan afectar la vida de la estructura.

En el diseño se indicarán los valores mínimos a ser cumplidos o excedidos correspondientes a las siguientes propiedades. Resistencia a la tensión (a 5% de deformación), resistencia última a la tensión y resistencia permisible a la tensión. El Contratista debe indicar por escrito de acuerdo a las

recomendaciones del fabricante, las características dimensionales de la geomalla seleccionada y proponer los detalles de colocación para cumplir con los requerimientos de los planos y las Disposiciones Especiales.

La resistencia a la tensión última de la geomalla será determinada de conformidad con el ensayo ASTM D 4595. La resistencia a la tensión permisible, es la resistencia denominada Resistencia de Diseño a Largo Término. “LTDS (Long Term Design Strength)”, la cual está basada en la extrapolación de la resistencia para un período de vida útil de 75 años, tomando en consideración la resistencia a la fatiga, degradación por vejez, efectos químicos y biológicos y la influencia de los daños al momento de la construcción.

### **5.3 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE**

La superficie de pavimentación debe estar libre de polvo, agua, aceite, vegetación o de otros residuos. Cuando se vaya a colocar el geosintético sobre una capa de concreto asfáltico que no ha sido abierta al tránsito, la preparación se podrá limitar a barrer la superficie.

En el caso de que la colocación sea sobre un pavimento existente antes de un recapeo, se deberán reparar los defectos de la superficie antes de la colocación del geosintético. Las grietas de más de 3 milímetros deben ser limpiadas y rellenadas y las fallas locales (baches) y secciones agrietadas delimitadas y otras fallas del pavimento también deben ser reparadas.

El material de relleno de las grietas deberá dejarse curar antes de la colocación de la tela de pavimentación. Si hay ahuellamientos o rugosidades en el pavimento existen, éstas deben nivelarse con una capa de nivelación de

cemento asfáltico o lechada asfáltica modificada con polímero previamente a la instalación del geosintético de pavimentación, de acuerdo con las instrucciones del Delegado Residente o Supervisor.

No se debe colocar geosintéticos sobre superficies con una pendiente mayor al 8%, pues se tendrán fallas de deslizamiento del mismo.

#### **5.4 LIMITACIONES DEL CLIMA**

El riego de material bituminoso y la tela geotextil deben ser aplicados sobre una superficie seca, cuando la temperatura de la superficie del pavimento sea de por lo menos 15°C y se esté elevando. No se permitirá el riego de material bituminoso ni la colocación del geosintético cuando esté lloviendo o haya amenaza de lluvia durante la jornada de trabajo.

#### **5.5 PREPARACIÓN DEL MATERIAL BITUMINOSO**

a. Tanques de almacenamiento y equipo.

El contratista debe de contar con equipos de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para el material bituminoso a utilizar, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos de fácil (CCA) eso, y protegidos contra incendio.

b. Calentamiento del material bituminoso

El equipo de calentamiento, ya sea fijo o móvil, debe de tener capacidad adecuada para calentar el material a utilizar, sin dañarlo, debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas

del quemador con las paredes del tanque y la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula el material bituminoso.

## **5.6 APLICACIÓN DEL MATERIAL BITUMINOSO**

### **a. Cantidad de material bituminoso.**

Antes de colocar el geosintético, se debe aplicar un riego de material bituminoso, el cual se aplica con el objeto de sellar la superficie inferior, saturar el geosintético y ligarlo con el material bituminoso a la capa asfáltica superior a colocar. La cantidad de aplicación del material bituminoso será la indicada en las Disposiciones Especiales o la que ordene el Delegado Residente o Supervisor, según el tipo y grado de material bituminoso a usar. La cantidad debe estar comprendida entre 0.75 y 1.15 Lts/m<sup>2</sup> (0.20 y 0.30 Gal/m<sup>2</sup>) de cemento asfáltico o cemento asfáltico residual si se utilizan emulsiones. La emulsión debe ser aplicada sin diluir.

Cuando según las Disposiciones Especiales se instalen geosintéticos para usos de refuerzo, el rango de la aplicación podrá estar entre 1.35 y 1.80 Lts./m<sup>2</sup> según las especificaciones del fabricante del geosintético con la aprobación del Delegado Residente o Supervisor. Para usos de refuerzo, en intersecciones de calles o zonas donde la velocidad de los vehículos cambia frecuentemente, la proporción de aplicación debe ser reducida un 20% o según lo indique el Delegado Residente o Supervisor, pero sin reducir el punto de riego a un valor menor de 0.75 Lts./m<sup>2</sup>. La razón de aplicación del riego de material bituminoso deberá ser suficiente para saturar la tela y ligar de material bituminoso la superficie del pavimento existente.

b. Distribución del material bituminoso.

El material bituminoso debe ser aplicado con uniformidad por medio de distribuidor a presión equipado con sistema de calentamiento, sobre la superficie a tratar. La unidad debe ser autopropulsada o estar compuesta por un tanque distribuidor remolcado con cabezal, en todo caso, con ruedas de llantas neumáticas y fuerza de propulsión suficiente para mantener una velocidad constante que permita el riego especificado. Debe de estar equipado con tacómetro en unidad de operación separada, adaptada al tanque distribuidor, graduado en unidades de velocidad de por lo menos 5 metros por minuto o su equivalente en sistema inglés y colocado para que el piloto del distribuidor lo pueda leer fácilmente. En el sistema de distribución se debe conectar un tacómetro al eje de la bomba con indicador calibrado en revoluciones por minuto, de fácil lectura para el operador.

La barra de riego debe de permitir ajuste de longitud con variaciones cada 300 milímetros en más o en menos hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de todas las boquillas, así como mecanismo de fijación o de compensación en el sistema de suspensión para mantener constante la altura de la barra respecto a la superficie a tratar en toda la longitud de riego. La altura de la barra será fijada para permitir un traslape triple en el riego en abanico de las boquillas interiores. La alineación de las boquillas respecto al eje de la barra deberá permitir el esparcimiento completo de cada abanico sin interferir con los de las boquillas adyacentes. La barra y boquillas deben tener válvulas que proporcionen un cierre positivo e inmediato al terminar la distribución y deben permanecer limpias sin atascarse, en las operaciones intermitentes. La capacidad de la bomba del tanque distribuidor debe de ser no menor de 1000 litros (250 galones) por minuto y ser capaz de distribuir el material bituminoso en una corriente uniforme y constante a través

de todas las boquillas, con presión suficiente para asegurar un riego parejo de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente o Supervisor.

El sistema de calentamiento para el material bituminoso debe proveer un calor uniforme para todo el material, con termómetros aislados, que no estén en contacto con los tubos de calentamiento. Cuando se use el sistema de calentamiento, el material bituminoso deberá estar circulando en el tanque y se debe evitar el calentamiento excesivo para evitar su degradación. El distribuidor debe tener además una manguera con rociador anexa para cubrir las áreas que queden fuera del alcance de la barra o para efectuar correcciones.

Antes de proceder a cargar el tanque distribuidor con el material bituminoso a usar, debe inspeccionarse para determinar si no contiene residuos de un producto bituminoso distinto al que se usa en el riego. Si éste fuese el caso, el Contratista debe proceder a lavarlo y limpiarlo perfectamente con solvente adecuado y a remover con agua pura cualquier residuo de solvente, antes de cargarlo.

Antes de la aplicación del material bituminoso, se deben inspeccionar las boquillas para asegurarse que todas funcionen libremente y se debe proceder a la calibración del distribuidor.

El riego de material bituminoso debe ser rociado en un ancho 150 milímetros mayor que el ancho del geosintético. No se debe aplicar más riego de material bituminoso del que pueda cubrirse con el geosintético durante una misma jornada de trabajo y manteniendo el área de trabajo libre del paso del tráfico.

c. Tiempo de curado para emulsiones asfálticas

Se debe permitir que la emulsión regada cure antes de colocar el geosintético. El tiempo de curado debe ser suficiente para que se evapore completamente toda el agua y cualquier aditivo que contenga la emulsión. Cuando se utilizan emulsiones de curado medio y lento se necesita demasiado tiempo para esperar a su curado, por lo que son imprácticas para aplicación con los geosintéticos de pavimentación. El tiempo de curado para las emulsiones de curado rápido se determinará de acuerdo a la siguiente tabla, debiéndose comprobar antes de la aplicación del geosintético, que efectivamente ésta haya curado adecuadamente, lo cual sucede cuando la superficie se encuentre todavía pegajosa y el color del riego pase del color marrón al color negro.

**TABLA VII. TIEMPO DE CURADO PARA LA EMULSIÓN ASFÁLTICA**

Temperatura Ambiente (°C)	Tiempo de Curado (Horas)		
	Condiciones de Humedad Ambiental		
	Seca	Moderada	Húmeda
15	2	3	4
24	1	2	3
32	0.5	1	2

d. Correcciones

- 1) Corrección de Riego: Si después de la aplicación del material bituminoso, aparecen áreas que no han recibido adecuadamente el riego, éstas deberán ser cubiertas inmediatamente, usando una manguera con rociador anexo al tanque distribuidor. Las superficies de todas las estructuras y construcciones adyacentes del área a tratar, deben

protegerse adecuadamente para evitar su salpicadura o daño. En caso de que esto último ocurra el Contratista debe, a su propia costa, remover el material bituminoso salpicado y reparar todos los daños ocasionados.

- 2) **Corrección de Afloramientos:** Los afloramientos del material bituminoso que aparezcan en exceso, deben ser corregidos aplicando material secante. Antes de la colocación del geosintético, se deberá barrer este material. Para que no aparezcan nuevos afloramientos, se harán las correcciones necesarias, en las cantidades de aplicación del material bituminoso.

## **5.7 COLOCACIÓN DEL GEOSINTÉTICO PARA PAVIMENTACIÓN**

El geosintético de pavimentación debe ser colocado sobre el riego de material bituminoso utilizando un equipo mecánico o manual de colocación capaz de proveer una instalación lisa con un mínimo de arrugas o dobleces. Si se utilizan métodos manuales, el geosintético debe ser desenrollado, alineado y colocado en tramos de aproximadamente 9 metros. Todos los dobleces o las arrugas con una altura mayor de 25 milímetros deben ser estirados y/o aplanados. El geosintético debe ser aplanado con una compactadora de llantas neumáticas para maximizar el contacto de la tela con la superficie del pavimento. El geosintético de pavimentación debe ser colocado antes de que el riego de material bituminoso se enfríe o deje de estar pegajoso. No debe ser instalado en áreas donde la capa de carpeta asfáltica que se colocará encima tenga un espesor menor de 50 milímetros. El exceso de geosintético de pavimentación que se extienda más allá del borde del pavimento existente o de las áreas de aplicación de la capa de material bituminoso, debe ser cortado y removido.



En las juntas del geosintético, la tela debe ser traslapada entre 50 y 150 milímetros para asegurar un buen traslape. Las juntas transversales deben ser traslapadas en la dirección de la pavimentación para evitar que la pavimentadora levante las orillas. En los traslapes se debe aplicar material bituminoso adicional para asegurar la adherencia adecuada de la doble capa de tela del geosintético.

No se debe de permitir el paso del tráfico público sobre el geosintético. Se debe evitar maniobrar el equipo de acarreo de concreto asfáltico y el de pavimentación sobre la tela. Para evitar dañar el geosintético, no se debe realizar paradas, arranques o giros bruscos del equipo sobre la tela, para evitar el movimiento del geosintético de pavimentación. El geosintético dañado debe ser removido y sustituido con el mismo tipo de geosintético.

## **5.8 COLOCACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA**

La construcción de la nueva carpeta asfáltica o del recapeo debe hacerse inmediatamente después de la colocación del geosintético, para asegurar que las capas asfálticas se adhieran correctamente.

Si hay tela dañada, ésta debe ser reparada antes de la colocación de la carpeta. Todas las áreas donde se ha colocado el geosintético de pavimentación deben ser pavimentadas el mismo día.

La temperatura de colocación del concreto asfáltico debe limitarse a un máximo de 165°C excepto cuando el geotextil de pavimentación esté compuesto por fibras de polipropileno y, en tal caso, la temperatura de colocación de la mezcla se debe limitar a un máximo de 150°C.

## **5.9 CONTROL DEL TRÁNSITO**

Durante todas las operaciones de aplicación del material bituminoso, y el tiempo comprendido hasta colocar la capa asfáltica inmediata superior, no se permitirá el paso del tránsito. El Contratista debe desviar y controlar el tránsito de la zona tratada, señalizando, dirigiendo el mismo y controlando la velocidad para evitar accidentes y deterioro del trabajo efectuado.

## **5.10 TOLERANCIAS EN GUATEMALA**

- a) Tolerancia en la aplicación del material bituminoso: No serán aceptadas, para efectos de pago, variaciones mayores del 5% de la cantidad ordenada por el Delegado Residente o Supervisor para el riego de material bituminoso.
- b) Tolerancias de superficie del geosintético: La superficie colocada debe ser uniforme y estar de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas mostradas en los planos.

## **5.11 CONTROL DE CALIDAD**

- a) Material bituminoso. El Contratista debe proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se hagan constar las características del material bituminoso correspondientes al grado, tipo y marca especificado proveído por lote de producción o embarque según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente o Supervisor efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T-40. Dichas verificaciones podrán efectuarse por lo menos en forma bimensual.

- b) Geosintéticos. El Contratista deberá presentar los certificados de calidad proporcionados por el fabricante en donde se haga constar que los Geosintéticos utilizados llenan los requisitos estipulados.

#### **5.12 MEDIDA**

- a) Material bituminoso. La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C con aproximación de dos decimales, de material bituminoso para aplicación de geosintético para pavimentación, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de los anchos establecidos de la sección típica con las tolerancias establecidas conforme estas especificaciones generales, disposiciones especiales y planos correspondientes.

La medida del material bituminoso se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando éste a nivel, inmediatamente antes y después de cada riego.

- b) Geosintético para pavimentación: La medida se debe hacer del número de metros cuadrados excluyendo los traslapes, con aproximación de dos decimales, de geosintético para pavimentación, colocados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

#### **5.13 PAGO**

- a) Material bituminoso. El pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos, ordenados satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de las tolerancias

establecidas y conforme a los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales; al precio unitario de contrato, correspondiente a material bituminoso para aplicación de geosintético para pavimentación.

- b) Geosintético para pavimentación. El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados, medidos, satisfactoriamente colocados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas y conforme a los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales, al precio unitario de contrato correspondiente a geosintéticos para pavimentación.

No se reconocerá ningún pago adicional por correcciones de la superficie a tratar, ni el material secante utilizado en afloramientos, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución de este trabajo, deben ser incluidos en los precios unitarios de contrato, correspondiente a esta sección o como se encuentre indicado en las Disposiciones Especiales.

## **6. PROCEDIMIENTO DE CAMPO EN LA ACTUALIDAD DE APLICACIÓN EN OBRAS CARRETERAS**

### **6.1 PROCEDIMIENTO SEGÚN ESPECIFICACIONES GENERALES**

Las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, no es más que una serie de procedimientos que se siguen para realizar los trabajos de construcción de carreteras y puentes en Guatemala, son las normas que se deben de seguir y estos procedimientos están supervisados siempre por la Dirección General de Caminos a través de Supervisores que se les llama cuando son designados Delegados Residentes que son los encargados de velar que los ejecutores de trabajos cumplan con los procedimientos establecidos ya en las Especificaciones Generales, estos supervisores a su vez tienen Ingenieros Regionales por parte de la Dirección General de Caminos que los supervisan y estos Ingenieros Regionales pertenecen a la División de Supervisión de Construcciones de la Dirección General de Caminos.

El Gobierno de Guatemala a través de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, sacó en el año 2001 el Programa de Rehabilitación y Modernización Vial II como parte del Préstamo BID 1224/OC-GU, y dentro de este Programa estaban los siguientes Proyectos de Rehabilitación de Rutas Principales Pavimentadas:

- ✓ Rehabilitación de la Ruta CA-13 Tramo La Ruidosa - Modesto Méndez
- ✓ Tramo I: Ruidosa - Río Dulce y
- ✓ Tramo II: Río Dulce - Modesto Méndez.

- ✓ Rehabilitación de la CA-9 Sur Tramo: Villa Nueva - Amatitlan
- ✓ Rehabilitación de la Ruta CA-14 Tramo El Rancho - Cobán
- ✓ Tramo I : El Rancho -La Cumbre
- ✓ Tramo II: La Cumbre - Purulhá
- ✓ Tramo III: Purulhá - Cobán.

Todos estos proyectos fueron aprobados con el propósito primordial de darle una rehabilitación a las rutas con un diseño para 20 años, dentro de las Recomendaciones que uno de los diseñadores de la Rehabilitación de la Ruta CA-13 hizo dentro de las opciones propuestas fue la siguiente: “2. En el caso del pavimento asfáltico el espesor de 9 cm garantiza que se evite la reflexión de grietas, siendo suficiente sellarlas; en tanto que para un espesor de 7 cms sería necesario colocar geotextil sobre las grietas para asegurar que no se reflejen al nuevo pavimento. Ver ETE-6. ...”. Es importante mencionar que para cuando estos proyectos salieron del Programa de Rehabilitación y Modernización Vial II, fue a finales del año 2,001 e inicios del año 2,002 y las especificaciones a regir fueron las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, Edición Septiembre del 2001, de la Dirección General de Caminos, mencionamos esto debido a que los procedimientos de campo a seguir eran en base a lo descrito en dichas especificaciones que para el caso de los geotextiles se iniciaba, ya que en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, Edición Mayo de 1975, no existía nada sobre geotextiles de Repavimentación, podría decirse que en la Edición de Septiembre del 2001 se empezó a utilizar o sea en estos proyectos de Modernización. Los procedimientos utilizados en la Rehabilitación de Carreteras en la Actualidad por medio de las Especificaciones Generales son como el aplicado en la Rehabilitación de la Ruta CA-13 Tramo La Ruidosa - Río Dulce, que se hizo lo siguiente:

- Se realizó un Fresado del Pavimento Existente (según la Sección 311, Especificaciones Generales (Libro Azul) de Septiembre del 2001),
- Posteriormente, se procedió a revisar el área para verificar en donde se utilizaría el Geosintético para pavimento (según la sección 409, Especificaciones Generales (Libro Azul) de Septiembre del 2001), describiremos el procedimiento brevemente a continuación :
  - Preparación de la Superficie
  - Limitaciones del Clima
  - Preparación del Material Bituminoso
  - Aplicación del Material Bituminoso
  - Colocación del Geosintético para Pavimentación
- Una vez colocado el geotextil, se procede a colocar la mezcla de concreto asfáltico en caliente, como en el caso de la CA-13 la base del pavimento es una base cementada al igual que la sub-base lo que da un bloque de 50 a 70 cms de material estabilizado con cemento o sea un gran bloque de concreto casi, que tienen movimiento debido a la cantidad de años que pasó la ruta y se formaron aisladamente bloques de la fatiga de la misma por lo fue necesario realizar este procedimiento, que consistió en colocar 3 capas de concreto asfáltico de 5 cms cada una que es el mínimo espesor a colocar y como era de esperarse el daño era tan grande que en los lugares en donde no se colocaba geotextil aparecía la grieta en la primera capa a las semanas de colocada la mezcla por lo que en dichas capas se colocaba geotextil de pavimento como entrecapa para evitar la reflexión en la ultima capa de rodadura.

## **6.2 PROCEDIMIENTO SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES:**

Dentro de los procedimientos empleados en las Rehabilitaciones efectuadas en nuestro país a las Rutas Principales existen algunos en los cuales los procedimientos empleados no están descritos dentro de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, Edición Mayo 1975, por lo que es necesario crear Especificaciones Técnicas Especiales como fue el caso de la Ruta CA-13 Tramo La Ruidosa - Modesto Méndez, en donde la metodología de construcción fue hecha en base a las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes Edición Mayo 1975, y se tuvo la necesidad de crear varios renglones que no existían para cuando se hicieron las cantidades de trabajo, pero fue en la etapa del diseño de la Rehabilitación de la ruta como lo fueron:

- **ETE-II Preparación de la Superficie Existente:** para lo cual la especificación Técnica Especial decía: Las Zonas con fallas en las capas inferiores por debajo de la carpeta de rodamiento existente, que no brinde un apoyo a las capas asfálticas contratadas, deberán ser excavadas hasta la profundidad de falla que ordene el Delegado Residente y luego ser reemplazadas por capas constituidas por materiales similares a los existentes en la estructura y el terraplén actual. Una vez efectuadas las reparaciones necesarias, el Delegado Residente deberá indicar como deberá de tratar la antigua superficie distorsionada antes de autorizar la colocación de la primera capa de concreto asfáltico, la decisión la tomara sobre 3 procedimientos, siendo ellos:
  - a. Barrido y Soplado previo a la superficie, utilizando para tal fin, una barredora mecánica provista de un dispositivo soplador de polvo.



- b. Fresado para nivelar las distorsiones de la Superficie.
- c. Colocación de una capa de nivelación con mezcla asfáltica en caliente
- **ETE- 12 Sellado de grietas en el Pavimento Existente:** Para el sellado de grietas mayores de 2 mm de espesor, se deberá ejecutar el procedimiento que a continuación se describe:
  - a. Mediante un compresor, sopletear dentro de la grieta para obligar a la expulsión del material suelto.
  - b. Inyectar a lo largo de la grieta, emulsión asfáltica del tipo CSS-1h, RS-2k, AC-20 o CRS-2p.
  - c. A continuación se deberá de colocar una tira de tela geotextil a lo largo de la grieta, esta deberá tener un ancho mínimo de 30 cms o más, dependiendo de la forma irregular de la grieta o como lo indique el Delegado Residente. Se deberá cuidar que no queden arrugas en la tela y que esta quede completamente adherida al riego asfáltico distribuido previamente.
  - d. Cuando el área esté demasiado agrietada o la sección de la carretera esté completamente fisurada, se puede aplicar una sobrecarpeta de arena asfalto, usando una graduación No.8 con asfalto modificado con polimeros: CRS-2p en sustitución del literal c.

Se obligan los traslapes en un mínimo de 30 cms para el geotextil.

- **ETE-13 Tela Geotextil para Pavimento:** La tela geotextil para pavimentos debe de cumplir con las siguientes Propiedades físicas:

Propiedades Físicas	Norma ASTM	Valor
✓ Resistencia a la Tensión "GRAB"	D-4632	480/570 N
✓ Elongación a la Tensión "GRAB"	D-4632	60%
✓ Resistencia al Estallido "MULLEN"	D-3766	1620 kPa
✓ Resistencia a la Perforación	D-4833	300 N
✓ Resistencia al Desgarre Trapezoidal	D-4533	200 N
✓ Resistencia a los Rayos Ultravioleta	D-4355	70/500% Hrs.

Cumplidos los requerimientos de calidad anteriores y realizadas las tareas de acuerdo a lo indicado en las ETE-12 - Sellado de grietas en el Pavimento Existente.- Se procederá a efectuar la medición.

Como se puede ver estos procedimientos conocidos como Especificaciones Técnicas Especiales (ETE) se les designa numeración del 1 en adelante dependiendo para cualquier proyecto a ejecutar ya sea de Rehabilitación como de Construcción y los mismos los autoriza en su oportunidad la Dirección General de Caminos, a través de su División Correspondiente. Cabe mencionar que las Especificaciones Técnicas Especiales son procedimientos de actividades adicionales a las de las Especificaciones Generales (Libro Azul) que nos sirven para desarrollar en las Obras a realizar nuevas técnicas o nuevos conceptos de construcción que en las Especificaciones Generales no aparecían como sucedía con los Geotextiles hasta Septiembre del año 2001.

### **6.3 PROCEDIMIENTO DE SOLICITUD DE UTILIZACIÓN**

Cuando se proponga la utilización de tela geotextil para repavimentación en un proceso de rehabilitación o construcción de carreteras en donde no se tenía contemplado su uso, pero en el proceso constructivo se observó la

necesidad del mismo, se deberá de realizar ante las autoridades dueñas del proyecto un trámite de aceptación del nuevo renglón, para lo cual se deberá cumplir con cierta información del producto propuesto dentro de la solicitud a efectuar, como lo es:

- ✓ El Tipo de Telas a Utilizar
- ✓ Características y Certificados de Calidad del Producto
- ✓ Hacer solicitud a través de justificación técnica (Costo – Beneficio).

### **6.3.1 Tipo de Telas a Utilizar:**

Una vez definido que es necesario la utilización de una tela geotextil de repavimentación en la rehabilitación de la carretera y el mismo no fue tomado en cuenta para el proceso, primero se debe conocer que tipos de telas se pueden utilizar, para ello se recomienda acercarse al proveedor más cercano de geosintéticos, el cual le dará la información técnica necesaria del fabricante del producto, ya que existen telas geotextiles para casi todas las aplicaciones, y es necesario conocer los tipos para el área requerida para tal caso veremos a continuación las tablas en donde podemos observar los tipos de geotextiles no tejidos en donde veremos las dos clases de geotextiles usados para la repavimentación en nuestro caso particular de la marca AMANCO y Maccaferri de los cuales la diferencia versa en las propiedades hidráulicas como el espesor, retención de asfalto y en las propiedades mecánicas.

FIGURA No. 10 GEOTEXILES NO TEJIDOS



												
PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	NT 1600	NT 1300	NT 2000	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	RENAV 400	RENAV 450
<b>PROPIEDADES MECANICAS</b>	Módulo Elástico (Resistencia a la Tracción / Elongación)	N/A	450 (1020) / 50	540 (1227) / 50	630 (1442) / 50	780 (1746) / 50	1050 (2389) / 50	1200 (2727) / 50	1450 (3265) / 50	1500 (3405) / 50	600 (1377) / 50	600 (1377) / 50
	Resistencia al Funcionamiento	N/A	200 (450)	250 (559)	350 (774)	430 (957)	540 (1194)	700 (1558)	810 (1822)	940 (2112)	200 (450)	200 (450)
	Resistencia al Rotogripo (Resistencia a la Tracción)	N/A	200 (450)	230 (520)	240 (550)	300 (670)	415 (923)	470 (1040)	480 (1068)	530 (1170)	210 (470)	240 (550)
	Módulo Múltiplo Burs (Resistencia al Deslizamiento)	ASTM D-3785	N/A	1300 (2700)	1650 (3690)	1700 (3800)	2200 (4850)	2967 (6550)	3242 (7170)	3795 (8370)	4300 (9400)	1440 (3170)
<b>PROPIEDADES HIDRAULICAS</b>	Tamaño de Abertura Aperturas	ASTM D-4751	0.150 (100)	0.125 (120)	0.125 (120)	0.125 (120)	0.106 (140)	0.106 (140)	0.106 (140)	0.106 (140)	N/A	N/A
	Permeabilidad	ASTM D-4491	$36 \times 10^{-3}$	$32 \times 10^{-3}$	$34 \times 10^{-3}$	$30 \times 10^{-3}$	$23 \times 10^{-3}$	$25 \times 10^{-3}$	$22 \times 10^{-3}$	$18 \times 10^{-3}$	N/A	N/A
	Permeabilidad Específica	ASTM D-4491	2.8	2.3	2.0	1.6	1.2	1.0	0.8	0.5	N/A	N/A
	Exposición	ASTM D-5199	1.9	1.1	1.7	1.5	2.4	2.5	2.8	3.2	1.3	1.5
	Relación de Azúcar	ASTM D-6140	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0
<b>PRESENTACION</b>	Tipo de Polímero	Fabricante	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP
	Roll Ancho	Medido	3.6 3.8 4.0	3.5 3.8 4.0	3.6 3.8 4.0	3.6 3.8 4.0	3.6 3.8 4.0	3.5 3.8 4.0	3.5 3.8 4.0	3.5 3.8 4.0	3.8	3.8
	Roll Largo	Medido	120	150	130	100	120	100	90	80	120	120
	Roll Área	Calculado	420 560 480	525 570 600	465 510 520	360 390 400	420 444 480	360 380 400	315 342 360	280 304 300	456	456
<b>FUNCION DEL GEOTEXTIL</b>	Roll Ancho Máximo	Medido	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5		
	Filtración		==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
	Drenaje		==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
	Protección		==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
	Separación		==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
	Estabilización		==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
	Refuerzo		==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
Reparamentación		==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	





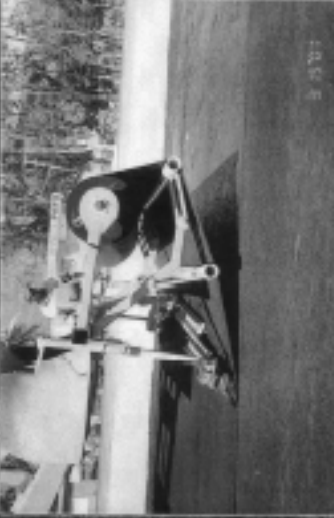
FIGURA No. 13 GUÍA DE APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS

**Guía de aplicación de geosintéticos - Maccaferri**

Para esta aplicación es utilizado el geotextil no tejido MacTex MT (Repav).

En este caso el geotextil se transforma en una membrana viscoelástica impermeable que evita la infiltración del agua y además retarda la propagación de grietas de la camada antigua a la camada asfáltica nueva.

Como para esta aplicación no existe un método de diseño definido, la característica más importante del material es la absorción de asfalto. Recordamos que además de esta el geotextil debe presentar características mecánicas suficientes para soportar las sollicitaciones de instalación.

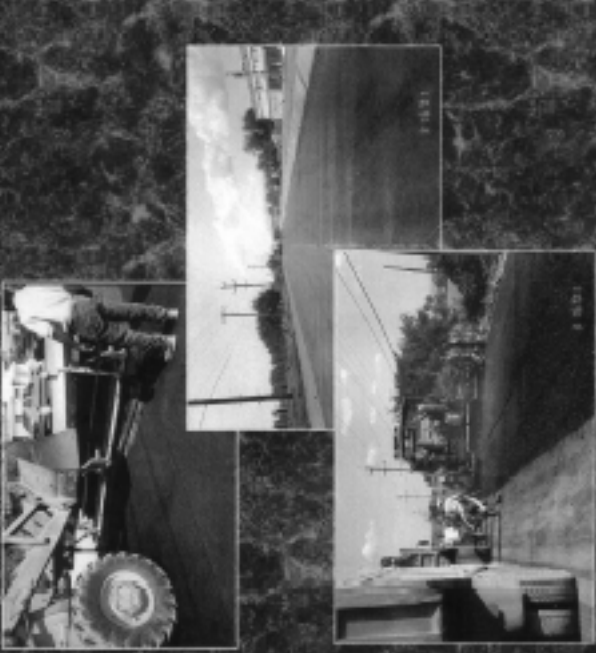


aplicaciones principal salir

FIGURA No. 14 GUÍA DE APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS

**Guía de aplicación de geosintéticos - Maccaferri**

Para esta aplicación es utilizado el MacTex no tejido, siendo común la utilización de geotextiles de bajo gramaje (135 g/m<sup>2</sup> o 150 g/m<sup>2</sup>).



MacTex® No Tejido

repav. principal salir



### **6.3.2 Características y Certificados de Calidad del Producto**

Conocer las características de los geotextiles es un aspecto bastante importante para la escogencia de una tela geotextil, ya que luego de conocer los tipos específicos de telas para la aplicación requerida en este caso repavimentación se analizan las características para ello los fabricantes de Geosintéticos a través de sus proveedores entregan hojas técnicas en donde podemos analizar las características que requerimos para proponer el geotextil ahora ya en función del tipo como vimos en el inciso anterior y en función de las características, para ilustrar estamos presentando dos hojas técnicas de la marca AMOCO el geotextil estilo 4553 y el estilo 4598 Petromaf uno como se puede ver es de  $300 \text{ gr/m}^2$ , y el otro de  $150 \text{ gr/m}^2$ , solo por mencionar una diferencia uno el primero para ser utilizado como geotextil para subdrenajes, y el otro para ser utilizado como geotextil para repavimentación en la rehabilitación de rutas, es importante conocer los tipo de telas geotextiles a utilizar tanto de las diferentes marcas pero más importante de sus propiedades, más adelante en este capítulo veremos las propiedades más importantes para poder distinguir una tela geotextil de repavimentación.

Otro aspecto importante aparte de las características es el Certificado de Calidad del Producto escogido, que es importante para cuando uno ya tiene escogida la tela geotextil a utilizar en su proyecto o a proponer en su proyecto, el proveedor del producto es el encargado de entregar el Certificado de Calidad del Producto en este caso de la Tela Geotextil de Repavimentación (se adjunta copia de Certificado de Amoco para Petromat 4598) que es donde el fabricante certifica la calidad del mismo y que cumple con todas las normas establecidas para esa función y en el certificado indica de que lote de producción fue extraído el producto para su utilización en la obra, hoy en día mayoría de los productores de geotextiles están certificados bajo la norma ISO-9001 versión 2000 y bajo la norma ISO-14000.

**FIGURA No. 15 GEOTEXTIL AMOCO ESTILO 4553**



**AMOCO FABRICS AND FIBERS COMPANY**  
 260 The Bluffs  
 Austell, GA 30168  
 PH: (770) 944-4569  
 FX: (770) 944-4584

## Estilo 4553

El Geotextil Amoco Estilo 4553 es una tela no tejida agujada de polipropileno. Este geotextil se estabiliza para resistir degradación por la exposición a la luz ultravioleta. Es resistente a las sustancias químicas, al moho y a los insectos que se encuentran comúnmente en el suelo y no es biodegradable. Polipropileno es estable dentro de un margen de pH de 2 a 13, lo que lo convierte en uno de los polímeros más estables para geotextiles disponible hoy en día. Nosotros queremos informarle que el Geotextil Amoco Estilo 4553 cumple con los valores mínimos promedios de rollo (MARV) que se presentan a continuación:

Propiedades	Método de Ensayo	Valores Mínimos Promedios de Rollo	Valores Típicos de Rollo
Peso Nominal	ASTM D 5261	N/A	300 g/m <sup>2</sup>
Resistencia a la Tracción "Grab" (T/L)	ASTM D 4632	900 N	1300/1075 N
Elongación a la Tracción "Grab"	ASTM D 4632	50 %	>70 %
Resistencia a la Tracción "Muestra Ancha"	ASTM D 4595	N/A	25 kN/m
Elongación "Muestra Ancha"	ASTM D 4595	N/A	>40 %
Resistencia al Reventado "Mulleu"	ASTM D 3786	2730 kPa	3440 kPa
Resistencia a la Perforación	ASTM D 4833	575 N	770 N
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	ASTM D 4533	355 N	510 N
Resistencia a los Rayos Ultravioletas	ASTM D 4355	70%@500 hrs	70%@500 hrs
Abertura Apparente de Poros (AOS)	ASTM D 4751	0.15 mm	0.15 mm
Permisividad	ASTM D 4491	1.5 sec <sup>-1</sup>	1.8 sec <sup>-1</sup>
Flujo de Agua	ASTM D 4491	74.5 l/sec/m <sup>2</sup>	125 l/sec/m <sup>2</sup>
Permeabilidad Normal	ASTM D 4491	N/A	0.4 cm/sec
Espesor Nominal	ASTM D 5199	N/A	2.6 mm

(L)= Dirección longitudinal; (T)=Dirección Transversal.

La compañía Amoco Fibers and Fibers produce la tela no tejida que se indica arriba. Los valores presentados son el resultado de análisis estadísticos de ensayos efectuados en muestras laboratorios de control de calidad. Los valores típicos presentados son con el propósito de comparación, y corresponden a un promedio de resultados de ensayos de muestras de la producción actual de este producto. Una carta, proveniente de la planta de fabricación, certificando los valores mínimos promedios de rollo será emitida por el Gerente de Control de Calidad en el momento que se haga el envío.

**FECHA DE EMISION: 06/08/01**

La información que se presenta aquí, aunque no se garantiza, es sólo nuestra (el autor y editor) opinión y creencia. Excepto cuando se indique por escrito para cualquier propósito de uso, no se hará jurisdicción o garantía implícita o explícita con respecto al cumplimiento de ningún propósito, debido a que las condiciones de uso y manejo están fuera de nuestro control. Ninguna información incluida aquí deberá ser interpretada como permiso o recomendación para infringir cualquier patente.

**FIGURA No. 16 GEOTEXTIL AMOCO ESTILO 4598 PETROMAT**



**AMOCO FABRICS AND FIBERS COMPANY**  
 260 The Bluffs  
 Austell, GA 30168  
 PH: (770) 944-4369  
 FX: (770) 944-4384

## Estilo 4598 PETROMAT®

Desearnos informarle que la tela para pavimentación Amoco Estilo 4598 Petromat® cumple con los valores mínimos promedio de rollo (MARV del inglés) que se presentan a continuación:

Propiedades	Método de Ensayo	Valores Mínimos Promedios de Rollo	Valores Típicos de Rollo
Peso	ASTM D 5261	140 g/m <sup>2</sup>	150 g/m <sup>2</sup>
Resistencia a la Tracción "Grab" (T/L)	ASTM D 4632	450 N	620/510N
Elongación a la Tracción "Grab"	ASTM D 4632	50 %	> 60 %
Resistencia a la Peforación	ASTM D 4833	* N	320 N
Resistencia al Reventado "Mullen"	ASTM D 3786	1370 kPa	1700 kPa
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	ASTM D 4333	* N	230 N
Retención Asfáltica	ASTM D 6140	0.9 L/m <sup>2</sup>	1.1 L/m <sup>2</sup>
Resistencia a los Rayos Ultravioletas	ASTM D 4355	70 % a 150 hrs	70 % a 150 hrs

(L)= Dirección longitudinal; (T)=Dirección Transversal.


La compañía Amoco Fibers and Fibers produce la tela no tejida que se indica arriba. Los valores presentados son el resultado de análisis estadísticos de ensayos efectuados en nuestros laboratorios de control de calidad. Los valores típicos presentados son con el propósito de comparación, y corresponden a un promedio de resultados de ensayos de muestras de la producción actual de este producto. Una carta, proveniente de la planta de fabricación, certificando los valores mínimos promedio de rollo será emitida por el Gerente de Control de Calidad en el momento que se haga el envío.

**FECHA DE EMISION: 06/20/01**

La información que se presenta aquí, aunque no se garantiza, se según nuestro nivel saber y entender verdaderos y exactos. Excepto cuando se mencione por escrito para cualquier uso específico de sus, no se hará justificación o garantía alguna de la idoneidad o cumplimiento de comportamiento de ningún producto, debido a que las condiciones de uso y manejo están fuera de nuestro control. Ninguna información enviada aquí deberá ser interpretada como garantía o recomendación en caso contrario cualquier peligro.

**FIGURA No. 17 CERTIFICADO DE CALIDAD DE AMOCO**

Este certificado corresponde a la orden de Compra 001302 de Constructora DL, S.A.



August 26, 2002

Inversiones Y Representaciones  
Omali S A  
27 Calle 13 07 Zone 5  
Guatemala City  
Guatemala

Job Reference:  
  
B/L # 141011  
Shipper # 1003802

**Amoco Fabrics and Fibers Company**

260 The Bluffs  
Austell, Georgia 30168  
(770) 944-4569

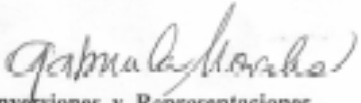
Amoco Fabrics and Fibers Company hereby certifies that Petromat 4598 shipped to you on January 16, 2002 on AFFC order No. 077/0102, meets the following minimum average roll values

Property	Test Method	Minimum Average Roll Value (English)	Minimum Average Roll Value (Metric)
Unit Weight	ASTM-D-5261	4.0 oz/yd <sup>2</sup>	135 g/m <sup>2</sup>
Tensile Strength	ASTM-D-4632	101 lb	450 kN
Elongation	ASTM-D-4632	50 %	50 %
Puncture Strength	ASTM-D-4833	*	*
Mullen Burst	ASTM-D-3786	200 psi	1370 kPa
Trapezoidal Tear	ASTM-D-4533	*	*
Asphalt Retention	Tex-616-J	0.20 gal/yd <sup>2</sup>	0.90 L/m <sup>2</sup>
UV Stability	ASTM-D-4751	70 % at 150 hr	70 % at 150 hr

Amoco Fabrics and Fibers Company manufactures all the nonwoven geotextile fabric certified above. The values are a result of testing conducted in on-site laboratories at the time of production. All test methods used are ASTM or industry standards. Test data is retained in the Quality Control files at Amoco's production facility.

*Kay W. Williams*  
Kay W. Williams  
Production Analyst/Quality Assurance Manager  
Amoco Fabrics and Fibers Company

ckb

  
**Inversiones y Representaciones  
OMALI, S. A.**

### **6.3.3 Solicitud a través de Justificación Técnica (Costo-Beneficio)**

Cuando ya se tiene escogida la tela geotextil de repavimentación a utilizar, es decir se conoce el tipo de la tela, las características y se ha visto certificados de calidad similares y que se entregara uno a la hora de solicitarlo, o sea se tiene la garantía del fabricante a través de su proveedor, es cuando hay que efectuar lo más importante para la aceptación de la utilización de la tela geotextil que es lo que se conoce como Justificación Técnica, que es cuando el contratista propone la utilización del producto geosintético, y expone ahí las ventajas de su utilización, los beneficios que se obtendrán para el estado o empresa privada en costo, ya que el cambio trae beneficios técnicos y económicos para el proyecto y es la razón del cambio de una metodología tradicional por una moderna como lo es el geotextil para el caso de repavimentaciones, en las justificaciones técnicas se debe de mencionar todos los aspectos técnicos como lo es, que a la hora de colocar geotextil se reduce el tiempo de entrega del proyecto, se alarga la vida del proyecto de repavimentación, se retarda la reflexión de grietas, se crea una barrera impermeabilizadora, se crea una membrana amortiguadora de esfuerzos, fácil de instalar y reduce el tiempo de construcción, ya que reduce la cantidad de concreto asfáltico a colocar significativamente, lo que repercute sustancialmente en ahorro de concreto asfáltico. Al colocar todas estas ventajas en la justificación técnica es necesario de adjuntarle un cuadro en donde esté el análisis económico completo del proyecto de cuanto se decrementa y cuanto se incrementa para estar completos, toda esta papelería en proyectos de carreteras lo presenta el contratista al Delegado Residente quien a su vez emite su justificación técnica y la eleva a la División de Supervisión de Construcciones de la Dirección General de Caminos, quien a su vez solicita su opinión a la División Técnica de Ingeniería para emitir dictamen y proceder al inverso, esto es en caso de que sea necesario su utilización, en la actualidad es difícil ya no

trabajar sin utilizar geotextiles ya que a lo largo de los años hemos visto los beneficios de su utilización, por lo cual para el año 2005 en el que estamos hemos ya pasado la barrera del escepticismo que fue la etapa de la incredulidad a las nuevas técnicas de repavimentación, ya que solo estábamos acostumbrados a rehabilitar carreteras asfaltadas, colocando ciertos espesores de carpeta asfáltica para cierta cantidad de años gastando gran cantidad de recursos naturales para ello y dinero, cuando existían técnicas como la de los geosintéticos que permiten reducir el uso de recursos naturales (ayudan al medio ambiente) y ayudan a reforzar las repavimentaciones evitando la reflexión de grietas e impermeabilizando el pavimento alargando más la vida del proyecto.

#### **6.4 PROVEEDORES DEL PRODUCTO EN GUATEMALA**

Los Geosintéticos en Guatemala han tenido su introducción al país en lo que se refiere a carreteras hace pocos años podríamos decir que se empezaron a introducir para la aplicación en carreteras aproximadamente en el año 1,995, que es cuando se iniciaron las primeras pláticas de las ventajas del Sistema Petromat Amoco, por medio de la Empresa OMALI, S.A., Geo-Productos y Geo-Servicios, quien distribuye en el país geosintéticos de la marca Amoco, quienes iniciaron a visitar contratistas nacionales para utilizar el producto en las carreteras que se estaban construyendo e incluso en las que se estaban Rehabilitando teniendo muy poco auge en ese entonces a pesar de que ya se conocía el concepto de los geotextiles o geosintéticos, han pasado ya 10 años y los proveedores de geosintéticos en el mercado nacional, han crecido y distribuyen geotextiles de diferentes fabricantes, que ofrecen lo mismo la diferencia es en el precio de venta y a veces en mejoras que cada día le dan a los geotextiles; dentro de los Proveedores de Geosintéticos que para el año 2005 existente en Guatemala están:

1. Soluciones Constructivas con Geosintéticos OMALI, S.A.,  
Dirección: 27 calle 13-07 Zona 5, Tel. 2361-1204, Fax. 2361-1206.,  
E-mail: geosinteticos@omali.net, es afiliado: Intemational Assoc. of Geosynthetic Installers (IAGI), distribuye e instala la marca de geotextiles: AMOCO, TENAX, Nort American Green, GSE.
2. Soluciones Ambientales, S. A,  
Dirección: 3ra calle 3 -53 Zona 2, Tel. 2220 -1492, Fax. 2232-4921.,  
E-mail: calsa@terra.com.gt, distribuye e instala la marca de geotextiles: MACCAFERRI.
3. Frazima, S.A.,  
Dirección: Km. 18.5 Carretera Mayan Golf Villa Nueva, Tel. 6631-0225, Fax. 6631-0167.  
E-mail: textsur@guate.net, fabrica, distribuye e instala la marca de Geotextiles Frazima Concepción, S.A, fabricados en Guatemala.
4. Dretuco, S.A,  
Dirección: 7 Av. 7-78 Zona 4, Edificio Centroamericano Nivel 9 Of. 902, Tel. 2331-9295, Fax. 2331-9295.  
E-mail: dretuco@quik.guate.com, distribuye e instala la marca de geotextiles: ARMTEC.
5. Geosintéticos AMANCO,  
Dirección: Av. Del Ferrocarril 16-67,Zona 12, Tel. 2475-9092, Fax.2473-2883.  
E-mail: cliente.guatemala@amanco.com, distribuye la marca de geotextiles: PAVCO, S.A., una empresa de AMANCO.
6. PRECON  
Dirección: 5ta. Av. 6-39 Zona 14, Tel. 2368-351, Fax. 2285-9170  
E-mail: ventas@precon.com.gt, distribuye la marca de geotextiles: Ever Green.

## **6.5 PRECIOS DE LAS TELAS DE REPAVIMENTACIÓN**

Las telas de pavimentación o repavimentación en Guatemala y porque no decirlo en Centroamérica tienen el precio similar ya que las mismas están en un rango desde \$0.85/m<sup>2</sup> hasta \$1.20/m<sup>2</sup>, dependiendo las características de la tela a necesitar en el área o campo de la repavimentación. Para ilustrar mejor veremos en la Tabla No. VIII los precios del metro cuadrado de tela geotextil que vende cada proveedor en Guatemala en sus diferentes marcas y sabremos los tamaños de rollos que distribuyen en la actualidad, al hacer un promedio de los precios cotizados a cada proveedor obtenemos que el precio es de \$1.00/m<sup>2</sup> incluyendo el impuesto al valor agregado.

El precio del metro cuadrado de geotextil de este tipo puede variar dependiendo de la cantidad a utilizar en las obras, es de ahí que los proveedores dan sus descuentos por cantidad consumida, el tipo de compra si es contado o crédito son factores importantes para tomar en cuenta, otro factor es el tiempo de entrega ya que pueden dar el mejor precio pero no hay disponibilidad en el país, algo importante para la obra a realizar.



**TABLA No. VIII PRECIOS DE TELAS DE REPAVIMENTACIÓN EN  
GUATEMALA. DATOS PARA EL AÑO 2005.**

No.	Proveedor	Geotextil				Dimensiones del Rollo		
		Marca	Tipo	\$/m <sup>2</sup>	Q/m <sup>2</sup>	Ancho (m)	Largo (m)	Area (m <sup>2</sup> )
1	Omali, S.A.	AMOCO	Patromat 4599	0.92 /	6.99	3.81	109.7	418.00
2	Soluciones Ambientales, S.A.	MACCAFERRI	Mac-Tac MTRepav 160	0.95 /	7.22	3.81	109.7	418.00
3	Dreluco	ARMTEC	Armtec- Repav	1.10 /	8.36	4.59	91	418.00
4	Frazima	FRAZIMA	Patrolata	1.20 /	9.12	2.4	160	360.00
5	Amanco	PAWCO- AMANCO	Repav-400	1.00 /	7.60	3.8	120	456.00
6	Precon	EVER GREEN	PGM-13	1.00 /	7.60	4.6	100	460.00
7	Construmarket	MIRAFI	MIRAPAVI- 500	0.85 /	6.45	3.81	109.7	418.00
Precio Promedio por m <sup>2</sup>				1.00	7.62			

## 6.6 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE ESCOGENCIA DE TELAS DE REPAVIMENTACIÓN

En el mercado nacional existente como ya mencionamos varios proveedores que distribuyen telas de repavimentación, que incluso dan buenos precios por metro cuadrado dependiendo de la cantidad que el contratista o usuario quiera comprar eso es importante; ya como se podrá ver el vendedor es hábil y un profesional de la Ingeniería debe de saber como escoger la mejor tela

de repavimentación aparte del costo de la misma, es necesario saber que características hay que analizar sobre el geotextil ofrecido.

Dentro de las características del textil a escoger para su utilización en la repavimentación es que debe de ser del tipo no tejido punzonado con agujas, los cuales deberán tener la capacidad de absorber la cantidad suficiente de ligante asfáltico; dichos geotextiles pueden ser de polipropileno o poliéster.

El geotextil a ser empleado o escogido para la repavimentación durante el proceso está sometido a unos esfuerzos, para su supervivencia frente a dichos esfuerzos debe de cumplir con las propiedades que se enuncian en la Tabla No. IX

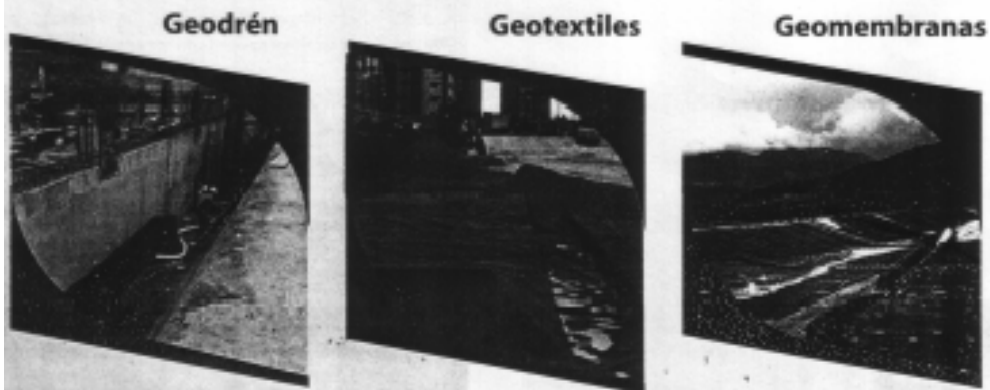
**TABLA No. IX REQUERIMIENTOS DEL GEOTEXTIL**

<b>Propiedad</b>	<b>Método de Ensayo</b>	<b>Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMRR)</b>
Resistencia a la Tensión Gra.	ASTM D 4632	500 N
Retención Asfáltica	ASTM D 6140	0.9 l/m <sup>2</sup>
Masa por Unidad de Área (Peso)	ASTM D 5261	140 grs/m <sup>2</sup>
Punto de Fusión	ASTM D 276	150°C

Además de ver estas características es necesario saber que dentro de la literatura que dan los proveedores sobre geotextiles, entregan tablas de funciones por aplicación de los geotextiles en donde los proveedores sugieren los usos de sus geotextiles, además entregan hojas técnicas de los productos, es ahí en donde es necesario saber cuáles son las características del producto a tomar en cuenta.

**FIGURA No. 18. FUNCIONES POR APLICACIÓN DE LOS GEOTEXTEILES  
AMANCO**

Campos de Aplicación	Separación	Filtración	Drenaje en el plano	Refuerzo	Geotextiles Amanco Sugeridos
Vías	■	■	■	■	NT 1600, NT 1800, NT 2000, NT 3000, NT 4000, NT 5000, NT 6000, NT 7000, T 1050, T 1400, T 1700, T 2100, T 2400, TR 4000,
Repavimentación				■	REPAV 400, REPAV 430
Ferrovías	■	■	■	■	NT 4000, NT 5000, NT 6000, NT 7000, T 2100, T 2400, TR 4000
Subdrenes Const. de Sistemas de Drenaje/Filtración	■	■	■		NT 1600, NT 1800, NT 2000, NT 3000
Muros de Contención				■	T 1400, T 1700, T 2100, T 2400 TR4000
Terraplanes	■			■	NT 3000, NT 4000, NT 5000, NT 6000 NT 7000, T 1700, T 2100, T 2400, TR 4000
Gaviones	■	■			NT 1600, NT 1800, NT 2000, NT 3000
Muelles y Puentes	■	■			NT 1800, NT 2000, NT 3000, NT 4000, NT 5000
Presas, Diques y Canales	■	■			NT 3000, NT 4000 NT 5000, NT 6000 NT 7000
Túneles		■	■		NT 2000, NT 3000, NT 4000, NT 5000, NT 6000, NT 7000,
Embalses y Rellenos Sanitarios	■		■		NT 1600, NT 1800, NT 2000, NT 3000, NT 4000, NT 5000 NT 6000, NT 7000
Filtro para Bolsacretos	■	■			NT 1600, NT 1800, NT 2000



## FIGURA No. 19. DATOS TÉCNICOS MIRAFI

Datos Tecnicos

**MIRAFI**

Soluciones de Ingeniería para un Mundo de Innovación

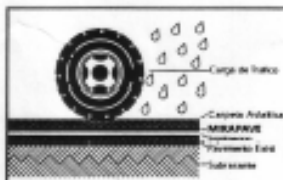
producto **Mirafi Mirapave**  
Fibra No Tejida para recarpeteo asfáltico

### Hoja Técnica de Mirafi® Mirapave® (Datos son Valores Mínimo Promedio por Rollo)

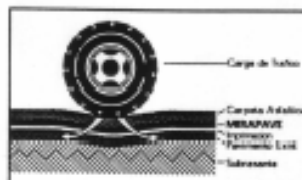
Mesa Por Unidad de Área	ASTM D 5251	g/m <sup>2</sup> (oz/yd <sup>2</sup> )	119 (3.5)	140 (4.1)
Resistencia a la Tensión - Grab	ASTM D 4632	kN (lbs)	0.40 (90)	0.45 (100)
Elongación - Tensión Grab	ASTM D 4632	%	50	50
Resistencia al Estallido Mullen	ASTM D 3786	kPa (psi)	1309 (190)	1550 (225)
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D 4833	kN (lbs)	0.24 (55)	0.27 (60)
Resistencia Rasgado Trapezoidal	ASTM D 4533	kN (lbs)	0.15 (35)	0.20 (45)
Retención de Asfalto	TX DOT 3099	Wt% (gal/yd <sup>3</sup> )	1.13 (0.25)	1.13 (0.25)
Punto de Fusión	ASTM D 276	°C (°F)	163 (325)	163 (325)

### Empaque - Mirafi® Mirapave®

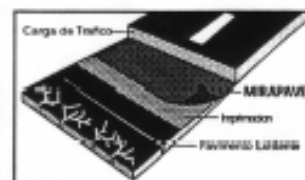
Ancho, m (ft)	Largo, m (ft)	Área, m <sup>2</sup> (yd <sup>2</sup> )	Mirapave® 400 Peso, kg (lb)	Mirapave® 500 Peso, kg (lb)
3.2 (10.5)	110 (360)	351 (420)	45 (105)	54 (120)
3.8 (12.5)	110 (360)	418 (500)	57 (135)	66 (145)
4.4 (14.5)	110 (360)	484 (580)	73 (160)	82 (180)



Mirapave® proporciona una barrera a prueba de agua para protección del sueto de subrasante.



Mirapave® aporta la resistencia a la carga de la carpeta asfáltica a cargas de tráfico (capas de alivo de estuerzo).



Mirapave® reduce el riesgo de grietas asfálticas a través de la nueva carpeta asfáltica.

www.tcnicolon.com

#### TECHNICAL SERVICE

Complete technical assistance is available from Ten Cate Nicolon and its sales representatives. Service includes assistance during design and specification stages as well as initial stages of installation.

#### WARRANTY

Ten Cate Nicolon warrants that the product that it sells will conform to the specifications published in this literature. For information on limitations to this warranty, contact Ten Cate Nicolon.

#### CORPORATE OFFICE

385 South Holland Drive • Pensacola, FL 32507  
(888) 795-0808 • (904) 693-2225 • Fax (904) 693-4480



Ten Cate Nicolon

LT PDS MPAVE 1201

## CONCLUSIONES

- La separación que proveen los geosintéticos es un componente importante para mejorar el comportamiento de una sección de pavimento.
- Los beneficios del refuerzo con geotextiles está cuantificado en el incremento de repeticiones de carga equivalente por eje simple ESAL hasta llevarla a la falla y el incremento en la vida de servicio de las secciones de pavimento.
- El refuerzo con geotextiles cuesta alrededor de un sexto del costo de mantener una sección de pavimento no reforzada para la misma sección de pavimento.
- No importa la marca del geosintético utilizado, siempre y cuando cumpla con la función de Refuerzo indispensable en estos geotextiles no tejidos, pues, en la actualidad el mercado de geotextiles se está extendiendo y existen muchos distribuidores del producto.
- Se concluye que en Guatemala, en el año 2001, se introdujo dentro de las Especificaciones para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos, la sección 409 Geosintéticos para Pavimentación, debido a que en la edición de mayo de 1975 no existía nada al respecto, por lo que sus autorizaciones se hacían a través de grandes justificaciones técnicas por parte de los Ingenieros constructores y Supervisores, ante la Dirección General de Caminos con apoyo de técnicos de las empresas fabricantes de geotextiles.

- El uso de Geotextiles en la Rehabilitación de Tramos Carreteros Pavimentados, en la actualidad es bastante importante porque se llegó a determinar que alarga la vida útil de los pavimento nuevos y rehabilitado.
- Los Espesores mínimos de concreto asfáltico en una tela geotextil de repavimentación dependen si se usan sobre pavimentos flexibles o rígidos, ya que, para rígidos son 4 cms y flexibles 5 cms.

## RECOMENDACIONES

- Incluir dentro del Programa del Curso de Pavimentos de la Carrera de Ingeniería Civil, el tema de los geosintéticos para repavimentación, ya que, en la actualidad los beneficios técnico económicos son excelentes y es una tecnología que ayuda al medio ambiente.
- Motivar a los consultores o proyectistas del país a utilizar en los diseños de repavimentaciones de las rutas principales, el procedimiento de entrecapa con geotextil, para, así, obtener mejores resultados a largo plazo y con un costo menor.
- La tecnología de los geosintéticos de repavimentación, debe de expandirse a través de pláticas más constantes, promovidas por la Escuela de Ingeniería Civil, la Dirección General de Caminos, en conjunto con los proveedores de este producto para, así, darla más a conocer y quitar el miedo de su utilización, por falta de conocimientos técnicos, pues, sólo se han utilizado en su mayoría para subdrenajes.
- Proponer que exista un laboratorio de muestras de geosintéticos para que el estudiante de la carrera de Ingeniería Civil pueda conocer los tipos que hay físicamente y pueda estar más preparado al laborar como un profesional, ya que, no solo existe la aplicación en repavimentación sino en todas las áreas de la ingeniería civil.





## BIBLIOGRAFÍA

1. **Bases de Licitación. Rehabilitación de la ruta CA-13, tramo: La Ruidosa-Río Dulce.** Pág. 150 – 151. Sección VI, Especificaciones Programa de Rehabilitación y Modernización Vial II. Préstamo BID 1224/OC-GU.
2. **Conferencia sobre Geotextiles en la DGC,** 1998. Conferencista Ing. Nicky Araujo, Field Lining Services of Latin America, Inc.
3. **Geotextiles en la Construcción, FRAZIMA.** Imprenta Galaxia.
4. **Geotextiles que le ayudan a diseñar con confianza.** Sección Caminos y pavimentación y reparación de pavimento. Pág. 8 a 11. Amoco. Frabric and Fibers Company. 1994.
5. **Guía de Aplicación de Geosintéticos,** Maccaferri, Grupo Calsa, Agosto 2002, Tel. / Fax 52201492, CD.
6. **Ingenieros Consultores de Centroamérica, S. A. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.** Septiembre 2001. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Editor Colegio de Ingenieros de Guatemala, primera edición. 500 ejemplares.
7. **Manual de Diseño, Repavimentación** Pág. 83 93, Departamento de Ingeniería, Primera Edición Geosistemas de Amanco Colombia de 1000 libros Enero 2003.
8. **Manual Sistema Petromat Amoco,** Amoco Fabrics and Fibers Company. Copyright 1994. Distribuido por OMALI, S.A. Geo-productos y Geo-servicios.
9. OMALI, S.A. **Uso de Geotextil no Tejido para Repavimentación en Proyecto Sonsonate – Nahuizalco – Apaneca – Ahuachapán, El Salvador,** Ref. GT CN-170-01 del 6/12/2001, Cotización Ventas – Geotextil Petromat.

10. OMALI, S.A. **Tela Geotextil para pavimentación en proyectos en la República de El Salvador (Apopa)**, fax. Ref. No. GT FN-160-01 página 6. Constructora DL, S.A. 15/nov./2001. Cuadros con hoja técnica Petromat 4598.
11. OMALI, S.A. **Tela Geotextil para Proyecto Rehabilitación de la Ruta CA13 Tramo La Ruidosa Río Dulce** Ref. GT FM-141-01, Pág. Incluidas, Constructora DL, S.A. 18/oct/2001.
12. Soluciones Ambientales, S. A. **Lista de Precios Geotextil MT Repav. 150.** Cotización Ventas – Gaviones – 138-2001 – Constructora DL, S. A., 19/oct/2001 y Cuadro de propiedades de Mactex No Tejido – MT.
13. Soluciones de Ingeniería. Pág. 5, 6 y 7. **Repavimentación elaborado por Departamento de Ingeniería. Geosistemas de Amanco** Colombia, Segunda Edición – Agosto de 2003.