

ISSN 0188-7297



---

---

# **IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS. EFECTOS POR LA CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO: I PAVIMENTOS FLEXIBLES**

José Luis Hernández Michaca  
Víctor Manuel Sánchez Granados  
Irene Castillo Chaires  
Sergio Alberto Damián Hernández  
Rodolfo Téllez Gutiérrez

**Publicación Técnica No. 163  
Sanfandila, Qro. 2001**

CIUDAD DE MEXICO

Av. Patriotismo 683  
Mixcoac - Benito Juárez  
03730 México, D.F.  
Tels. (5) 598 38 63  
598 52 18  
Fax (5) 598 64 57  
Internet:  
<http://www.imt.mx>

SANFANDILA

Km 12+000, Carretera  
Querétaro – Galindo  
76700 P. Escobedo, Qro.  
Tels. (4) 216 97 77  
216 97 44  
216 95 97  
Fax (4) 216 96 71

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS  
CARRETEROS. EFECTOS POR LA  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE  
SUPERFICIES DE RODAMIENTO: I. PAVIMENTOS  
FLEXIBLES**

**Publicación Técnica No. 163  
Sanfandila, Qro. 2001**

---



---

Este trabajo forma parte de la línea de investigación que el I.M.T. desarrolla sobre Impacto Ambiental generado por las Carreteras, analizando en detalle diversos efectos. En esta publicación, en particular se estudian los efectos por la construcción y conservación de pavimentos flexibles, y fue elaborada por la empresa Geología y Medio Ambiente, S.A. de C.V., bajo contrato con el Instituto Mexicano del Transporte, en el que intervinieron directamente el Ing. José Luis Hernández Michaca, el Ing. Víctor Manuel Sánchez Granados y la Biol. Irene Castillo Chaires, consultores expertos de las áreas de Geología, Construcción, Biología y Química. El trabajo fue supervisado y complementado por investigadores del Area de Medio Ambiente de la Coordinación de Infraestructura del I.M.T., a cargo de los ingenieros Sergio Alberto Damián Hernández y Rodolfo Téllez Gutiérrez.



El presente trabajo tiene por objetivo analizar con detalle los impactos ambientales generados durante la construcción y mantenimiento de la superficie de rodamiento de las carreteras con pavimentos flexibles, que representa sólo una etapa en el proceso de construcción de carreteras, y proponer las medidas de mitigación correspondientes.

Para la realización de este estudio se obtuvo información bibliográfica y se elaboró una lista preliminar de impactos ambientales con base en el análisis de los 164 estudios de impacto ambiental consultados en el Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Utilizando las técnicas conocidas para la realización de estudios de impacto ambiental, se eliminaron aquellos que no fuesen relevantes y se agruparon por etapa (construcción y conservación), así como por actividad. Se da una descripción de cada uno de los impactos y se proponen las medidas de mitigación correspondientes.

Finalmente, se plantean las conclusiones inherentes a los trabajos desarrollados.



## **Abstract**

---

The main purpose of this research work, is to analyze the environment impacts generated by the construction and maintenance of the roads surface with asphalt concrete, as only a phase among the road construction, and to propose some mitigation measurements.

In order to develop this job, some bibliography and 164 environmental impact studies were selected from the Instituto Nacional de Ecología and Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Using the knowed techniques for development the environmental impact studies, the nonrelevant impacts were eliminated; the relevant environmental impacts were agruped by phases (construction and maintenance) and by activities. Impacts are described and mitigation measures proposed.

Finally, the paper contained the conclusions of the job.



## Resumen Ejecutivo

---

Desde hace varios años, son motivo de preocupación e investigación los impactos ambientales generados por la construcción de carreteras, debido a su intensidad, magnitud y permanencia en los ecosistemas. Actualmente la situación de deterioro del ambiente ha motivado a las instituciones públicas y privadas para realizar estudios cada vez más específicos acerca de los procesos, actividades, equipos y materiales utilizados en la realización de sus trabajos, para determinar el grado de afectación que conllevan y de esta manera, poder establecer las medidas de mitigación correspondientes para minimizar o eliminar las posibles afectaciones ambientales.

Por tanto, de manera específica el presente trabajo tiene los objetivos de analizar con detalle los impactos ambientales generados durante la construcción y mantenimiento de la superficie de rodadura de las carreteras con pavimentos flexibles, que representa sólo una etapa en el proceso de construcción de carreteras, y proponer las medidas de mitigación correspondientes.

Para la realización de este estudio se obtuvo información bibliográfica y se elaboró una lista preliminar de impactos ambientales con base en el análisis de los 164 estudios de impacto ambiental consultados en el Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En este listado se encuentran los impactos generados únicamente en la etapa de construcción y conservación de superficies de rodadura de pavimento flexible para proyectos carreteros.

Finalmente, con base en la información técnica sobre la descripción del proceso de construcción y conservación de pavimentos flexibles, las características de las materias primas empleadas y las técnicas de identificación de impactos más adecuadas para este proyecto; se determinaron los impactos generados durante esta etapa del proyecto.

Utilizando técnicas usuales de identificación de impactos y toda la información con la que se contó, se determinaron cuales impactos de los incluidos en el listado preliminar eran reales y válidos para la etapa y el tipo de proyecto de que se trata, de esta manera se determinaron los impactos específicos a considerar.

Al concluir con la depuración del listado preliminar y adicionar los nuevos impactos que se identificaron, se elaboró un listado final de impactos ambientales generados en las etapas de construcción y conservación de superficies de rodadura de pavimento flexible.

De todo el trabajo anteriormente descrito, se desprende que los principales impactos generados durante la construcción y conservación de superficies de rodadura de pavimento flexible son los siguientes:

## **Resumen Ejecutivo**

---

Etapa: CONSTRUCCION

Actividad: Aprovechamiento de bancos de material.

Impacto: Disminución de la calidad del aire.

Incremento de ruido laboral y ambiental.

Disminución en la calidad del suelo e incremento en la erodabilidad.

Modificación de la calidad del agua de los acuíferos.

Afectaciones a la salud.

Modificación del microclima.

Modificación de la topografía.

Modificación del patrón de drenaje superficial.

Deterioro de la calidad del agua superficial.

Eliminación de la cubierta vegetal.

Actividad: OPERACION DE LA PLANTA DE ASFALTO

Impacto: Disminución de la calidad del aire.

Actividad: MEZCLADO

Impacto: Disminución de la calidad del aire.

Afectaciones a la salud.

Actividad: TENDIDO DEL CONCRETO ASFÁLTICO

Impacto: Elevación de la temperatura local.

Modificación del patrón de drenaje del agua superficial.

Disminución en la recarga de acuíferos.

Disminución de las poblaciones faunísticas en la zona (abundancia).

Contaminación de suelo.

Crecimiento de la mancha urbana.

Dotación de Infraestructura y servicios.

Actividad: MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES PARA MAQUINARIA Y EQUIPOS

Impacto: Contaminación de suelo.

Generación de empleos.

Etapas: CONSERVACION

Actividad: Durante todas las actividades de conservación como son renivelación, riego de sello, sobrecarpetas, bacheo y reciclado.

Impacto: Deterioro de la calidad del aire.

Aumento de los niveles de ruido.

Alteración de las actividades de la comunidad.

Daños a la salud.

Todos los impactos son descritos con un buen grado de detalle y se presentan medidas de mitigación para cada uno de ellos.

Como resultado del presente estudio, se establecieron la siguientes conclusiones:

- Se identificaron dos impactos benéficos en la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles: la generación de empleos y, debido a que con la construcción de la carpeta asfáltica se inicia y mejora la operación de los usuarios en la carretera, se refuerza la comunicación entre comunidades, centros de desarrollo y sitios de interés y principalmente se abaten los costos de operación del transporte; estos efectos se evalúan como significativos y forman parte de los objetivos de un proyecto carretero.

## Resumen Ejecutivo

---

- Debido a que los bancos de materiales son inherentes a los proyectos carreteros, y especialmente, como proveedor de los agregados pétreos que requiere la superficie de rodamiento de los pavimentos flexibles, se involucraron en la evaluación de impacto ambiental. Las actividades requeridas para la explotación de los bancos de material, son las que mayor número de impactos adversos genera y que son más significativos en mayor número de elementos ambientales.
- De las actividades específicas en la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles, el tendido de mezclas asfálticas, el bacheo, la renivelación y reciclados, son los que generan impactos adversos significativos.
- Los elementos ambientales que sufren impactos adversos significativos son el aire, el suelo y el agua. A este último se le identifica (en algunos casos) un impacto adverso significativo, más por el valor ambiental que por el daño que puede sufrir durante las actividades de construcción y conservación de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles.
- Las materias primas empleadas para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexibles no implican un riesgo alto a la salud de los trabajadores, debido a sus bajas concentraciones, así como los tiempos de exposición reducidos y el factor de dilución al desarrollar los trabajos a la intemperie. Por otro lado, el reemplazo de sustancias potencialmente contaminantes como los solventes orgánicos (etilvinil acetato, estireno y butadieno) con otras menos agresivas como las emulsiones, minimiza aún más los riesgos a la salud.
- Los materiales pétreos empleados para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexible no implican un riesgo a la salud por sus características tóxicas, únicamente una acumulación de partículas en los pulmones puede causar alguna enfermedad pero gracias al factor de dilución debido a que el trabajo se desarrolla al aire libre, y a que los materiales se mantienen húmedos, no se tienen reportes de enfermedades en esta actividad.

## Resumen Ejecutivo

---

- Sin embargo, es importante destacar los impactos adversos que se identifican en el ambiente laboral, debido a que se generan gases con características tóxicas, ruido con niveles que pueden dañar el oído y en el manejo de sustancias identificadas como peligrosas, particularmente combustibles y solventes orgánicos. Por esta razón, es muy importante dotar de equipo de seguridad a los trabajadores de acuerdo a la normatividad que aplique (Secretaría del Trabajo y Previsión Social) y realizar y aplicar procedimientos por cada actividad que requiere la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles.
- El 75% de los impactos identificados son no significativos, el 20% son poco significativos y solamente el 5% son significativos. Por otra parte, de todos los impactos identificados, el 98% se puede mitigar, compensar o inclusive inhibir. El 2% que no se puede mitigar, compensar o inhibir, son impactos producidos por la explotación de los bancos de material, particularmente en la modificación del relieve local con todas sus consecuencias.
- De acuerdo con el punto anterior, los impactos generados por la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles, no representan un costo ambiental y social alto, por lo que en una evaluación beneficio-costos, son los impactos que menor número aportan y con menor valor.
- En comparación con los pavimentos rígidos, la desventaja más notable de los pavimentos flexibles es la generación de solventes, residuos de asfaltos y gases generados durante el calentamiento de los cementos asfálticos; estos gases son tanto producto de la combustión como de la volatilización de algunos componentes de los cementos. Es en las plantas de asfalto donde se tienen reportes de enfermedades relacionadas a los solventes y componentes del asfalto en general, aunque no se precisa el componente con el cual están directamente relacionadas.



# IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS. EFECTOS POR LA CONSTRUCCION Y CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO: I. PAVIMENTOS FLEXIBLES

## INDICE

	<b>RESUMEN</b>	<b>V</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>IX</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>CONCEPTOS GENERALES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIPCION DE PROPIEDADES QUIMICAS, FISICAS Y TOXICOLOGICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>	<b>11</b>
	<b>3.1 Aditivos</b>	<b>12</b>
	3.1.1 Caucho	13
	3.1.2 Emulsiones	14
	3.1.3 Hule	18
	3.1.4 Negro de carbón	19
	3.1.5 Silicones	20
	3.1.6 Fibras	21
	3.1.7 EVA, SBR Y SBS	21
	<b>3.2 Asfalto</b>	<b>25</b>
	3.2.1 Cementos asfálticos	27
	<b>3.3 Betún</b>	<b>34</b>

<b>3.4</b>	<b>Pétreos</b>	<b>35</b>
3.4.1	Grava	36
3.4.2	Arena	36
<b>3.5</b>	<b>Agua</b>	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO CON PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Mezclas In Situ, en Frío</b>	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>Mezclas en Planta, en Caliente</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Proceso de Construcción</b>	<b>48</b>
4.3.1	Riego de liga	49
4.3.2	Extendido	50
4.3.3	Compactación	50
4.3.4	Toma de muestra	51
4.3.5	Análisis de la muestra	51
4.3.6	Apertura al público	52
<b>5</b>	<b>CONSERVACION (PROTECCION Y MEJORAMIENTO)</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Renivelar</b>	<b>54</b>
<b>5.2</b>	<b>Riego de Sello</b>	<b>55</b>
<b>5.3</b>	<b>Sobrecarpeta</b>	<b>57</b>
5.3.1	Carpetas asfálticas de espesor delgado	58
5.3.2	Recomendaciones para el mantenimiento	59
5.3.3	Tratamientos superficiales	59
<b>5.4</b>	<b>Bacheo</b>	<b>61</b>
<b>5.5</b>	<b>Reciclado</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>64</b>

<b>7</b>	<b>IDENTIFICACION DE IMPACTOS</b>	<b>72</b>
7.1	<b>Técnicas de Identificación y Evaluación de Impactos</b>	<b>73</b>
7.1.1	Procedimiento pragmático o métodos ad hoc	73
7.1.2	Listas de chequeo	74
7.1.3	Matrices causa-efecto	74
7.1.4	Redes de interconexión	75
7.2	<b>Técnicas Complementarias</b>	<b>75</b>
7.2.1	Método gráfico	76
7.2.2	Método de mapas digitales	77
7.2.3	Metodo de modelos de usos de terreno	78
7.2.4	Método de pronóstico	80
7.3	<b>Criterios de Selección de Métodos</b>	<b>82</b>
<b>8</b>	<b>SELECCION DE TECNICAS, DETERMINACION DE IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION</b>	<b>84</b>
8.1	<b>Selección de Técnicas Apropriadas</b>	<b>84</b>
8.2	<b>Impactos Generados y Medidas de Mitigación</b>	<b>90</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>110</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXO 1. HOJAS DE SEGURIDAD</b>	<b>138</b>

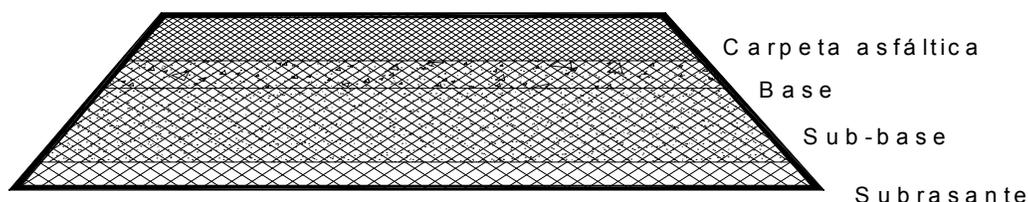
## 1 INTRODUCCION

Desde hace varios años son motivo de preocupación e investigación los impactos ambientales generados por la construcción de carreteras, debido a su intensidad, magnitud y permanencia en los ecosistemas. Actualmente la situación de deterioro del ambiente ha motivado a las instituciones públicas y privadas para realizar estudios cada vez más específicos acerca de los procesos, actividades, equipos y materiales utilizados en la realización de sus trabajos, para determinar el grado de afectación que conllevan y de esta manera, poder establecer las medidas de mitigación correspondientes para minimizar o eliminar las posibles afectaciones ambientales.

Por tanto, de manera específica el presente trabajo tiene los objetivos de analizar con detalle los impactos ambientales generados durante la construcción y mantenimiento de la superficie de rodamiento de las carreteras con pavimentos flexibles, que representa sólo una etapa en el proceso de construcción de carreteras, y proponer las medidas de mitigación correspondientes.

Para fines del presente trabajo se define al pavimento como una sección estructural formada por un conjunto de capas que soportarán la acción de las cargas producto del tránsito vehicular, las cuales son: subrasante, subbase, base y carpeta (ver Figura 1.1.), de éstos, únicamente la carpeta asfáltica, es decir la capa superficial, será la que sea analizada.

**Figura 1.1 Sección Estructural Típica de un Pavimento Asfáltico.**



Los objetivos del presente trabajo son identificar y evaluar detalladamente los impactos ambientales generados durante las etapas de construcción y mantenimiento de la superficie de rodamiento de las carreteras de pavimentos flexibles y proponer medidas de mitigación para minimizar o evitar las afectaciones de tipo adverso.

Para ello, se llevaron a cabo las siguientes actividades específicas:

- ✓ Identificación y descripción de las propiedades físicas y químicas de los materiales y sustancias involucradas en la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de las carreteras de pavimentos flexibles.
- ✓ Análisis y descripción del procedimiento de construcción y conservación de superficies de rodamiento con pavimentos flexibles.
- ✓ Investigación y análisis de la normatividad existente a nivel nacional tanto de la SCT como del INE.
- ✓ Determinación de los impactos ambientales que se generan durante la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de las carreteras de pavimentos flexibles.
- ✓ Propuesta de las medidas de mitigación para prevenir, minimizar, mitigar o compensar los efectos adversos de cada uno de los impactos identificados.

Finalmente, se incluyen las conclusiones emanadas de las actividades desarrolladas y se muestra la bibliografía consultada. Adicionalmente se integran en el Anexo 1 las Hojas de Seguridad de las Sustancias Químicas.

## 2 CONCEPTOS GENERALES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Datos históricos señalan que antes de 1901 las carpetas asfálticas eran construidas a base de agregado fino únicamente, por lo que en el año 1901 F. J. Warren en Estados Unidos, patentó una mezcla asfáltica que utilizó en lo que llamó pavimentos bitulíticos (bitulithic pavement) a base de grava muy gruesa (hasta 3" de diámetro) en la que todo el agregado quedaba retenido en la malla No 10.

A raíz de múltiples conflictos legales suscitados debido a la violación de los derechos de la patente, Warren decidió aceptar un arreglo con los demandados en el que ellos se comprometían a producir mezclas asfálticas con agregados de tamaño inferior a ½ pulgada. Este fue el origen de lo que se dio en llamar Topeka Mix (Mezcla Topeka), de la que evolucionaron las mezclas asfálticas en caliente (HMA).

Sobre el arreglo anterior, Warren informó a la Junta Directiva de la Warren Brothers Company, que la concesión efectuada no los afectaría, ya que las mezclas con agregados menores de ½" no podrían soportar el tránsito pesado de la época, en vista que los mismos empleaban ruedas angostas cubiertas con una faja de acero, o ruedas sólidas de hule, las que transmitían cargas concentradas elevadas al pavimento. Lamentablemente Warren no pudo anticipar la aparición de las llantas inflables, lo que redujo la presión transmitida por las llantas al pavimento, y por consiguiente hizo posible el uso de mezclas con agregados de pequeño tamaño.

En 1920 el profesor Roy Green, del Texas Agricultural and Mechanical College (ahora Texas A&M University), estudió varios pavimentos bitulíticos en Texas, particularmente la fracción fina de las mezclas.

En la determinación de las propiedades de la mezcla asfáltica, uno de los parámetros que ha sido sujeto de una cuidadosa investigación es la temperatura de compactación, ya que las partículas duras, arena y grava, se encuentran íntimamente ligadas entre sí por un material visco-elástico cuyas características varían según la temperatura. No debe perderse de vista que a temperatura ambiente (25 °C) el asfalto posee características adherentes muy pobres, por lo que una mezcla fabricada bajo estas condiciones podría mostrar una densidad apropiada y tener una resistencia deficiente.

Lo contrario podría indicarse en cuanto a la estabilidad, si la mezcla se llevara a cabo a una temperatura en que la viscosidad del asfalto sea muy baja.

Para efectos de la discusión anterior, deberá entenderse por temperatura apropiada de mezclado, la máxima a la que puede mezclarse sin producir alteraciones químicas apreciables al asfalto, ni que la mezcla se desparrame por efectos de la aplicación de la carga de los vehículos de compactación. Las diferentes reglamentaciones son muy específicas a este respecto, e indican procedimientos cuantitativos para determinarla.

Con respecto a la temperatura de compactación, debido a que al disminuir la temperatura del asfalto disminuye rápidamente su adherencia con los agregados, se requiere definir la mínima temperatura a la cual ya no se debe continuar compactando la mezcla. A este respecto debe enfatizarse que las observaciones directas así como ensayos de laboratorio, indican con toda claridad la validez de lo expuesto anteriormente.

Por otro lado con el objetivo de lograr pavimentos asfálticos con una vida útil apreciablemente mayor y por consiguiente costos de mantenimiento menores, AASHTO inició discusiones a fin de que el gobierno federal de los Estados Unidos, asignara fondos orientados hacia la investigación de ligantes asfálticos y mezclas asfálticas.

El programa que nació con una asignación de \$150 millones de dólares orientados a la investigación sobre la durabilidad y seguridad de las carreteras, se denominó Strategic Highway Research Program (SHRP), y a Superpave por Superior Performing Asphalt Pavements, que es un producto de investigación de SHRP, le fueron asignados \$50 millones de dólares.

Uno de los objetivos de SHRP fue el de desarrollar especificaciones sobre ligantes asfálticos y mezclas asfálticas, de propiedades ingenieriles basadas en el comportamiento de los pavimentos. Para tal efecto se utilizaron los resultados de investigaciones previas, con el objeto de determinar qué propiedades deberían ser utilizadas, cuáles ensayos deberían ser empleados para medir tales propiedades, y cómo esas propiedades podrían ser aplicadas en un modelo para la predicción del comportamiento de las carreteras.

El programa se completó en 1993, y la implementación de esta nueva tecnología se está llevando a cabo en tres etapas. Entre algunos de los aspectos más notables determinados por SHRP, se pueden destacar los siguientes:

- ◆ La granulometría de los agregados en las mezclas asfálticas, es de importancia primordial.
- ◆ El envejecimiento de las mezclas asfálticas está influenciado por la estructura que se forma entre los agregados y el asfalto.
- ◆ No existe evidencia que indique que el envejecimiento del asfalto, individualmente, esté correlacionado con el envejecimiento de las mezclas asfálticas.

- ◆ El envejecimiento de ciertos asfaltos está fuertemente mitigado por algunos agregados, pero no por otros. Lo anterior parece estar relacionado por la adherencia química entre el asfalto y los agregados.

En general se afirma que para la elaboración de pavimentos flexibles:

- ✓ La distribución granulométrica de los agregados juega un papel determinante en el comportamiento de las carpetas asfálticas.
- ✓ La función del asfalto es estrictamente la de un ligante, y no proporciona las características de un cemento hidráulico al producto final.
- ✓ La capacidad de carga de una carpeta asfáltica es proporcionada esencialmente por los agregados.
- ✓ El envejecimiento de las carpetas asfálticas no está determinado únicamente por el envejecimiento del asfalto; un parámetro más importante, según las investigaciones de SHRP, lo constituye la estructura de adherencia entre agregado y asfalto.
- ✓ La temperatura de compactación es de primordial importancia. Este es un parámetro que debe ser minuciosa y permanentemente vigilado. De la compactación a temperatura adecuada depende una eficiente adherencia entre las partículas del agregado y, por lo tanto, la estructura inter partícula.
- ✓ El empleo de agregado con tamaño máximo elevado y con una granulometría apropiada, incrementa la capacidad de carga a menores deformaciones, de las carpetas asfálticas.

- ✓ Es conveniente guiarse por la línea de máxima densidad granulométrica en el gráfico exponente 0.45.
- ✓ Es muy importante llevar a cabo un permanente control en obra de la distribución granulométrica de los agregados.

### **3 DESCRIPCION DE PROPIEDADES QUIMICAS, FISICAS Y TOXICOLOGICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES**

La época actual se caracteriza por el uso intenso de sustancias químicas, sea en las áreas agrícolas o en la actividad industrial, como puede ser la construcción de carreteras y por la preocupación de la población acerca de los efectos nocivos producidos por esos agentes químicos.

Las propiedades químicas, físicas y toxicológicas de los materiales empleados en la construcción de pavimentos flexibles, son fundamentales para detectar los impactos negativos en los organismos y en la salud humana.

El desarrollo de la industria petrolera, permitió el uso del bitumen asfáltico (obtenido como un residuo de la destilación del petróleo) con agregados de granulometría controlada. Al residuo se le empezó a reprocesar, obteniendo con ello los cementos asfálticos de diferentes tipos, los cuales, remezclados con diferentes tipos de solventes, daban lugar a los asfaltos rebajados para su aplicación “en frío”, en mezclas con agregados pétreos.

Otra forma que se impuso más recientemente para la utilización de los cementos asfálticos, para su aplicación en pavimentos, fue dispersándolos en agua, premezclada con emulsificantes, a lo que se ha llamado emulsiones asfálticas.

En los últimos años, la tecnología del empleo de los productos asfálticos ha evolucionado considerablemente, siendo ya, un tanto común, el empleo de diferentes tipos para obtener diferentes características de comportamiento, tales como: el asfalto ahulado, emulsiones con látex, cementos asfálticos con azufre, asfaltos con polímeros,

asfaltos oxidados, adición de geotextiles, entre otros; lo que ha ido aparejando al desarrollo de equipos para la elaboración de mezclas, más completos, efectivos y sofisticados. En la Figura 3.1 se relacionan las sustancias empleadas con mayor frecuencia en la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles, posteriormente se describe un resumen de cada una de esas sustancias.

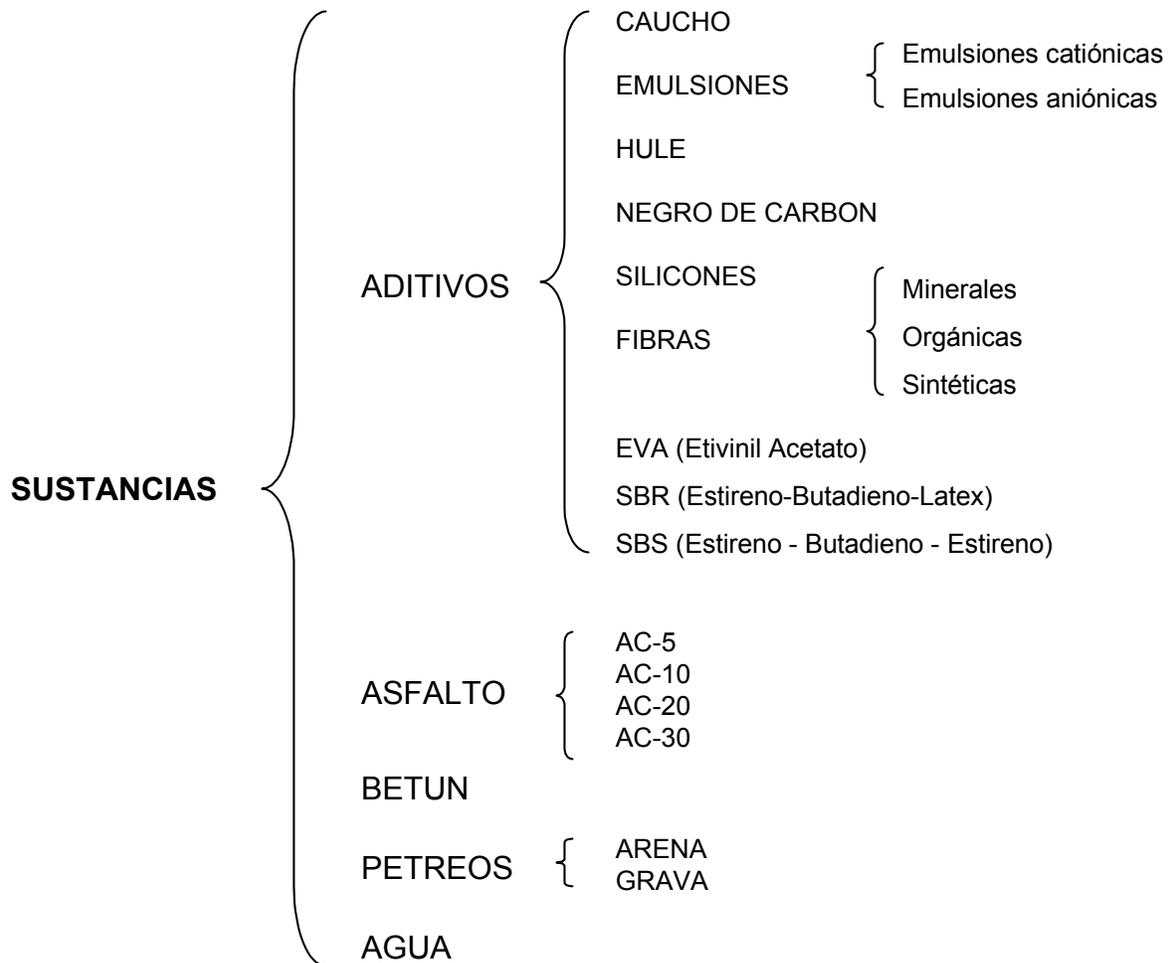
Para el manejo más práctico de información sobre las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de las sustancias químicas se elaboran las “hojas de seguridad”, que generalmente son elaboradas por empresas que fabrican o comercializan productos químicos y en algunos casos por instituciones educativas o empresas que manejan sustancias químicas en sus procesos y necesitan esa información como parte de sus programas de control de calidad y salud e higiene laboral. En relación con las sustancias que se manejan en la industria del asfalto y de la construcción en general, no se encontraron hojas de seguridad para todas, debido, en parte, a que tienen prioridad las sustancias que han sido identificadas como causantes de algún padecimiento o enfermedad en los trabajadores y dado que la industria de la construcción es tan amplia y los trabajadores realizan sus labores generalmente en áreas no confinadas y en condiciones muy variables es difícil señalar a una sustancia como causante de un padecimiento. La forma de confirmar estas causas-efectos serían con la realización de estudios epidemiológicos relacionados con la sustancia en cuestión, por lo tanto se incluye un anexo en el presente documento con las hojas de seguridad disponibles y que corresponden a las sustancias que se mencionan en este capítulo.

### **3.1 Aditivos**

Una de las alternativas constructivas que se presentan hoy en día es la fabricación de aditivos que permiten elaborar emulsiones de rompimiento controlado, asfaltos dotados

de baja susceptibilidad térmica y elevada cohesión cuyas condiciones son necesarias para resistir altos volúmenes de tránsito.

**Figura 3.1 Materias primas empleadas en la construcción y conservación de superficies de rodamiento de pavimentos flexibles.**



### 3.1.1 Caucho

Es utilizado en la construcción de carreteras, adicionándolo en cantidades relativamente pequeñas en las mezclas asfálticas para pavimento.

La molécula de caucho natural se compone de una cadena muy larga de muchas unidades tipo isopreno ( $-\text{CH}-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{n}$ ), retorcida en forma helicoidal, lo que produce la elasticidad del caucho. Esta cadena larga puede dividirse en varias más pequeñas por diversos procesos, en cuyo caso se dice que el caucho se degrada. El peso molecular puede reducirse desde un millón hasta unos pocos millares según la intensidad de degradación. El calentamiento y el molido son dos de los procesos que conducen a la degradación. La velocidad de degradación depende de la temperatura y del material en que se dispersa el caucho.

### **3.1.2 Emulsiones**

Las emulsiones asfálticas constituyen otro de los procedimientos que se usan para fluidificar el cemento asfáltico y hacer aplicaciones en frío. Son emulsiones generalmente del tipo de aceite en agua, en que la fase dispersa o interna es el asfalto, en forma de pequeños glóbulos, y la fase continua o externa es el agua.

Para la elaboración de las emulsiones tienen que emplearse pequeñas proporciones de ciertos productos químicos conocidos como emulsificantes, tanto para facilitar la formación de las dispersiones, como para mantener en suspensión los glóbulos del asfalto disperso. Si no existiese el emulsificante, una dispersión de pequeñas gotas de asfalto en agua formada mediante agitación, se separaría rápidamente en 2 capas. Con la presencia del emulsificante se forma una película de él adsorbida alrededor de cada glóbulo, la que al modificar las propiedades de la interfase, impide la floculación de las partículas de asfalto y hace estable la emulsión.

Para las emulsiones asfálticas normales que se usan en carreteras los porcentajes de emulsificante varían de 0.5 a 1.0 % en peso, con respecto a la emulsión. Esta cantidad proporciona una protección razonable contra la coagulación de las partículas de asfalto, pero en ciertos casos es necesario dar una protección adicional y se requiere una

cantidad mayor de emulsificante, que actúa como estabilizante de la emulsión. De acuerdo con su resistencia a la coagulación, las emulsiones se clasifican en los 3 grupos siguientes:

- ◆ Emulsiones inestables o de rompimiento rápido, que contienen una cantidad mínima de emulsificante.
- ◆ Emulsiones semiestables o de rompimiento medio, con mayor cantidad de emulsificante que las anteriores.
- ◆ Emulsiones altamente estabilizadas o de rompimiento lento, que son las que contienen la mayor proporción de emulsificante.

Los estabilizantes pueden ser adicionados bien sea durante la fabricación de la emulsión o durante una etapa posterior. Los más comúnmente empleados son la caseína y los jabones de potasio o resina de vinzol. La práctica ha demostrado que las emulsiones en que intervienen 2 ó más estabilizantes a la vez, son más estables.

Las emulsiones asfálticas se clasifican principalmente en aniónicas y catiónicas dependiendo de la naturaleza del emulsificante.

### **Emulsiones aniónicas**

Inicialmente se utilizaron emulsiones aniónicas superestables y posteriormente las catiónicas, las primeras derivan su nombre del hecho de que cuando se sumergen dos electrodos en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el ánodo, lo que significa que poseen cargas eléctricas negativas y tienen, por este hecho, afinidad con los materiales pétreos electropositivos como las calizas y basaltos.

El emulsificante de estas emulsiones aniónicas es un electrólito, es decir, un cuerpo ionizable que se disocia en el agua en 2 fracciones eléctricas: el anión (carga negativa) y el catión (carga positiva). Generalmente este emulsificante es un jabón alcalino de ácido graso, como una sal de sodio o de potasio o de un ácido orgánico. La fórmula general de estos jabones, en el caso de sal de sodio, es:



En que R representa la cadena del ácido graso y constituye la parte no polar de la molécula, que tiene afinidad por la fase asfáltica. La otra parte de la molécula, COONa, es la parte polar. Cuando dicho jabón se pone en solución en el agua, se ioniza; el sodio (Na) constituye los iones positivos o cationes y el resto de la molécula (RCOO) constituye los iones negativos o aniones. Cuando se dispersa el asfalto en esta solución jabonosa, los aniones (RCOO) son adsorbidos por los glóbulos de asfalto y vienen a constituir una envoltura alrededor de ellos, en tanto que los cationes (Na) adsorbidos por el agua, constituyen una segunda envoltura alrededor de la primera. Los iones que envuelven los glóbulos de asfalto se repelen, puesto que llevan cargas del mismo signo (negativas), impidiendo la coagulación y asegurando la estabilidad de la emulsión.

### **Emulsiones catiónicas**

Actualmente se producen emulsiones catiónicas de rompimiento controlado fabricadas con asfalto puro o modificadas con polímeros. Esto se puede hacer añadiendo un polímero emulsionado a la emulsión fabricada o en su fase de fabricación, emulsiones bifase, o utilizando un asfalto modificado con polímero, emulsiones monofase.

Se denominan así porque, a la inversa de lo que sucede con las emulsiones aniónicas, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el cátodo cuando se sumergen 2 electrodos en

ellas y se hace pasar una corriente eléctrica positiva y tienen buena afinidad con los materiales pétreos electronegativos, como los de naturaleza silicosa (cuarzo).

El emulsificante en este caso es también un electrolito, constituido generalmente por una sal de amina o amonio cuaternario, que resulta de la acción de un ácido mineral (clorhídrico, nítrico, acético, etc.), sobre la amina grasa. La fórmula general de este tipo de jabones es, por ejemplo, donde la R' representa la cadena orgánica característica de la amina y constituye la parte no polar de la molécula, la cual tiene afinidad con el asfalto. La otra parte de dicha molécula (NH<sub>3</sub>Cl) es la parte polar, con afinidad por el agua.

Al ponerse en solución en el agua, este emulsificante se ioniza: el átomo de cloro (Cl) constituye el anión (-) y el resto de la molécula (R'N H<sub>3</sub>), el catión (+). Cuando se dispersa el asfalto en esta solución, los cationes (R'N H<sub>3</sub>) son adsorbidos por los glóbulos de asfalto, debido a la afinidad de R' por el ligante hidrocarbonado. Estos cationes vienen a constituir una envoltura alrededor de cada glóbulo de asfalto, envoltura consecuentemente cargada en forma positiva, a la inversa de lo que sucede en el caso de la emulsión aniónica. Los aniones (Cl), adsorbidos por el agua, constituyen una segunda envoltura alrededor de la primera.

La estabilidad de las emulsiones catiónicas queda asegurada por la repulsión electrostática de los glóbulos de asfalto, los cuales están rodeados de iones del mismo signo (positivo).

Además de la diferencia fundamental entre ambos tipos de emulsiones, debida a su carga eléctrica, se encuentra que las emulsiones aniónicas son de carácter básico (pH entre 11 y 12) por la presencia de los iones OH<sup>-</sup> de la sosa cáustica (hidróxido de sodio Na<sup>+</sup> OH<sup>-</sup>) que se les agrega para darles más estabilidad, mientras que las emulsiones

catiónicas generalmente tienen un carácter ácido (pH entre 6 y 7) debido a la presencia del ión  $H^+$  del ácido clorhídrico ( $H^+ Cl^-$ ) que se utiliza en su fabricación.

### 3.1.3 Hule

Entre los materiales incorporados al asfalto que le imparten mejores características de resistencia, flexibilidad y adhesividad, existen compuestos tales como negro de carbón, hule, silicones y fillers.

El concepto de pavimentos con hule en el asfalto se originó en Inglaterra y Holanda por los años de 1930 a 1940. A la fecha se han construido numerosas carpetas de pavimento conteniendo hule natural o sintético en muchos países. Sin embargo, no se ha reunido mucha evidencia para mostrar comparaciones cuantitativas entre el comportamiento de los materiales asfálticos con hule y sin hule. En algunas ocasiones las carpetas con hule han sido de mucho éxito, pero en otras los resultados no han sido tan alentadores. Esto refleja cierta insuficiencia de conocimiento sobre las funciones que el hule desarrolla en la carpeta del pavimento.

Se ha visto que pequeñas cantidades de hule producen grandes cambios en las propiedades del asfalto; la viscosidad aumenta mucho, se reduce la susceptibilidad a la temperatura, el punto de reblandecimiento del asfalto aumenta y la fragilidad a bajas temperaturas se reduce. Se aumenta la resistencia de la carpeta al impacto y el asfalto muestra notable recuperación elástica al ser deformado.

El asfalto ahulado se ha empleado en riegos de sello y carpetas de textura cerrada o abierta. En riegos de sello se han utilizado cantidades de 1.5 % de hule en el asfalto. El hule se agrega al asfalto en forma de látex a la mayor temperatura posible, dispersándolo para producir un gel.

### 3.1.4 Negro de carbón

Es un polvo fino derivado de la combustión, como el hollín producido por el humo de las velas y lámparas de kerosina o el de chimeneas. Sin embargo, lo que no se conoce bien es que este material finamente pulverizado e intensamente negro se produce en grandes cantidades como materia prima para el hule de las llantas, la tinta para impresión y otras industrias. Los productos comerciales de carbón, en forma esencialmente pura, varían en propiedades desde el diamante, muy duro, denso y brillante, hasta productos de densidad y cristalinidad menor como el grafito, el negro de carbón, el coke y el carbón vegetal. El negro de carbón es único entre estos materiales, pues sólo él se forma de la descomposición de hidrocarburos vaporizados. La pirólisis (descomposición química por el calor) en fase de vapor produce un humo que contiene partículas de negro de carbón de tamaño increíblemente pequeño, alta superficie específica y un contenido de carbón de más de 97 %.

Las investigaciones y estudios que se han realizado con este producto han sido encaminadas a que el material no sólo sirva para reforzar al hule de las llantas de los vehículos, sino también al cemento asfáltico de los pavimentos por donde transitan. El uso del negro de carbón en el hule de las llantas ha permitido triplicar la duración de éstas. El negro de carbón se dispersa en el asfalto mediante el auxilio de un aceite disolvente y se usan porcentajes de 10 y 15 % de este material, con relación al asfalto. Desde el año de 1973 se han construido una serie de tramos de prueba en los Estados Unidos, habiendo tenido hasta la fecha muy buen comportamiento. Las observaciones de laboratorio y campo permiten concluir lo siguiente:

- La adición del negro de carbón al asfalto en las proporciones señaladas, mejora la resistencia de las mezclas asfálticas al impacto de las ruedas de los vehículos, así como a la abrasión.

- Se disminuye la susceptibilidad del asfalto a la temperatura con la adición del producto y se retarda el endurecimiento del asfalto durante el mezclado.
- El uso del negro de carbón no interfiere con las operaciones normales de fabricación, tendido y compactación de las mezclas asfálticas en caliente. Las partículas de negro de carbón-aceite se envasan en bolsas de polietileno como un medio práctico para manejarlas y agregarlas durante la elaboración de mezcla en caliente.
- El costo del concreto asfáltico usando negro de carbón puede subir hasta un 30 ó 35 %, pero puede estar justificado, tomando en cuenta las mejores características de resistencia y duración de la mezcla.

### **3.1.5 Silicones**

La adición de pequeñas cantidades (1 a 2 ppm) de cierto tipo de silicones al cemento asfáltico, se ha encontrado que mejora de manera importante la facilidad de manejo y la colocación de capas de pavimentos asfálticos de mezclas en caliente, así como la uniformidad de la textura superficial. También se consigue prolongar considerablemente el tiempo en que una mezcla puede ser almacenada en silos antes de su utilización. La adición del silicón al cemento asfáltico se efectúa en la planta de fabricación de concreto asfáltico.

Estudios realizados en los Estados Unidos demostraron que las pequeñas cantidades de silicón agregadas, no dieron lugar a cambios importantes en la consistencia de los asfaltos, medidas por pruebas de penetración o viscosidad, ni afectaron sensiblemente la susceptibilidad al endurecimiento por calor. Mejora las características de adhesividad asfalto-agregado.

### 3.1.6 Fibras

El empleo de fibras en la elaboración de mezclas asfálticas data de los años 70 y la adición de los diferentes tipos de éstas ha venido evolucionando en la misma medida en que la industria de las fibras lo ha hecho. La adición de fibras ha jugado un papel muy importante en la modificación de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, obteniéndose Mezclas Asfálticas Armadas, (MAA), las cuales pueden considerarse como mezclas asfálticas especiales. Dentro del amplio mundo de las fibras existen muchos tipos con características morfológicas y mecánicas diferentes que en función de su origen químico se pueden clasificar en tres grupos principales:

*Fibras Minerales:* Son rígidas y frágiles a corte, tiene alto módulo y baja flexibilidad, son hidrófobas y entre ellas se encuentran la de amianto, fibra de vidrio y lana de roca.

*Fibras Orgánicas:* Son semirrígidas en seco, tienen una baja recuperación a las sollicitaciones a tensión, tienen un bajo módulo y flexibilidad media, son biodegradables y absorben mucha agua como las fibras celulósicas.

*Fibras Sintéticas:* Poseen una buena recuperación a sollicitaciones a tensión, un módulo medio y una alta flexibilidad, son hidrófobas. En este grupo están las fibras acrílicas y las de polipropileno. Las adiciones de fibras sintéticas acrílicas utilizadas están entre un 0.3% y un 0.6% sobre peso del agregado.

### 3.1.7 EVA, SBR Y SBS

Actualmente los cementos asfálticos son modificados con elastómeros, SBR y SBS, así como los cementos asfálticos con plastómeros (EVA), los nombres completos para estos compuestos son los siguientes: Acetato de Etil-vinilo (EVA), Estireno-Butadieno-Latex (SBR) y Estireno-Butadieno-Estireno (SBS).

A continuación se presenta un resumen de las propiedades de cada componente de estas sustancias y las hojas de seguridad se incluyen en el Anexo 1, que se localiza al final del documento.

### **Acetato de etilo**

Líquido inflamable, incoloro con olor característico a frutas, su punto de ebullición es de 171 °F. Es incompatible y reacciona con los oxidantes, catalizadores para polímeros de vinil, peróxidos, ácidos fuertes, cloruro de aluminio. Puede polimerizarse si es contaminado o sujeto a calentamiento. Usualmente contiene un inhibidor como el terbutilcatecol.

Los efectos por la exposición de corta duración son la irritación aguda en mucosas, piel y ojos, que pueden requerir atención médica de emergencia por su gravedad. Para los efectos de exposición prolongada o repetida no se tienen evidencias concretas acerca de la influencia que pudiera tener esta sustancia sobre el desarrollo de cáncer en humanos.

### **Acetato de vinilo**

Líquido incoloro con olor característico a fruta, inflamable. Es incompatible y reacciona con los oxidantes, ácidos, bases, sílica gel, alumina, azocompuestos, ozono. Su punto de ebullición es de 162 °F y su punto de inflamación es de 919.01 °F. Puede polimerizarse si es contaminado. Usualmente contiene un estabilizante como la hidroquinona o difenilamina para prevenir la polimerización.

El efecto por la exposición de corta duración es irritación aguda en mucosas, piel y ojos, que pueden requerir atención médica de emergencia por su gravedad. Los

efectos de exposición prolongada o repetida no se han asociado efectos adversos con la exposición ocupacional por largo tiempo con esta sustancia.

## **Estireno**

Líquido incoloro a amarillo, aceitoso, con olor característico. Puede formar peróxidos en circunstancias específicas, iniciando una polimerización explosiva. La sustancia se puede polimerizar debido al calentamiento suave bajo la influencia de la luz, con peligro de incendio o explosión. Reacciona fácilmente con oxidantes fuertes; arriba de 31 °C puede formar mezclas explosivas vapor / aire. Tiene un punto de ebullición de 145 °C, su densidad relativa es de 0.9 mg/ml, su temperatura de auto ignición es de 490 °C.

Los efectos provocados por la exposición a esta sustancia van a variar dependiendo de su vía de acceso al organismo, las principales vías y efectos son:

- *Inhalación*. vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea, pérdida de conocimiento, debilidad.
- *Piel*: Enrojecimiento.
- *Ojos*: Enrojecimiento, dolor conjuntivitis
- *Ingestión*: Dolor abdominal, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de conocimiento, debilidad.

Los efectos de la exposición de corta duración a esta sustancia, provoca irritación a los ojos, la piel y las vías respiratorias. La ingestión de líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química. La exposición podría causar

disminución de la conciencia. La exposición puede producir náusea, cansancio y embriaguez.

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede tener efectos sobre los pulmones y el sistema nervioso central dando lugar a somnolencia y vértigo. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos. Puede originar lesión genética de carácter hereditario.

### **1,3-Butadieno**

Aspecto gas licuado comprimido, incoloro, con olor característico, su punto de ebullición es de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , su punto de fusión es de  $-109\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Extremadamente inflamable. Durante la exposición a esta sustancia sus vías de acceso y efectos al organismo son:

- *Inhalación.* Sequedad de boca, garganta y nariz, tos, somnolencia, visión borrosa, náusea, pérdida de conocimiento, parálisis respiratoria.
  
- *Ojos* Enrojecimiento, dolor visión borrosa.

La sustancia puede formar peróxidos en circunstancias específicas, iniciando una polimerización explosiva. La sustancia se puede polimerizar debido al calentamiento suave bajo la influencia de la luz, con peligro de incendio o explosión. La sustancia se descompone con explosión por calentamiento rápido a presión. Reacciona vigorosamente con oxidantes y otras muchas sustancias, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al cobre y sus aleaciones, formando compuestos sensibles al choque.

*Efectos de exposición prolongada o repetida:* La sustancia puede tener efectos sobre la médula ósea y el hígado. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres

humanos. Puede originar lesión genética de carácter hereditario. Puede producir disfunciones en la fertilidad masculina (sólo existen datos sobre animales). Puede originar defectos congénitos.

### **3.2 Asfalto**

Los materiales asfálticos son materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semisólidos o líquidos, que se utilizan en estabilizaciones, en riegos de impregnación, de liga y de sello, en construcción de carpetas y en elaboración de mezclas y morteros, usados en pavimentación. Los tipos de materiales asfálticos que pueden emplearse son los siguientes:

- - Cementos asfálticos
- - Asfaltos rebajados
- - Emulsiones asfálticas

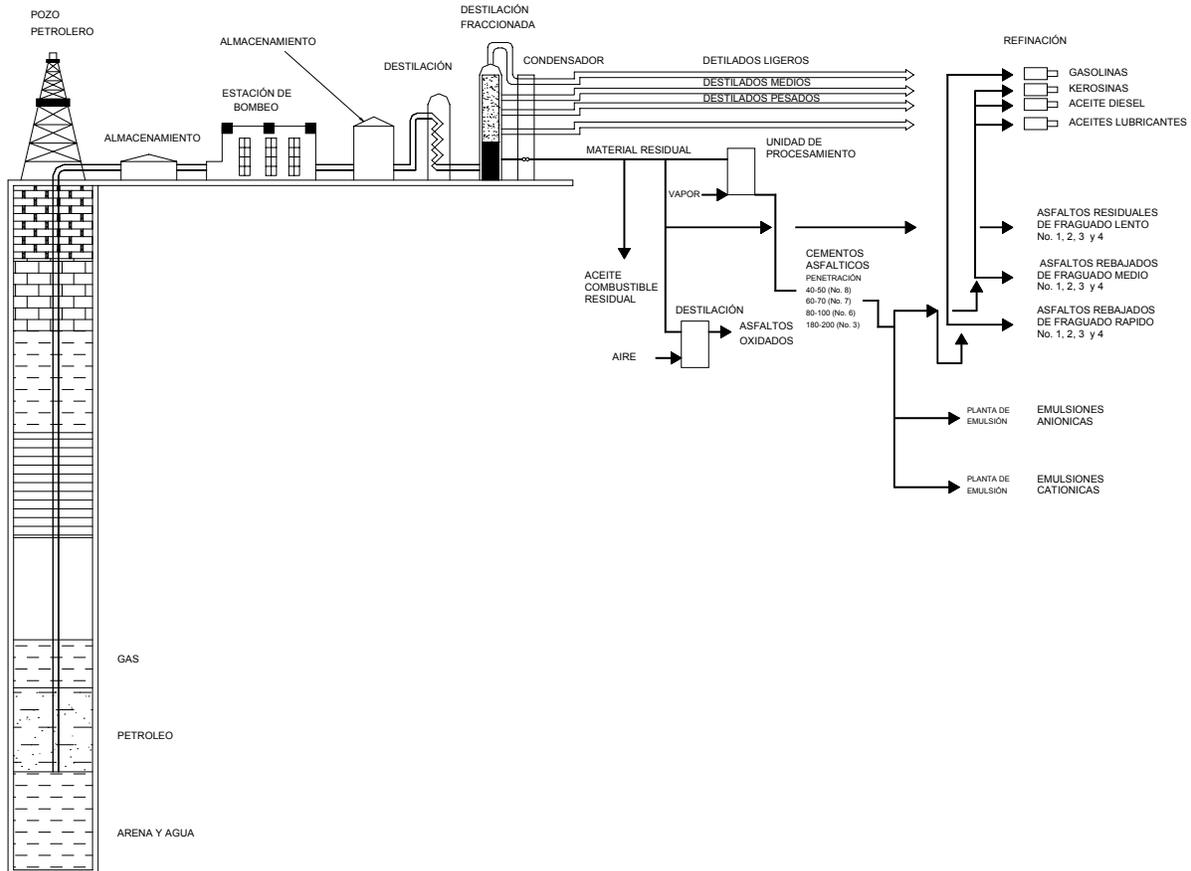
El residuo que queda después de extraer al petróleo los solventes y aceites ligeros, se somete en la planta a alguno de los tratamientos que se describen en la Figura 3.2, es decir, al método de destilación o de extracción de solventes, con lo que se llega al cemento asfáltico, material sólido o semi-sólido a temperatura ambiente.

Los asfaltos líquidos (asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas), se fabrican fluidificando el cemento asfáltico, bien sea mediante la adición de solvente, con lo que se obtienen los asfaltos rebajados, o emulsionándolo en agua, produciéndose las emulsiones asfálticas.

Dado lo complejo de la química de los asfaltos, las especificaciones para su utilización en pavimentos han sido desarrolladas hasta ahora tomando como base pruebas para la determinación de propiedades físicas únicamente (pruebas de penetración, viscosidad

y ductilidad), aún cuando estas propiedades pueden clasificar diferentes productos en una misma categoría teniendo distintas características de comportamiento en lo referente a deformación permanente y fracturamiento por fatiga. Casi todo el asfalto utilizado hoy en día proviene de la refinación de crudos de petróleo. Las propiedades físicas del asfalto en la pavimentación son: durabilidad, adhesión y cohesión, susceptibilidad a la temperatura, resistencia al envejecimiento y endurecimiento, ductilidad y solubilidad en compuestos polares.

**Figura 3.2 Esquema del tratamiento del petróleo para obtener los diversos productos asfálticos**



En la industria del asfalto los HPA (hidrocarburos poliaromáticos) provienen del alquitrán de hulla mezclado con el asfalto del petróleo, aunque éste se considera más bien pobre en HPA. Los trabajadores del asfalto pueden exponerse a los HPA cuando los residuos de los aceites del petróleo crudo se mezclan con alquitrán de hulla, el cual aumenta la posibilidad de exposición a los HPA cuando se trabaja con asfalto caliente. Dado que la única forma de tener la certeza sobre la toxicidad de un compuesto químico en la salud humana son los estudios epidemiológicos que demuestren la asociación causa efecto, según datos de algunas industrias en cuyos trabajadores se han encontrado un exceso en los tipos de cáncer de que se tiene registro, reportan que los trabajadores de la Industria del asfalto son propensos a presentar cáncer en la piel, leucemia y cáncer del sistema genitourinario, cuando existe una exposición crónica a los HPA.

### **3.2.1 Cementos asfálticos**

En México se tiene la posibilidad de utilizar 4 tipos o grados de cementos asfálticos, designados con los números 3, 6, 7 y 8 que se manejan como la equivalencia de los cementos AC-5, AC-10, AC-20 y AC-30 respectivamente, estos son numerados de mayor a menor grado de dureza, definida ésta por la prueba de penetración (100 g, 25 °C, 5 seg). Las propiedades de estos cementos asfálticos se determinan mediante las pruebas de penetración, viscosidad Saybolt-Furol, punto de inflamación, punto de reblandecimiento (anillo y esfera), ductilidad, solubilidad y prueba de la película delgada (Tabla 3.1).

Los asfaltos rebajados se preparan agregando al cemento asfáltico solventes ligeros del petróleo y se clasifican en 3 grupos:

**Tabla 3.1 Normas de calidad para cementos asfálticos**

CARACTERISTICAS	GRADO DEL CEMENTO ASFALTICO			
	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30
<b>Del cemento asfáltico original</b>				
Viscosidad dinámica a 60°C, Pa s (poises)	50±10 (500±100)	100±20 (1000±200)	200±40 (2000±400)	300±60 (3000±600)
Viscosidad Saybolt-Furol a 135°C, (segundo mínimo)	80	110	120	150
Viscosidad cinemática a 135°C, mm <sup>2</sup> /s, mínimo (1 mm <sup>2</sup> /s = 1 Centistoke)	175	250	300	350
Penetración, 100 g, 5 seg, 25°C, 10 <sup>-1</sup> mm mínimo	140	80	60	50
Punto de inflamación Cleveland, (°C mínimo)	177	219	232	232
Solubilidad (% , mínimo)	99	99	99	99
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
<b>Del residuo de la prueba de la película delgada</b>				
Pérdida por calentamiento, (% máximo).	1	0.5	0.5	0.5
Viscosidad dinámica a 60°C, Pa s (poises) máximo	200 (2000)	400 (4000)	800 (8000)	1200 (12000)
Ductilidad, 5 cm/min, 25°C, cm mínimo	100	751500400	100	100
Penetración retenida a 25°C, %, mínimo	46	50	54	58

### **Asfaltos rebajados de fraguado rápido (FR)**

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido son aquellos en que se emplea como solvente del cemento asfáltico un material del tipo de la gasolina. Existen varios tipos o grados de estos asfaltos, dependiendo de la proporción de cemento asfáltico y de solvente presente en el producto. Se designan con los símbolos FR-0, FR-1, FR-3 y FR-4, en que el índice creciente indica una proporción cada vez mayor de cemento asfáltico.

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido se emplean en nuestro medio para la construcción de carpetas, sub-bases y bases estabilizadas, riego de liga, carpetas de

riego y riegos de sello. Se utilizan casi exclusivamente de tipo FR-2, FR-3 y FR-4, y en forma preferente el FR-3. Cabe mencionar que estos asfaltos han sido retirados en los últimos años del mercado.

### **Asfaltos rebajados de fraguado medio (FM)**

Los asfaltos rebajados de fraguado medio se elaboran agregando al cemento asfáltico solventes del tipo kerosina, que son menos volátiles que las gasolinas. Por lo tanto, el fraguado de estos rebajados es un poco más tardado que el de los de fraguado rápido. El fraguado se refiere a la eliminación de solventes en los rebajados y es el mismo concepto que aplica el proceso de curado cuando se han aplicado estos productos a los materiales pétreos. Los asfaltos rebajados de fraguado medio pueden ser también de 5 tipos, dependiendo de la proporción de cemento asfáltico y de solventes, designándoseles como FM-0, FM-1, FM-2, FM-3 y FM-4, en que los índices tienen el mismo significado que en el caso de los rebajados de fraguado rápido.

Los rebajados de fraguado medio se emplean en riegos de impregnación de bases de pavimentos flexibles y de sub-bases de pavimentos rígidos. Excepcionalmente se usan para la construcción de mezclas asfálticas. Los de tipo FM-0 y FM-1, con preferencia del último, son los que principalmente se utilizan en México para riegos de impregnación.

### **Asfaltos rebajados de fraguado lento (FL)**

Los asfaltos rebajados de fraguado lento son cementos asfálticos con solventes del tipo de aceites ligeros. Generalmente no se preparan adicionando en la planta dichos aceites al cemento asfáltico, sino que se obtiene directamente el residuo de la destilación del petróleo. Por ser los solventes de estos rebajados mucho menos

volátiles que la gasolina y las kerosinas, su fraguado es bastante más tardado que el de los FR y FM. De acuerdo con la producción de cementos asfálticos que contienen pueden ser de los tipos o grados FL-0, FL-1, FL-3 y FL-2, FL-3 y FL-4. Los asfaltos rebajados de fraguado lento ya prácticamente no se usan en nuestro país. Se usaron mucho en épocas pasadas, como paliativos del polvo en los caminos revestidos.

### **Transporte, manejo y almacenamiento de los productos asfálticos**

Con objeto de contar con productos asfálticos de características adecuadas para los trabajos de construcción y conservación de carreteras y pistas de aeropuertos es necesario, en primer lugar, que dichos productos sean surtidos dentro de especificaciones y en segundo lugar, que no sufran alteraciones durante su transporte, manejo y almacenamiento.

El transporte de los productos asfálticos de los lugares de abastecimiento a los de utilización puede hacerse por ferrocarril, empleando carros-tanque. Deben tomarse las precauciones necesarias para que durante el trayecto los productos no sufran alteraciones. Se procurará que los tanques de los transportes sean herméticos, para evitar contaminaciones con agua o materias extrañas, y que al llenarlos no contengan residuos de otros productos en cantidades perjudiciales. Convendrá también supervisar que durante el trayecto no se alteren los sellos colocados en las válvulas o compuertas de carga y descarga. En el caso de las emulsiones, es conveniente que se criben a través de una malla No. 100 al momento de llenarse los recipientes que se utilicen para su transportación, con el fin de eliminar posibles natas que podrían dificultar la operación de aplicación de la emulsión. Es necesario también que los vehículos de transporte estén dotados de divisiones interiores para impedir que el contenido sufra movimientos exagerados, que pueden provocar el rompimiento de la emulsión.

Es necesario que los lugares en que se almacenen los materiales asfálticos antes de su utilización se inspeccionen frecuentemente y reúnan las condiciones necesarias para evitar pérdidas excesivas de solventes (tratándose de rebajados), contaminaciones con agua, basura y otras materias extrañas, mezclas de productos asfálticos de diferentes tipos, repetidos calentamientos innecesarios o a temperaturas mayores a las recomendadas.

Existen dos tipos de almacenamiento de acuerdo con su función: permanentes y transitorios. Los primeros generalmente están constituidos por fosas de mampostería o de concreto hidráulico; el techo, en muchas ocasiones es de carácter provisional, por lo regular de armadura de madera y lámina de cartón, aunque existe la tendencia a hacerlo también de concreto.

La descarga a la fosa siempre se hace por gravedad, pudiendo también hacerse por gravedad la carga de la fosa al equipo de distribución, cuando las condiciones topográficas lo permiten, aunque lo más común es que se haga por bombeo, con el equipo de la propia petrolizadora. Por lo general las fosas permanentes se construyen durante la ejecución de la carretera y posteriormente pasan a servir en la conservación, lo que da lugar en muchas ocasiones a que en esta etapa su ubicación resulte inadecuada, desde el punto de vista de los acarreos. Estas fosas quedan casi siempre cerca de una espuela o ladero de ferrocarril.

Las fosas permanentes están comúnmente divididas en cuando menos dos compartimentos, con una capacidad aproximada de 120 m<sup>3</sup> cada uno. Posee cárcamos de calentamiento con serpentines de vapor o con quemadores directos de petróleo, situados en la parte inferior del cárcamo.

Los almacenamientos transitorios son aquellas fosas pequeñas de 20 a 40 m<sup>3</sup> de capacidad, que son las que se utilizan en las sobre estanterías de conservación.

Durante la ejecución de las obras también se emplea este tipo de fosas por parte de las dependencias que construyen carreteras. Por lo general son de mamposterías revestidas y techos de cartón; casi nunca tienen sistema de calentamiento, por lo que los productos que lo requieren, se calientan con el equipo de la petrolizadora. Debido a que los materiales asfálticos se contaminan con relativa facilidad en esta clase de fosas, es preferible usar siempre, como almacenamientos transitorios, tanques metálicos, los cuales ya se utilizan con bastante frecuencia.

La solución definitiva de los almacenamientos debe estudiarse tomando como base el empleo de tanques metálicos, ya que así se aseguraría en forma efectiva el correcto almacenamiento y además, la movilidad de este equipo permitiría cambiarlo cuando las necesidades así lo requieran, lo que redundaría en una considerable economía en los acarreo de los productos. Por otra parte, el uso de tanques metálicos haría factible, en la mayoría de los casos, que la descarga de los productos se efectuó por gravedad, lo que además de facilitar las maniobras propias del manejo, es altamente deseable en el caso particular de las emulsiones, en las que se recomienda reducir al mínimo las operaciones de bombeo.

En cuanto a los cementos asfálticos, son siempre almacenados en tanques metálicos en los lugares de ubicación de las plantas de elaboración de concreto asfáltico. El calentamiento se efectúa por medio de serpentines de vapor dentro del propio tanque.

La distribución de los productos asfálticos de las fosas permanentes a las de trabajo o transitorias, se efectúa por medio de nodrizas. La aplicación de los productos líquidos se hace con petrolizadoras y bachadoras. Estas últimas son de pequeña capacidad para ser remolcadas por camiones de volteo o de redilas. Las bachadoras traen también bomba y sistema de calentamiento con quemadores de petróleo o de diesel. Las petrolizadoras deben ser herméticas para evitar la penetración del agua de lluvia, sobre todo por los domos, que deben ir siempre bien sellados.

## **Disminución en los consumos de asfaltos, solventes ligeros, combustibles derivados del petróleo**

Debido al problema mundial originado por las dificultades en el abastecimiento y las variaciones en los precios de los hidrocarburos naturales, las naciones se verán en la necesidad de utilizar mayores proporciones de cementos asfálticos y de emulsiones asfálticas para ahorrarse en ambos casos el empleo de solventes ligeros que se requieren para la fabricación de rebajados.

En las emulsiones asfálticas, además de no consumirse prácticamente solventes del petróleo, se evita también el uso de combustibles para su manejo y aplicación en la obra, ya que no requieren de operaciones de calentamiento, situación que a la vez favorece la protección del medio ambiente. Los costos actuales de estos productos en los trabajos de pavimentación, pueden disminuirse en nuestro país mediante el uso de tecnología propia y empleo de emulsificantes de fabricación nacional, y mediante el establecimiento de plantas portátiles para la elaboración de la emulsión, cercanas a los frentes de trabajo.

En relación a los cementos asfálticos, se tiene también el ahorro de los solventes, si bien en este caso son necesarias las operaciones de calentamiento para poder emplearlos. No obstante, los trabajos en que se utilizan cementos asfálticos son de mejor calidad y mayor duración, por cuyo motivo existe una compensación favorable con los costos que representan los combustibles requeridos para el calentamiento de los ingredientes, la fabricación y colocación del concreto asfáltico. Las plantas modernas para la elaboración de estos concretos asfálticos poseen ya aditamentos especiales para evitar contaminaciones indeseables del medio ambiente por la emisión de polvos, gases y humos.

Sin embargo, es importante insistir que en la utilización de los productos asfálticos deben tomarse en cuenta las condiciones especiales de la obra, para elegir en cada caso el producto que en todos sentidos sea el más conveniente.

### **3.3 Betún**

Los betunes asfálticos son materiales termoplásticos que presentan un comportamiento reológico muy complejo, que depende de la temperatura, de la carga y del tiempo de aplicación de la misma. A bajas temperaturas el betún tiene un carácter elástico, mientras que a temperaturas moderadamente elevadas la elasticidad prácticamente desaparece, y el betún se deforma permanentemente y fluye. El mayor o menor grado de elasticidad depende de la composición química y de la estructura coloidal, siendo los betunes tipo gel los que presentan mayor grado de elasticidad.

En general, los betunes de carreteras a bajas temperaturas (inferiores a 0 °C) se comportan como materiales elastofrágiles, por encima de esta temperatura y hasta 50 – 60 °C el comportamiento es visco-elástico y finalmente por encima de esta temperatura su comportamiento es puramente viscoso.

Su utilización en firmes para carreteras se debe fundamentalmente a sus buenas propiedades adhesivas y mecánicas, a su elevada inercia química y a su impermeabilidad al agua. Por otro lado, al ser materiales termoplásticos, por la acción del calor se reblandecen y se hacen suficientemente fluidos para mojar y envolver los áridos, y permitir la posterior compactación de la mezcla. Una vez frío el betún, aumenta considerablemente su viscosidad y proporciona a las mezclas bituminosas la cohesión y resistencia necesarias para resistir la acción del tránsito y de los agentes atmosféricos.

Se ha demostrado en estudios efectuados en la Unión Americana que la adición de 1% de cal hidratada a las mezclas bituminosas (Fillers) es benéfico porque reduce la velocidad al endurecimiento de los asfaltos. Se considera que esto se debe a que la cal absorbe ciertos componentes del asfalto que contribuyen a aumentar la viscosidad con la edad o que dicha cal actúa desactivando los catalizadores de la oxidación, normalmente presentes en los asfaltos. La cal puede adicionarse directamente al asfalto, aunque desde el punto de vista práctico es conveniente hacerlo tratando al material pétreo con ella, previo a la ejecución de la mezcla.

La cal hidratada y el cemento Pórtland agregados a los materiales pétreos mediante tratamientos a base de soluciones en agua, modifican las condiciones de superficie de dichos agregados, mejorando las características de adhesividad con el asfalto. En cierta forma trabajan como algunos aditivos tensoactivos.

### **3.4 Pétreos**

De los elementos minerales conocidos comúnmente como rocas de tipo o composición particular, son de interés para el presente trabajo aquellos que reúnen características como resistencia, flexibilidad, dureza, entre otras dependiendo de la capa estructural del pavimento que van a constituir y de su tamaño para clasificarlas como gravas y arenas (Tabla 3.2).

De manera general es posible reportar que la exposición a estos materiales no tiene efectos en la salud humana, sin embargo el proceso de trituración es donde se genera una cantidad considerable de partículas suspendidas o polvos respirables que en exposiciones prolongadas (años) sí pueden ocasionar enfermedades pulmonares.

No existen reportes al respecto, como referencia se cuenta únicamente con lo establecido por NIOSH (National Institute Occupational Security and Health) con respecto

a la exposición en ambiente laboral (áreas cerradas) a Polvos Totales y Polvos Respirables.

**Tabla 3.2 Características físicas recomendables de los materiales pétreos**

CARACTERISTICAS	C A L I D A D	
	DESEABLE	ADECUADA
Granulometría:		
Zona Granulométrica	--	--
Tamaño Máximo (mm)	38	38
Finos (%) (Mat.<0.074 mm)	0 – 4 máx.	0 – 8 máx.
Humedad Natural (W %)	0	1 máx.
Índice Plástico (IP %)	0	5 máx.
Equivalente Arena (%)	60 min.	55 min.
Desgaste Los Ángeles (%)	30 máx.	40 máx.
Partículas Alargadas (%)	25 máx.	

### 3.4.1 Grava

Son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca y que tienen más de 2 mm de diámetro, procedentes de la trituración artificial de la roca. En la Tabla 3.3 se muestran sus principales características.

### 3.4.2 Arena

Arena es el nombre que se da a los materiales de grano fino, procedentes de la denudación o de la trituración artificial de la roca, cuyas partículas varían entre 0.05 y 2 mm de diámetro. Las características físicas y sus criterios de calidad se presentan en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.3 Características físicas de la grava y criterios de calidad**

<b>GRANULOMETRIA</b>		
<b>CLASIFICACION</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>% QUE PASA</b>
2"	5.08 cm	100
1 1/2"	3.81 cm	95-100
3/4"	1.90 cm	35-70
3/8"	0.95 cm	10-30
Núm. 4	4,760 um	0-5
<b>SUSTANCIAS PERJUDICIALES</b>		
Partículas Deleznables		0.25 %
Partículas suaves		5 %
Pedernal como impureza		1 %
Carbón mineral y/o lignito		1 %
<b>REQUISITOS DE CALIDAD</b>		
Desgaste "Los Angeles"		40%
Intemperismo Acelerado		12%

**Tabla 3.4 Características físicas de la arena y sus criterios de calidad**

<b>GRANULOMETRIA</b>		
<b>CLASIFICACION</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>% QUE PASA</b>
3/8"	0.95 cm	100
Núm. 4	4,760 um	95-100
Núm. 8	2,380 um	80-100
Núm. 16	1,189 um	50-85
Núm. 30	600 um	25-60
Núm. 50	300 um	10-30
Núm. 100	150 um	2-10
Núm. 200	75 um	4 máximo
<b>SUSTANCIAS PERJUDICIALES</b>		
Partículas Deleznables		0.01 %
Carbón mineral y/o lignito		0.01 %
<b>REQUISITOS DE CALIDAD</b>		
Equivalente de arena		80 % mínimo
Modo de finura		2.30 mínimo - 3.10 máximo

### 3.5 Agua

Líquido incoloro casi inodoro e insípido, esencial para la vida y considerado como el disolvente universal. Punto de fusión de 0°C (32 °F), punto de ebullición de 100°C (121 °F), gravedad específica (4 °C) 1.0, peso por galón 8.337 libras (a 15 °C). Las principales sustancias perjudiciales y concentraciones en el agua utilizada en la fabricación de concreto se muestran en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Sustancias perjudiciales y concentraciones en el agua utilizada en la fabricación de concreto**

Sulfatos (convertidos a Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1000 ppm
Cloruros (convertidos a NaCl)	1000 ppm
Materia Orgánica (óxido consumido en medio ácido)	50 ppm
Turbiedad y/o lignito	1500 ppm

## **4 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO CON PAVIMENTOS FLEXIBLES**

Para el diseño de mezcla asfáltica normalmente se consideran las propiedades de comportamiento, condiciones y calidad, que dificultan, en definitiva, al proyecto de una mezcla. Algunas de las propiedades son por ejemplo: estabilidad, cohesión y vacíos en la mezcla, así como vacíos en el agregado mineral, flujo de la mezcla a determinadas temperaturas y peso volumétrico.

Una carpeta de mezcla asfáltica, debe contribuir en la reducción de los esfuerzos verticales que inciden en las capas inferiores, siendo esta contribución mayor conforme se incrementa el espesor de la carpeta.

### **4.1 Mezclas In Situ en Frío**

Las carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, son las que se construyen en la carretera mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico.

Los materiales asfálticos que deben emplearse en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, son rebajados de fraguado rápido o medio, o bien, emulsiones de rompimiento medio o lento; para los riegos de liga, deben emplearse cementos asfálticos, rebajados o emulsiones de rompimiento rápido, del tipo fijado en el proyecto, incluyendo la necesidad de utilizar un aditivo.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta por el sistema de mezcla en el lugar, la base debe estar debidamente preparada e impregnada. El proyecto normalmente

especifica, en cada caso, el lapso que debe transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta.

Salvo que se ordene lo contrario, se da un riego de liga con petrolizadora en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo y en la cantidad que fije el proyecto. Este riego debe darse antes de iniciar el tendido de la mezcla asfáltica, dejando transcurrir entre ambas operaciones el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiriera la viscosidad adecuada.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta debe estar barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además, no tiene que haber material asfáltico encharcado.

En los casos en que el material pétreo no satisfaga los requisitos granulométricos señalados, se le debe agregar uno o más materiales en las cantidades que se indiquen, procedentes del mismo o de otros bancos, que se mezclarán en seco, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. La verificación de la calidad de los materiales y la mezcla asfáltica se realizan con las pruebas indicadas en la normatividad.

Cuando se emplean motoconformadoras para efectuar la mezcla de los materiales pétreos y asfálticos, debe aplicarse este último por medio de petrolizadora y en el número de riegos que se requiera sobre el material pétreo parcialmente extendido. Después de cada riego se procede a revolverlos, con objeto de facilitar la incorporación del material asfáltico al pétreo. Una vez que se haya aplicado toda la cantidad de material asfáltico fijada, se efectúa un mezclado final hasta obtener un producto homogéneo.

Es importante señalar que no debe regarse material asfáltico si el pétreo contiene una humedad superior a la de absorción, o tiene agua superficial, aún cuando se usen

aditivos, excepto cuando se empleen en emulsiones, en cuyo caso tiene que fijarse mediante pruebas físicas una humedad aceptable. Cuando el material pétreo contenga una humedad excesiva se procederá a orearlo, extendiéndolo por medio de una motoconformadora u otro equipo adecuado para esta operación, hasta lograr que el material tenga una humedad que no perjudique su adherencia con el asfalto.

La mezcla asfáltica elaborada con asfaltos rebajados se curará oreándola, para lo cual se revolverá con motoconformadora u otro equipo, el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del disolvente y se obtenga así la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, fijada en el proyecto.

Cuando se elaboren las mezclas asfálticas con emulsiones de rompimiento medio o lento, se recomienda aplicar un riego previo de agua para dar la humedad fijada.

Una vez curada la mezcla asfáltica a satisfacción, se tiende en el ancho y espesor fijado en el proyecto. Esta operación se hace normalmente con motoconformadora o con otra clase de equipo adecuado.

Después de tendida la mezcla asfáltica y antes de iniciar la compactación, se verifica que la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, sea la fijada en el proyecto; de encontrarse correcta se iniciará la compactación utilizando un rodillo liso tipo tándem, adecuado para dar un acomodo inicial a la mezcla, a continuación se compacta la mezcla utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar el grado mínimo que fije el proyecto; inmediatamente después se emplea una plancha de rodillo liso para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas. Para obtener un mejor acomodo de las partículas que forman la carpeta, se realiza el planchado a las horas en que la temperatura ambiente o la acción de los rayos solares propicien esta operación.

Cuando se realiza la compactación, el planchado generalmente se hace observando lo siguiente: el rodillo liso tipo tándem o el compactador neumático se mueve paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

Cuando la carpeta quede compactada, se procede a efectuar el recorte de las orillas de la misma para ajustar y alinear conforme al proyecto, teniendo cuidado de no dañar la base. El material producto del recorte se retira de la carretera, depositándolo en el lugar determinado para ese fin.

En carreteras sobre la carpeta terminada, se da un riego de sello cuando ésta resulte con mayor permeabilidad del 10 % permitido en la normatividad.

Para terminar la construcción de la carpeta, se verifica el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, espesor, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Un ejemplo de mezclas asfálticas en frío son los morteros asfálticos, también conocidos como Slurry Seal y como las Microcarpetas en frío, que son mezclas asfálticas que se aplican en estado fluido a temperatura ambiente.

Estas mezclas contienen agregados menores de 10 mm y generalmente no requieren de compactación. En 1975 aparecieron las Microcarpetas en frío. Las diferencias consistían en la mejora que se lograba en las características reológicas del asfalto al adicionar un polímero emulsionado. El uso de agregados hasta 10 mm, permitió conseguir espesores de alrededor de 1 cm y lograr una adherencia satisfactoria y durable.

Las Microcarpetas en Frío son aquellas mezclas asfálticas en frío que tienen las siguientes características:

- ❖ La mezcla se hace con agregados que contienen elevadas proporciones de material triturado, con partículas cuya dimensión mayor es igual o mayor a 4 mm.
- ❖ En el momento del tendido de la mezcla, ésta fluye a temperatura ambiente.
- ❖ Una vez tendidas estas mezclas no son compactadas.
- ❖ Son aplicadas en capas muy delgadas de 8 a 15 mm. Para rehabilitar superficies de rodamiento.
- ❖ Presentan una impermeabilidad durable.
- ❖ Proporcionan una superficie antiderrapante durable. Su adherencia es una de sus cualidades importantes.
- ❖ Pueden ser aplicadas en una o dos capas.

#### **4.2 Mezclas en Planta, en Caliente (cemento asfáltico)**

Las carpetas de concreto asfáltico son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

En la elaboración de los concretos asfálticos se emplean exclusivamente cementos asfálticos; para el riego de liga se usan cementos asfálticos, asfaltos rebajados o

emulsiones de rompimiento rápido. Cuando se requiera de un aditivo, se especificará dentro del proyecto.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta por el sistema de mezcla en el lugar, la base debe estar debidamente preparada e impregnada. El proyecto fija, en cada caso, el lapso que tiene que transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta.

Se da un riego de liga, con petrolizadora en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo y en la cantidad que fije el proyecto. Este riego se da antes de iniciar el tendido de la mezcla asfáltica, dejando transcurrir, entre ambas operaciones, el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta debe estar barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además, no tiene que haber material asfáltico encharcado.

El concreto asfáltico se elaborará en plantas estacionarias que deberán constar de:

- Secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta.
- A la salida del secador debe haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.

- Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en tres tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas material pétreo disponible para la mezcla.
- Tolvas de almacenamiento de material pétreo, que deben protegerlo de la lluvia y del polvo, con una capacidad tal que asegure la operación de la planta cuando menos durante quince minutos, sin ser alimentadas; deberán estar divididas en compartimentos para almacenar, por tamaños, los materiales pétreos.
- Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos, de preferencia por peso y sólo en casos excepcionales por volumen. Los dispositivos deberán permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la curva granulométrica de proyecto, tomando en cuenta la discrepancia tolerada.
- Equipo para calentar, en forma controlada, el cemento asfáltico, que garantice que este no será contaminado, provisto de un termómetro con graduación de 20 °C a 210 °C.
- Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de 2 por ciento, en más o menos, de la cantidad fijada.
- Mezcladora, equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- Recolector de polvo y dispositivo para agregar finos.

El material pétreo debe calentarse y secarse para que la humedad que contenga sea inferior a 1 %, antes de introducirlo a la mezcladora. La temperatura del material pétreo debe estar de 120 °C a 160 °C en el momento de agregarle el cemento y la temperatura de la mezcla, entre 120 °C y 150 °C al salir de la planta de elaboración.

El concreto asfáltico se transporta en vehículos con caja metálica, cubierto con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto. La superficie inferior de la caja debe estar siempre libre de residuos de concreto asfáltico, para evitar que la mezcla se adhiera a la misma. El concreto asfáltico se tiende con máquina especial para este trabajo, de propulsión propia, con dispositivos para ajustar el espesor y el ancho de la mezcla tendida y dotada de un sistema que permita la repartición uniforme de la mezcla sin que se presente segregación por tamaños en la misma. Está generalmente dotada de un calefactor en la zona de acabado superficial.

La mezcla se vacía dentro de la caja receptora de la máquina e inmediatamente se tiende, en el espesor y ancho fijados en el proyecto. La velocidad de la máquina debe regularse de manera que el tendido siempre sea uniforme en espesor y acabado. Las juntas de construcción longitudinales, en caso de que el tendido se haga en dos o más fajas, con un intervalo de más de un día entre faja y faja, deben ligarse de preferencia con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja. Las juntas transversales se recortan aproximadamente a cuarenta y cinco grados antes de iniciar el siguiente tendido y también se ligan con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido del siguiente tramo. Con la frecuencia necesaria deben limpiarse perfectamente todas aquellas partes de la máquina en que hayan podido quedar residuos de mezcla. Debe fijarse la longitud máxima de los tramos en que podrá tenderse el concreto asfáltico, de acuerdo con el equipo de compactación de que se disponga y de la temperatura ambiente durante las horas laborables.

El concreto asfáltico normalmente se tiende a una temperatura mínima de 110 °C e inmediatamente después se plancha por medio de una aplanadora de rodillo liso tipo tándem, adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla; este planchado debe

efectuarse longitudinalmente a media rueda. A continuación se compacta el concreto asfáltico utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuadas para alcanzar el grado mínimo que fije el proyecto y a continuación, se emplea una plancha de rodillo liso para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas.

Para la compactación, el planchado se hace de la siguiente manera: en carreteras, el rodillo liso tipo tándem o el compactador neumático debe moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

La temperatura del concreto asfáltico, al iniciarse el acomodo, deberá ser de 100 °C a 110 °C; en general, la compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura mínima de 60 °C.

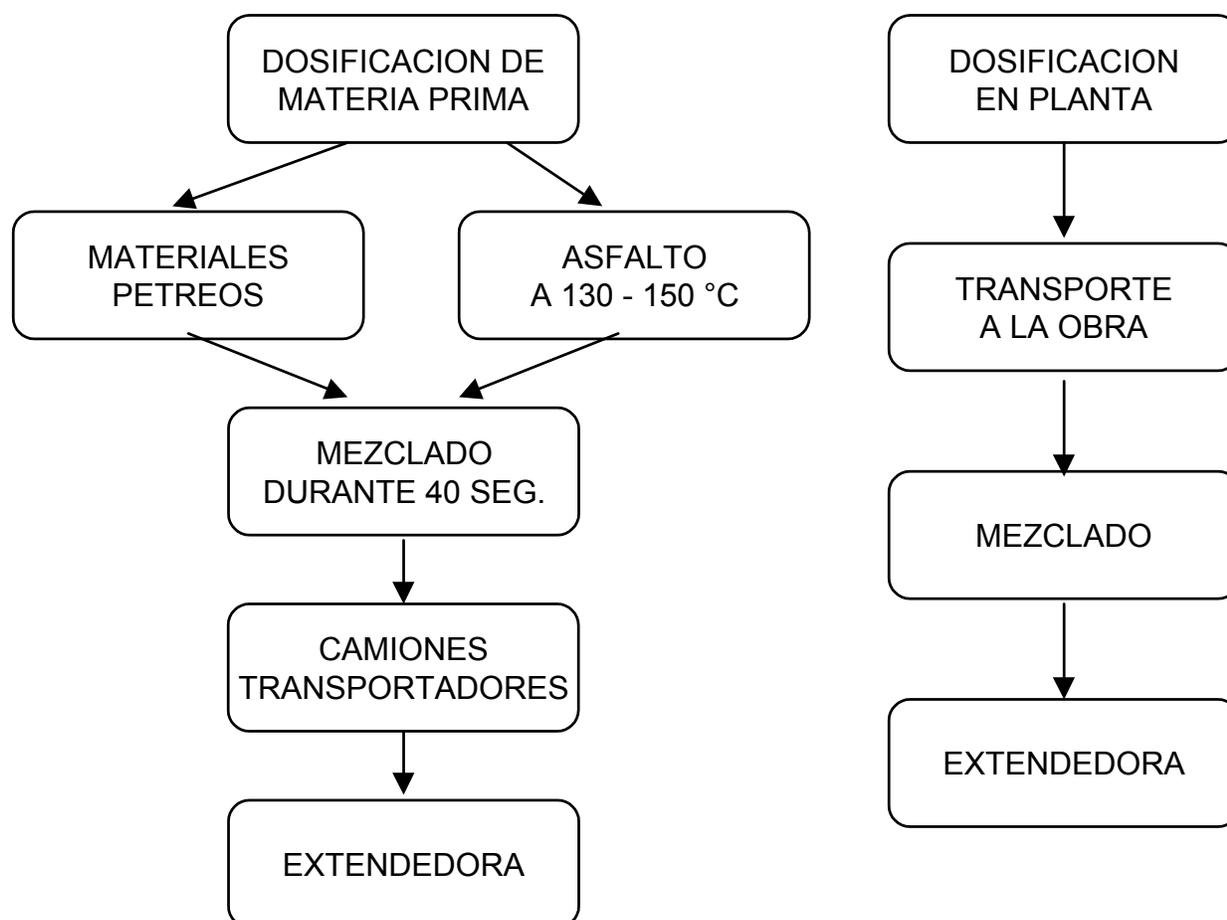
En las orillas de la carpeta se formará un chaflán cuya base será igual uno y medio veces el espesor de la carpeta; para ello se utilizará concreto asfáltico adicional colocado inmediatamente después del tendido, o bien, haciendo los ajustes necesarios en los extendedores.

No se debe tender el concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcada o cuando esté lloviendo. Cuando la carpeta terminada resulte con mayor permeabilidad del 10 % permitido, se dará un riego de sello sobre la misma. Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verificará el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. En la Figura 4.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción de los pavimentos flexibles.

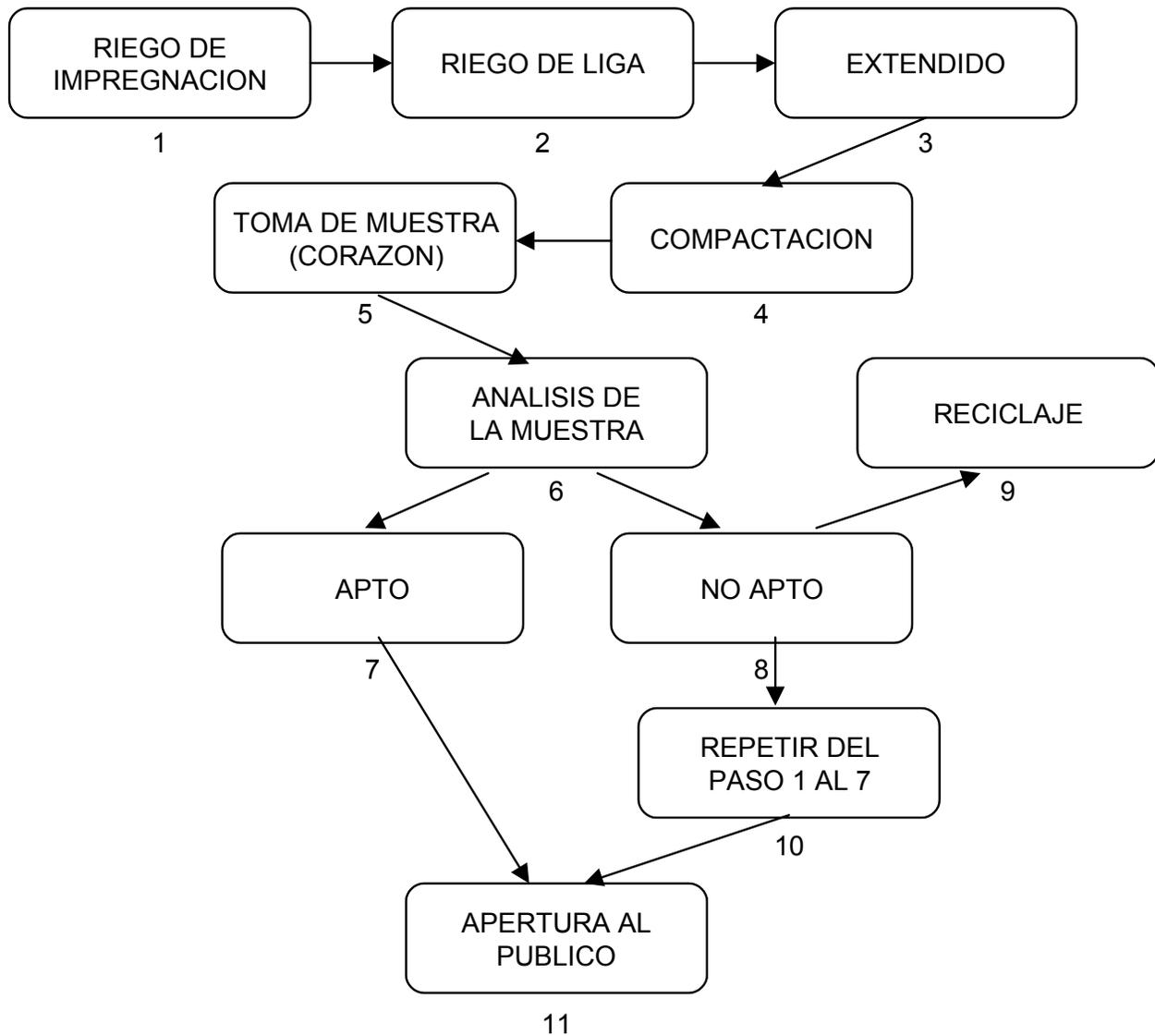
### 4.3 Proceso de Construcción

En la Figura 4.2 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de construcción de superficie de rodamiento de pavimentos flexibles y a continuación se presenta la descripción detallada de cada etapa que lo integra.

**Figura 4.1 Diagramas de flujo del proceso de producción de pavimentos flexibles en planta en caliente y en obra en frío**



**Figura 4.2 Proceso de construcción de superficie de rodamiento de pavimentos flexibles**



#### 4.3.1 Riego de liga

Esta capa está constituida de emulsión de asfalto mejorado con elastómero. La dosificación por metro cuadrado es adaptada al tránsito y a la condición de la capa

inferior pavimento. El objetivo de esta capa es llenar los vacíos y ligar sobre la totalidad de la superficie.

Como resultado de la experiencia práctica la dosificación varía de 0.5 a 1.0 l/m<sup>2</sup> de emulsión a 60 % de asfalto más elastómero. La construcción de la capa ligante debe ser realizada muy cuidadosamente, la elección de la cantidad de asfalto es importante a fin de asegurar una liga en todo punto, pero no debe ser excesiva para evitar el afloramiento del asfalto a través de la mezcla. La aplicación se hace con una petrolizadora convencional y se debe lograr una buena dosificación, por lo que se requiere verificar y medir al principio o al final del riego.

#### **4.3.2 Extendido**

El equipo utilizado es una extendedora común que debe tener una plancha pesada y debe ser arreglada especialmente para aplicar una carpeta con un espesor entre 1.5 y 2.5 cm.

La velocidad de tendido de la extendedora depende del modelo de la máquina utilizada y también de la manejabilidad de la mezcla. Generalmente se puede realizar entre 5,000 y 10,000 m<sup>2</sup>/día. Cuando se trata de una obra de volumen considerable y si las condiciones de tránsito lo permiten, es aconsejable utilizar dos tendedoras en paralelo.

#### **4.3.3 Compactación**

En la compactación únicamente se utiliza una aplanadora tipo tándem de rueda metálica que va directamente atrás, muy cerca de la extendedora. Cuando la capa inmediata inferior a la asfáltica esté muy deformada, es necesario una nivelación previa. El límite de la deformación admisible sin tener que nivelar, es del orden de 2 cm, abajo de la regla de 3 m.

#### **4.3.4 Toma de muestra**

Se toma una muestra de la superficie de rodamiento de asfalto una vez que se ha terminado el procedimiento de construcción, se envía al laboratorio para su análisis y con los resultados que arrojen dichos análisis se determina si se conserva o es necesario reconstruir la superficie de rodamiento.

#### **4.3.5 Análisis de la muestra**

Se procede a ensayar el producto, sometiéndolo a un estudio completo y siempre sobre la base de las Normas de Laboratorio, realizando pruebas tanto a testigos extraídos de campo como a los fabricados en laboratorio hasta el momento (Inmersión-Compresión, módulo dinámico, fatiga, flexotracción, entre otros). Posteriormente se obtienen las características granulométricas, así como cantidad de betún, densidad y humedad, obteniendo los datos necesarios para determinar la calidad del pavimento.

En el caso de que el pavimento cumpla con las especificaciones técnicas establecidas para la calidad del mismo, el tipo de suelo y tránsito, se procede a la apertura inmediatamente después de que el pavimento a alcanzado la temperatura ambiente.

Cuando se encuentra que el pavimento no cumple con alguna de las especificaciones establecidas en la normatividad, se tienen dos alternativas que se tratan a continuación:

En los casos en que no se tiene un procedimiento de reciclado, se transporta todo el escombros del pavimento retirado a sitios donde se almacena, generalmente zonas despobladas sin ningún tipo de cuidado respecto a las afectaciones al ambiente que se puedan general por el depósito no controlado de esos materiales, afortunadamente

cada vez es menor la cantidad que se tira; la segunda alternativa es evidentemente el reciclado, pero aún es práctica no muy común en nuestro país por los costos y maquinaria involucrados.

#### **4.3.6 Apertura al público**

Una vez que se ha probado en el laboratorio la calidad del pavimento tendido, es posible su apertura al tránsito, esperando únicamente que se enfríe hasta la temperatura ambiente o que endurezca lo suficiente para evitar deformaciones.

## 5 CONSERVACION (PROTECCION Y MEJORAMIENTO)

El sistema de caminos y calles en México está compuesto predominantemente por pavimentos flexibles con carpeta asfáltica, los cuales requieren de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar su buen comportamiento a lo largo de su vida útil. La acción combinada del tránsito y los escurrimientos pluviales producen daños que pueden variar desde la destrucción parcial o total de la superficie de rodamiento, hasta el deterioro de las capas subyacentes con la consecuente pérdida de la capacidad estructural del pavimento.

Algunas acciones tradicionales en México para la rehabilitación de pavimentos flexibles, han consistido desde el bacheo y riegos de sello hasta la reconstrucción de la carpeta asfáltica.

El mantenimiento y rehabilitación de pavimentos es, en este momento, uno de los temas que mayor interés y preocupación han alcanzado, debido a que en México las carreteras son el principal modo de transporte, convirtiéndose en pilares de la actividad económica del país y a los costos de conservación asignados anualmente, que siempre han sido y serán insuficientes.

Los procedimientos de rehabilitación más frecuentes son:

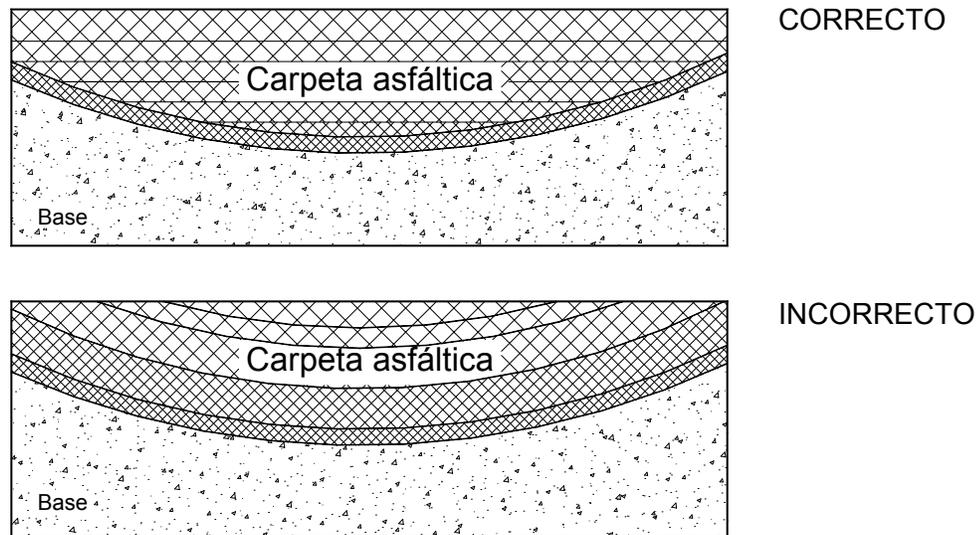
- ✓ Renivelar pavimentos deformados con capas de mezclas asfálticas.
- ✓ Riego de sello: que son útiles y eficaces para proteger la superficie de rodamiento de la entrada del agua y mejorar la adherencia o fricción entre llantas y pavimento.

- ✓ Sobrecarpetas: con las cuales se trata de adecuar y reforzar el pavimento en cuanto a capacidad estructural para soportar el tránsito actual y futuro.

## 5.1 Renivelar

A partir de la carpeta, cuando se requieran una o varias capas de asfalto para renivelar hundimientos o depresiones, se debe colocar con su superficie paralela a la rasante del proyecto para asegurar la uniformidad de la superficie de rodamiento, como se muestra en la Figura 5.1.

**Figura 5.1 Diagrama de renivelación de un pavimento flexible**



La mezcla asfáltica ya colocada debe ser nivelada con la mínima cantidad de rastrillo ya que su exceso ocasiona que los materiales pequeños bajen dejando el material grueso arriba. (El rastrillo fuerte es necesario y deseable solamente en parches biselados en donde el material grueso es empujado hacia el centro con la parte trasera del rastrillo).

El tendido y compactación del concreto asfáltico deberá efectuarse en capas cuyo espesor varía dependiendo del equipo de compactación de que se disponga. La compactación debe llevarse al mismo grado que la del pavimento que la rodea. La superficie terminada debe quedar al mismo nivel que la superficie del pavimento adyacente.

## **5.2 Riego de sello**

Los riegos de sello se pueden clasificar dentro de los tratamientos superficiales y sus objetivos son:

- Proporcionar una capa delgada de rodamiento
- Rehabilitar un pavimento usado
- Impermeabilizar el pavimento
- Restituir la rugosidad
- Sellado de grietas

Los riegos de sellos son utilizados como recubrimientos impermeabilizantes taponando y protegiendo el material sobre el que actúan las inclemencias climatológicas. Al renovar esta capa, se devuelve al pavimento sus características originales en el caso de que no haya daños estructurales o fatiga y como superficie de rodamiento, mejora la rugosidad que confiere propiedades antiderrapantes, buena drenabilidad del agua superficial, reducción del acuaplaneo y resistencia a la formación de hielo entre otros.

Además, los riegos de sello son tratamientos altamente competitivos desde el punto de vista económico, comparados con otras alternativas de capas de rodamiento. La materia prima requerida es principalmente alquitranes de hulla, productos derivados de petróleo y emulsiones aniónicas.

## Ligante en riegos de sello

El propósito del ligante en un riego de sello, es pegar el agregado grueso a la base y sellar el pavimento. El tipo de ligante a emplear viene determinado por el tipo de sello, el perfil del pavimento, el tipo de base, el medio ambiente, el clima, el tiempo de vida estimado y el tiempo de apertura al tránsito requerido. Actualmente se emplean emulsiones asfálticas catiónicas para los riegos de sello debido a las grandes ventajas que presentan, como son:

- ◆ Fabricación y aplicación a bajas temperatura, por lo que consumen menos energía.
- ◆ No requieren de instalaciones de almacenamiento ni equipos de aplicación sofisticados.
- ◆ No presentan problemas de explosión ni de toxicidad durante la aplicación.
- ◆ Permiten trabajar en condiciones de temperatura y humedad adversa por lo que amplían los períodos de trabajo.
- ◆ Adquieren sus características finales mediante el rompimiento de la emulsión y no por evaporación de los solventes, lo que proporciona un mejor comportamiento en los períodos fríos y húmedos. No se solidifican en contacto con el suelo.
- ◆ Presentan mejor adhesión a los agregados, debido a la humectación de los agregados por la fase acuosa, además de que los emulsificantes son promotores de esta adherencia.
- ◆ No requieren de solventes que reblandecen las bases asfálticas, provocan el llorado del asfalto y el embebido de los agregados.

Existen varios tipos de riegos de sello, de los cuales los más frecuentes son:

- Riego monocapa. Es el más versátil y el más comúnmente empleado para tránsito ligero o caminos con bajos volúmenes de tránsito.
- Riego bicapa. Recomendado para tránsito mediano y con bases heterogéneas. Mejora la impermeabilidad del pavimento original. Este procedimiento puede atenuar pequeñas deformaciones del pavimento.
- Doble engavillado. Ampliamente empleado en la actualidad y especialmente adaptado para condiciones de tránsito pesado, cuando es aplicado sobre bases resistentes y bien diseñadas.
- Riego sándwich. Da una estructura final semejante al doble engavillado. Es utilizado principalmente en carreteras secundarias.

### **5.3 Sobrecarpeta**

Uno de los procedimientos de rehabilitación de pavimentos para reforzar su estructura mediante la adición de una sobrecarpeta de concreto asfáltico, consiste en barrer la superficie a tratar y calentar la parte superior de la carpeta mediante sopletes acoplados a una plataforma móvil. Los sopletes se regulan a temperatura variable, dependiendo de la profundidad a la que se requiera efectuar la escarificación, de las condiciones de envejecimiento del asfalto y de sus propiedades termoplásticas; por consiguiente el avance de la plataforma móvil varía de 1.5 a 15 m/min. Debe evitarse calcinar el asfalto, lo que se advierte al producirse espesas nubes de humo.

Se realiza una escarificación de la superficie a una profundidad mayor de 1 cm (de preferencia 2 cm), mediante varillas y/o tornillos montados al chasis de la plataforma móvil y evitando fracturar los agregados. Se distribuye el material escarificado y se compacta con tándem de 8 a 10 toneladas. Esta fase puede suprimirse, pero sin la ventaja de permitir la circulación del tránsito inmediatamente.

Se aplica el producto asfáltico, si se llevó a cabo el paso anterior se puede permitir la circulación del tránsito inmediatamente después de la penetración del mismo. Existe un producto denominado "Reclamite" que es una emulsión especial de aceite de petróleo y resinas, es decir, es una emulsión catiónica de maltenos, que devuelve las cualidades originales del asfalto, rejuveneciéndolo y proporcionando al concreto asfáltico flexibilidad, ductilidad y una apariencia de nuevo. Este producto se aplica fácilmente con cualquier tipo de pipa equipada con barra esparcidora; la proporción en que se recomienda aplicarlo es de dos partes del producto por una parte de agua fría mezcladas perfectamente. El producto es de baja viscosidad, por lo que se puede emplear a cualquier temperatura superior a los 0 °C; sin embargo, la temperatura ideal de aplicación es la de un clima templado y con pavimento seco. En pavimentos viejos se recomienda aplicar el producto, ya diluido, a razón de 0.45 a 0.95 l/m<sup>2</sup>. La necesidad de esta aplicación se hace patente cuando se observa la superficie del pavimento árida, oxidada, con desintegraciones y/o con grietas de contracción. Estos síntomas de envejecimiento pueden aparecer entre los 2 y los 10 años después de su construcción.

Finalmente, se coloca una sobrecarpeta con el espesor y características de materiales apropiados, según sea el diseño para proceder a la compactación especificada.

### **5.3.1 Carpetas asfálticas de espesor delgado**

Esta capa de rodamiento está constituida de concreto asfáltico en caliente, de espesor muy delgado, con una granulometría de 0/10 mm, muy rugosa y discontinua, con alto

porcentaje de 6/10 mm. El aglutinante es rico en asfalto y filler, estructurado con fibras seleccionadas de asbesto.

### **5.3.2 Recomendaciones para el mantenimiento**

De manera general, los tratamientos de conservación, rehabilitación y reconstrucción se realizan bajo tránsito, lo que reduce la capacidad del camino y origina pérdidas de tiempo para los usuarios, congestionamientos y aumento en las emisiones a la atmósfera, por lo cual es necesario que se minimicen estos inconvenientes, a través de una correcta información y coordinación de los trabajos y que se haga la adecuada selección de las técnicas de ejecución, buscando rendimientos elevados y técnicas bien dominadas que además, eviten los imprevistos.

La carpeta puede ser abierta al tránsito tan pronto como la temperatura de la mezcla sea la misma que la del ambiente. Es importante sacar provecho de nuevas técnicas como las emulsiones asfálticas, el reciclado y carpetas asfálticas delgadas, que permiten reparar los daños que puede presentar una carpeta asfáltica, en un tiempo menor que el empleado cuando se aplican procedimientos tradicionales que muchas veces resultan poco efectivos.

Es importante considerar los horarios y días en los que se realizan las operaciones de mantenimiento, procurando que sean en los que se registra el menor tránsito vehicular, minimizando los congestionamientos y accidentes viales.

### **5.3.3 Tratamientos superficiales**

Se ha definido a los tratamientos superficiales como un término muy general, que abarca varios tipos de aplicaciones de riegos asfálticos solos, o riegos asfálticos seguidos de riegos de agregado, de tal manera que sus espesores totales son

generalmente inferiores a 2.5 cm, los cuales fungen como superficie de rodamiento en diversos tipos de pavimentos. Los tratamientos superficiales pueden ser simples (un solo riego de producto asfáltico, seguido de otro riego de agregado), dobles (un riego de asfalto, seguido de un riego de agregado, sobre el cual se repite el proceso) o triples (se repite el proceso tres veces), identificando en todo momento que el segundo riego de agregados se hace utilizando pétreos substancialmente menores que los del primero, para que ocupen los huecos que quedaron el primer riego; a su vez, el tercer riego de agregado ocupará oquedades que dejaron el primer y segundo riego. En general el orden de tamaños es tal que el pétreo de una capa sucesiva contenga tamaños del orden de la mitad de los de la capa anterior. La contribución de un tratamiento superficial a la distribución de los esfuerzos verticales es muy baja o nula.

Los tratamientos superficiales colaboran para producir confinamiento en los agregados de la base, lo que ayuda a que las deflexiones se reduzcan y por ende, colaboren a disminuir los efectos de fatiga en los pavimentos; sin embargo, se reduciría a medida que se agrietase el tratamiento superficial.

Otras técnicas intermedias entre los riegos superficiales y los concretos asfálticos, se están usando con mucha efectividad, tales como:

- Los riegos superficiales espesos que son una mezcla de asfalto con polvo de hule u otro producto. Los microconcretos asfálticos en frío (0.5 a 1.5 cm) a base principalmente de emulsiones con elastómeros.
- Los concretos asfálticos en caliente en capas delgadas (3 cm) en las cuales también se usan asfaltos modificados y pueden incorporarse fibras cortas de asbesto.

## **5.4 Bacheo**

El procedimiento correcto para la reparación de un bache consiste en remover el material de la carpeta dañado y en su caso puede llegar a removerse también material de la base y de las capas inferiores en la zona problema hasta la profundidad necesaria para lograr un apoyo firme. El corte debe extenderse lateralmente para abarcar por lo menos 30 cm del pavimento en buenas condiciones. Los cortes deben ser cuadrados o rectangulares con las paredes rectas y verticales, dentro de lo prácticamente posible. Dos de las paredes deben formar ángulos rectos con respecto a la dirección del tránsito. Los cortes se pueden facilitar y hacer con más precisión si se utiliza una máquina cortadora a base de discos diamantados u otro equipo similar. Si el agua ha sido la causa de la falla, será necesario instalar subdrenaje o corregir el existente.

El siguiente paso consiste en aplicar un riego de impregnación en el fondo y en las paredes verticales; luego se rellena la excavación con mezcla asfáltica, elaborada en planta o in situ.

## **5.5 Reciclado**

Esta actividad tiene consecuencias benéficas tanto ambientales como económicas, dado que el material retirado por no cumplir con los requisitos de calidad establecidos, se tritura hasta obtener el tamaño adecuado según lo establezca el análisis del laboratorio y se mezcla con materia prima nueva para obtener una mezcla asfáltica de buena calidad que se utilizará nuevamente en la pavimentación.

Con el reciclado de los pavimentos se han encontrado las siguientes ventajas:

- ❖ Los bancos de materiales cada vez están más retirados de las obras o los materiales de bancos cercanos son de más difícil extracción, lo que incrementa los costos de construcción y conservación del pavimento.
- ❖ Cuando el reciclado se realiza con procedimientos y proyecto adecuados, la calidad del pavimento reciclado es similar a la de un pavimento nuevo.
- ❖ Ventajas ecológicas. En el mundo contemporáneo es un grave problema los tiraderos de desperdicios, por lo que la reutilización de los materiales de un pavimento viejo, reciclándolos, evita el problema de buscarles un lugar adecuado para colocar dichos materiales que serían de desecho y que por tanto podrían ocasionar daños a la ecología del lugar.
- ❖ En el caso de los pavimentos flexibles se obtiene ahorro de energéticos al reaprovechar el aglutinante asfáltico por medio del reciclado.

Para el caso específico de reciclado en frío se emplean actualmente los siguientes tipos de reciclado:

*Tipo I:* Es aquel que recicla los materiales que no están tratados con ligantes bituminosos, permite obtener una capa grava-emulsión y que se terminan con un tratamiento superficial empleando un aglomerado en la capa de rodadura. Actúa en pavimentos flexibles con un tránsito bajo y su espesor de reciclaje varía de los 8 a los 15 cm y se emplea principalmente en pavimentos que no presentan problemas estructurales serios.

*Tipo II:* Son aquellos tratamientos para pavimentos que contienen 1 o 2 capas de mezclas bituminosas con espesores entre 5 y 12 cm que se apoyan sobre una base granular tratada con ligantes hidráulicos.

*Tipo III.* Son aquellos en donde únicamente se reciclan materiales tratados con ligantes bituminosos ya sea porque el pavimento está constituido con mezclas bituminosas, o bien cuando los problemas sólo afectan a estas capas. En general su estructura es homogénea y permite encontrar una fórmula de reciclado del pavimento existente mediante una emulsión en proporciones del 2 a 3 % y con espesores que varían de 6 a 15 cm.

El proceso de reciclado está basado en la recuperación de los materiales existentes, agregándoles materiales nuevos y modificadores de asfalto, que ayuden a producir una mezcla de calidad a un costo menor que el de una mezcla nueva.

Actualmente se cuenta con equipos móviles de muy alta eficiencia, que alcanzan a reciclar en una sola pasada, profundidades de hasta 30 cm de pavimento, fresándolo, produciendo buena granulometría, alta homogeneidad y controlando la adición de productos estabilizantes. El reciclado de una carpeta asfáltica sola, o con inclusión de material de la base existente, plantea problemas de dosificación de aditivos y de asfalto, por lo que en todos los casos, se requerirá de un buen diseño de la nueva mezcla de concreto asfáltico renovado.

## 6      **NORMATIVIDAD**

Para prevenir el deterioro del medio ambiente y fomentar el bienestar del hombre se cuenta con una serie de técnicas entre las que se encuentra la manifestación del impacto ambiental, que tiene por objeto evaluar los efectos a corto y largo plazo, de cualquier obra o acción propuesta por el sector público, privado y social que modifique las condiciones originales prevalecientes.

Para elaborar un estudio de impacto ambiental de un proyecto determinado, es necesario conocer los antecedentes del proyecto, sus características y efectos a través de:

- Inventarios de fuentes y emisiones.
- Monitoreo ambiental.
- Aplicación de leyes y reglamentos.

El conocimiento de leyes, reglamentos y elementos normativos aplicables a los estudios de Impacto Ambiental, es fundamental cuando se descubre que la situación del deterioro ambiental ha sido causada en buena medida por deficiencia en la aplicación de los controles normativos, por ser incompletos y en ocasiones inoperantes, dadas las condiciones reales prevalecientes en el país.

A continuación se presenta un marco general de dicha normatividad, es conveniente mencionar que únicamente se consideran los artículos e incisos relacionados con las actividades involucradas en la construcción y mantenimiento de superficies de rodamiento, específicamente para los pavimentos flexibles.

Con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Gaceta Ecológica, otoño, 1996), en el Título Primero. Disposiciones Generales, Capítulo IV Instrumentos de la Política Ambiental, Sección V. Evaluación del Impacto Ambiental, se establece en el Artículo 28, que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras o actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente, menciona las obras que están obligadas a realizar este procedimiento, entre las que se encuentran las vías generales de comunicación.

En el Artículo 30 de la misma Ley se plantea como requisito para obtener la autorización para la realización de una obra, presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental y el contenido mínimo de la misma. Asimismo se establece que deben presentarse informes sobre cualquier modificación al proyecto original.

En el Artículo 34 se establece que una vez que la SEMARNAT reciba una manifestación de impacto ambiental e integre el expediente correspondiente, pondrá ésta a disposición del público, con el fin de que pueda ser consultada por cualquier persona.

El Artículo 35, establece que una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la SEMARNAT iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de 10 días.

En el Artículo 35 Bis se marca que la Secretaría, dentro del plazo de 60 días contados a partir de la recepción de la manifestación de impacto ambiental, deberá emitir la resolución correspondiente.

La SEMARNAT podrá solicitar aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones al contenido de la manifestación de impacto ambiental que le sea presentada, suspendiéndose el término que restare para concluir el procedimiento. En ningún caso la suspensión podrá exceder el plazo de 60 días, contados a partir de que ésta sea declarada por la Secretaría, siempre y cuando le sea entregada la información requerida.

Excepcionalmente, cuando por la complejidad y las dimensiones de una obra o actividad la SEMARNAT requiera de un plazo mayor para su evaluación, éste se podrá ampliar hasta por 60 días adicionales, siempre que se justifique conforme a lo dispuesto en el reglamento de la presente Ley.

En el Título Segundo. Biodiversidad, Título Tercero. Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales, Capítulo II. Preservación y Aprovechamiento Sustentable del Suelo y sus Recursos. Según el Artículo 98, inciso VI, se considerarán, entre otros criterios, que la realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, debe incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

En el Artículo 99, fracción XI, se establece que los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo deberán aplicarse durante las actividades de extracción de materiales de subsuelo; la exploración, explotación, beneficios y aprovechamiento de sustancias minerales; las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales.

En el Capítulo III. De la Exploración y Explotación de los Recursos no Renovables en el Equilibrio Ecológico, Artículo 108, fracciones I, II y III, se establece que la SEMARNAT expedirá las normas oficiales mexicanas que permitan proteger los elementos naturales como suelos, flora, fauna silvestre, y agua, para prevenir y controlar los efectos adversos generados por la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico e integridad de los ecosistemas.

En el Título Cuarto. Protección al Ambiente, Capítulo II. Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, artículos 110 y 111 se establece que la SEMARNAT, en coordinación con otras instituciones como la Secretaría de Salud y la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, tiene la facultad de emitir las normas oficiales correspondientes para que establezcan la calidad ambiental de las distintas áreas, zonas o regiones del territorio nacional, con base en los valores de concentración máxima permisible para la salud pública de contaminantes en el ambiente, asimismo se establezcan por contaminante y por fuente de contaminación, los niveles máximos permisibles de emisión de olores, gases así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera provenientes de fuentes fijas y móviles.

En el Título Cuarto. Protección al Ambiente, Capítulo VI. Materiales y Residuos Peligrosos, Artículo 150, se establece que en la presente Ley, su Reglamento y Normas Oficiales que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación, se emitirá un listado de materiales y residuos peligrosos que contenga los criterios y listados que clasifiquen los materiales y residuos peligrosos identificándolos por su grado de peligrosidad y considerando sus características y volúmenes, así como la regulación del manejo de esos materiales y residuos según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, re-uso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

El Artículo 152. Bis establece que cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable para el predio o zona respectiva.

En el Capítulo VIII. Ruido, Vibraciones, Energía Térmica y Lumínica, Olores y Contaminación Visual, Artículo 155, se menciona que están prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas que para ese efecto expida la SEMARNAT, considerando los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes. Para evitar tal situación en la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.

Aún cuando las Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, aplican para centros de trabajo limitados a un área de trabajo en instalaciones como fábricas, talleres, entre otros, es útil considerar algunas muy específicas para mejorar las condiciones de seguridad de los trabajadores durante la construcción de carreteras, una de esas normas es la NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-005-STPS-1993. RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LOS CENTROS DE TRABAJO PARA EL ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANEJO DE SUSTANCIAS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES, en la cual se pide:

- ✓ Elaborar por escrito los procedimientos de seguridad para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles del centro de trabajo.
- ✓ Capacitar y adiestrar a los trabajadores en el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles del centro de trabajo.
- ✓ Dotar a los trabajadores del equipo de protección personal de acuerdo al riesgo específico.

Identificar las zonas de riesgo de incendio, tomando en consideración lo siguiente:

- a) Las características físicas y químicas de las sustancias.
- b) Los procesos y procedimientos de trabajo.
- c) Las instalaciones, maquinaria y equipo.
- d) Las temperaturas del medio ambiente laboral.
- e) Cantidad de sustancias inflamables y combustibles que se almacenen, transporten y manejen.

En los edificios o locales para el almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles, se debe evitar que estas sustancias puedan calentarse por exposición a fuentes naturales o artificiales de calor, así como la presencia de fuentes de ignición.

Otra norma a considerarse es la NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-017-STPS-1994. RELATIVA AL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL PARA LOS TRABAJADORES

EN LOS CENTROS DE TRABAJO, en la cual se establece que es necesario elaborar por escrito y conservar los estudios y análisis del riesgo para determinar el uso del equipo de protección personal.

Para la selección del equipo de protección personal deben considerarse las siguientes actividades:

- a) Establecer las características de acuerdo a los requerimientos del equipo de protección personal.
- b) Proporcionar a los trabajadores la capacitación y el adiestramiento necesario para el uso, limpieza, mantenimiento, limitaciones y almacenamiento del equipo de protección personal.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha emitido una serie de normas en las cuales describe de manera detallada los procedimientos para evaluar tanto la calidad de los materiales empleados en la construcción y mantenimiento como los procedimientos de construcción mismos, los documentos son muy extensos y para fines prácticos, el presente trabajo se limita a mencionarlas, aún cuando han sido empleadas para obtener información sobre algunos aspectos incluidos en éste, como por ejemplo, las condiciones normativas para elaboración de asfalto en planta y elaboración in situ.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes 1991. Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas. Subsecretaría de Infraestructura. Pavimentos I. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1992. Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas. Subsecretaría de Infraestructura. Pavimentos II, Tomo II. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1990. Normas para Construcción e Instalaciones. Carreteras y Aeropistas. Pavimentos. Subsecretaría de Infraestructura México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991. Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas. Subsecretaría de Infraestructura. Pavimentos II, Tomo I. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1994. Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras. Subsecretaría de Infraestructura. México, D.F.

Servicio de Obras Públicas, 1971. Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras Mexicanas. SCT. México, D.F.

## 7 IDENTIFICACION DE IMPACTOS

La identificación de los impactos ambientales es fundamental para incorporar cualquier proyecto a su entorno. Para lograr una adecuada identificación de los mismos existe una amplia gama de técnicas, que van desde las más simples, en las que se evalúa cualitativamente el grado de afectación generado, determinando los principales impactos (frecuentes y/o importantes), hasta las de mayor complejidad, donde se evalúan los impactos cuantitativamente en función de factores como antecedentes de otros estudios, investigaciones específicas y principalmente la experiencia de los evaluadores del impacto. Cualquier técnica que se emplee debe considerar básicamente el entorno ambiental donde se pretende insertar el proyecto y las características del mismo. La finalidad ideal que se persigue al aplicar las técnicas de análisis es cubrir las tres etapas del estudio: identificación, predicción y evaluación. En la Tabla 7.1 se describe cada una de estas etapas y su función analítica.

**Tabla 7.1 Etapas de un estudio de impacto ambiental**

ETAPA	FUNCION ANALITICA	DESCRIPCION
Identificación	Descripción del sistema ambiental existente. Determinación de los componentes del proyecto. Definición de las alteraciones del medio causadas por el proyecto (incluyendo todos los componentes).	Consiste en identificar separadamente las actividades del proyecto que podrían provocar impactos sobre el ambiente en las etapas de selección y preparación del sitio; construcción, operación y mantenimiento; y abandono al término de la vida útil. Asimismo se identifican los factores ambientales y sus atributos que se verían afectados.
Predicción	Estimación de las alteraciones ambientales significativas. Evaluación del cambio de la probabilidad de que ocurra el impacto.	Consiste en predecir la naturaleza y extensión de los impactos ambientales de las actividades identificadas. En esta fase se requiere cuantificar con indicadores efectivos el significado de los impactos.
Evaluación	Determinación de costos y beneficios en los grupos de usuarios y en la población afectada por el proyecto. Especificación y comparación de relaciones costo/beneficio entre varias alternativas.	Consiste en evaluar los impactos ambientales cuantitativa y cualitativamente. De hecho, la política de estudiar los efectos en el ambiente carecería de utilidad si no se contara con una determinación cualitativa y cuantitativa de los impactos

## 7.1 Técnicas de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

En la Tabla 7.2 se describen las técnicas de identificación de impactos más frecuentemente utilizadas en proyectos carreteros, así como algunas otras que pueden apoyar de manera importante en el establecimiento de nuevos factores a considerar en dichas evaluaciones.

**Tabla 7.2 Técnicas para identificar, predecir y evaluar impactos ambientales**

TECNICA	DESCRIPCION
Procedimientos pragmáticos	Comité interdisciplinario de especialistas
Listados	Lista estandarizada de impactos asociados con el tipo de proyecto.
Matrices	Listas generalizadas de las posibles actividades de un proyecto y de los factores ambientales afectados por más de una acción.
Redes	Trazado de ligas causales.
Modelos	Conceptuales.- Describe las relaciones entre las partes del sistema. Matemático.- Modelo conceptual cuantitativo. Simulación en computadora.- Representación dinámica del sistema.
Sobreposiciones	Evaluación visual de la capacidad ecológica anterior y posterior al proyecto.
Procedimiento adaptativo	Combinación de varias técnicas.

A continuación se describen brevemente las técnicas de identificación de impactos utilizadas más frecuentemente de acuerdo con la literatura sobre el tema y con base en la revisión de las Manifestaciones de Impacto Ambiental para proyectos carreteros consultados para la realización del presente documento.

### 7.1.1 Procedimiento pragmático o métodos Ad hoc

Consiste en integrar un grupo de especialistas en diferentes disciplinas para identificar impactos en sus áreas de especialidad (por ejemplo: flora, fauna, contaminación, aspectos económicos), buscando satisfacer los requerimientos de la legislación

ambiental vigente en el sitio del estudio, referentes a la evaluación de impactos. En esta metodología no se definen parámetros específicos que deben ser investigados ni se realiza una evaluación formal de la magnitud de los impactos, parten del conocimiento y experiencia del equipo realizador del estudio, que le permite identificar las distintas alteraciones analizando el efecto que cada acción del proyecto ocasiona sobre cada elemento del medio.

### **7.1.2 Listas de chequeo**

En esta técnica se parte de una lista maestra de factores ambientales y/o impactos, seleccionándose y evaluándose aquellos esperados para el proyecto y sus acciones específicas. Este tipo de listas se elabora con un criterio interdisciplinario para identificar las acciones del proyecto que puedan causar impactos significativos, no relevantes o sin interés. Los listados pueden complementarse con instrucciones de la forma de presentar y usar los datos además de inclusión de criterios explícitos para cuantificar estos impactos o identificar interacciones secundarias o terciarias.

Son listas en las que se recogen los posibles impactos que de forma general pueden derivarse de una acción concreta. La ventaja principal de estas listas es que ayudan a contemplar todo el conjunto de efectos de forma sintética. En cuanto a los problemas que presentan derivan de que pueden ser muy generales o estar incompletas; no muestran interacciones entre los impactos; puede ocurrir que en algunos casos el mismo impacto se recoja bajo varios encabezamientos; la identificación de los efectos es cualitativa y no recogen la probabilidad de que ocurra el impacto señalado.

### **7.1.3 Matrices causa - efecto**

Las listas de posibles impactos de una acción se convirtieron en listas o matrices de doble entrada, en las que en el segundo de los ejes se compone considerando las

acciones parciales que la realización del proyecto exige. Las matrices pueden ser utilizadas, al igual que las listas de chequeo, únicamente para identificar los impactos, o también para evaluar los impactos.

Las matrices de doble entrada presentan los mismos problemas que las listas de chequeo, ya que en esencia son un conjunto de listas para diferentes acciones.

Para paliar algunos de los problemas que se presentan en las matrices causa-efecto, como el de no mostrar las relaciones existentes entre los diferentes impactos, diversos autores han indicado variaciones a estas matrices, en las que ponen de manifiesto las interacciones, llamando a éstas matrices de interacción. En estas matrices se enfrenta una lista de aspectos del medio que resultarán alterados resaltando los casos de interacciones.

#### **7.1.4 Redes de interconexión**

Identifican los impactos poniendo de manifiesto no sólo los efectos directos sino también los indirectos y las relaciones de unos efectos con otros. Se suelen presentar estas relaciones de una forma gráfica mediante líneas de interconexión entre unos efectos y otros, componiendo de esta forma una red o malla de la que deriva su denominación genérica.

### **7.2 Técnicas Complementarias**

Entre las diversas metodologías para la evaluación del impacto ambiental desarrolladas en los últimos años, se distinguen las siguientes cinco que se aplican de acuerdo con la información disponible y las necesidades de cada caso: 1) gráfica, 2) mapas digitales, 3) modelos, 4) matrices y 5) contabilidad social.

Debe aclararse que cualquiera de estas metodologías solamente ayuda a tomar decisiones planteando, jerarquizando y estructurando las opciones disponibles y las consecuencias de cada acción, y que la solución depende fundamentalmente de la sensibilidad, intuición y criterio de los evaluadores. Por esta razón, el perfil profesional y la experiencia del evaluador debe estar de acuerdo con el tipo de proyecto a analizar, así como la confrontación de sus evaluaciones con expertos en otras disciplinas; es decir, mesas de trabajo interdisciplinarias.

### **7.2.1 Método gráfico**

Uno de los métodos usuales para superar las limitaciones de los análisis tradicionales de evaluación es el gráfico, que permite introducir nuevos elementos en el proceso de selección de la ruta, como son: la conservación de los recursos naturales, la preservación del paisaje, la protección de los diversos tipos de uso del suelo, la cohesión de las comunidades y la prevención contra diversas formas de contaminación, entre otros.

El método es simple, directo, totalmente gráfico y requiere solamente análisis visual. Se basa en el manejo de información distribuida en dos columnas: en una se consignan las diversas clases de beneficios y ahorros derivados del proyecto, tanto monetarios como no monetarios y en la otra, coincidiendo con cada una de dichas clases, se encuentran los costos, que complementan la estructura de la relación beneficio-costos.

Cada variable afectada por la construcción del camino, como la cohesión de la comunidad o de la calidad del paisaje, y cada variable que afecta la construcción del camino, como la topografía desfavorable o la falta de materiales de construcción, se presenta por separado en un mapa básico, dibujado en color gris y con el tono más oscuro, las áreas en donde se registran los valores más altos o los costos más elevados, reduciendo progresivamente el tono, conforme los valores o los costos

decrecen, hasta llegar al color blanco en las áreas en donde los valores son mínimos o se incurre en los menores costos. La graduación y los sistemas de medida cambian de una variable a otra a juicio del evaluador. Desde luego, el sistema de medida de cada variable debe determinarse con toda claridad a fin de que sea significativa para otras personas que consulten los mapas.

En general, el análisis debe realizarse considerando sólo tres categorías: alta, intermedia y baja. Por ejemplo, en el mapa de áreas de pendientes del terreno, las categorías pueden ser: 1) mayores de 10 por ciento, 2) entre 10 y 2.5 por ciento y 3) menores de 2.5 por ciento. En el caso de drenaje natural, las categorías de las áreas pueden ser: a) ríos, arroyos, lagos, lagunas, etc. b) cauces y zonas de drenaje natural y c) libre de aguas superficiales y rasgos pronunciados de drenaje. En cuanto al mapa de calidad de paisaje podrían mostrarse las zonas: 1) gran valor escénico, 2) ciertos elementos escénicos y 3) urbanizados con reducido valor escénico.

Después de preparados los mapas se sobreponen formando un mapa compuesto que tiene áreas sombreadas en diferentes tonos, dependiendo de los tonos de todos los componentes, correspondiendo las áreas con tonos más claros a las de menor costo social. Este mapa compuesto permite analizar las diferentes opciones de ruta previamente consideradas o generar una nueva ruta a través de las áreas más claras del mapa. Las ventajas del método radican en su simplicidad, que facilita el análisis preliminar del problema y permite comparar opciones en forma cualitativa y aproximada.

### **7.2.2 Método de mapas digitales**

Este método, también es de aplicación corriente en problemas de evaluación ambiental, no es más que una versión mecanizada del método gráfico destinada a superar algunas de las limitaciones de éste por medio del cómputo. Además de representarse

en mapas y exponerse en forma desplegada, la información recabada por este método se codifica en formas continuas para alimentar a la computadora. De esta manera es posible formar mapas digitales de cada uno de los factores que se están analizando y producir automáticamente, por medio de la computadora, un plano compuesto que sustituye con ventaja al resultante de las sobreposiciones manuales del método gráfico.

### **7.2.3 Método de modelos de uso del terreno**

Una de las respuestas a las limitaciones que presentan las técnicas de investigación del impacto ambiental por medio de mapas, es el avance que se ha logrado aplicando el método de modelos de uso del terreno.

En los modelos de evaluación del uso del terreno se investigan y estructuran las interacciones entre los propios usos del terreno, los aspectos bióticos, las actividades económicas, la infraestructura existente, las políticas de desarrollo y los proyectos, para tratar de reproducir las condiciones reales. En un modelo correctamente complementado pueden hacerse simulaciones para probar los cambios que ocurren en el sistema y detectar los impactos que producirían las opciones en estudio. Si se introduce en el modelo el factor tiempo, es posible observar la dinámica de los cambios. Para la asignación de los valores alternativos del impacto, se han desarrollado algunos métodos específicos de las mismas suposiciones y los agregados que aparecen en el caso de los análisis costo – beneficio.

Un método ilustrativo por sus alcances, es la evaluación de las alternativas de alineamiento de una carretera, realizado por el Instituto de Ecología de Georgia en Estados Unidos, mediante 56 componentes ambientales. En este método se usan también índices normalizados a fin de deducir un índice agregado para cada una de las alternativas consideradas. La principal diferencia entre ambos métodos consiste en que en este se usan valores grabados a corto y largo plazo para cada uno de los impactos

pronosticados (por ejemplo, la eliminación de una determinada área de coníferas a lo largo del alineamiento). Además, cada una de las estimaciones comprende la definición de un error estimado para los diferentes factores, a fin de aumentar la precisión de las alternativas.

Este método tiene como principal propósito producir un índice agregado de impacto ambiental único para cada alternativa a fin de poder compararlas. En el proceso de generación de este índice agregado, no se definen muchas de las más importantes cuestiones concernientes al peso relativo asignado a las variables incluidas en el análisis y a los métodos de pronóstico de los valores determinados. Los valores seleccionados para gravar cada uno de los factores ambientales, fueron determinados mediante debates entre los grupos interdisciplinarios respectivos; pero las memorias no aclaran si los valores finalmente recomendados son el resultado de un consenso de los propios grupos de estudio, ni cómo fueron resueltos los desacuerdos sobre los valores relativos de estos factores, con la circunstancia de que la parte más importante de estos métodos es precisamente la deducción del índice agregado, por el significado que este valor tiene en el conjunto.

Otro problema resultante de la aplicación de estos métodos, es la utilidad práctica que pueda tener un índice agregado, tanto para representar el valor total del impacto que resultará de un proyecto, como para facilitar la evaluación de alternativas en el proceso de toma de decisiones. En todos los casos, resulta dudoso que un solo índice proporcione mejor percepción de la naturaleza interna de un proyecto que la relación costo – beneficio. Por otra parte, este índice tiende claramente a ocultar los impactos que pueden ser especialmente significativos dentro del medio ambiente en que se propone el proyecto. En esta forma, ningún método proporcionará suficiente información al personal que toma decisiones, para determinar los impactos ambientales característicos que debe considerar para cada alternativa del proyecto.

Finalmente, conviene mencionar el método de evaluación desarrollado por la Atomic Energy Comisión de los Estados Unidos de América, para plantas de energía nuclear. Después de presentar una lista de confrontación de factores específicos que deben ser tomados en cuenta, propone para cada factor (por ejemplo, preparación del sitio) la población y los recursos afectados (los habitantes, la vida silvestre, el suelo); una descripción del efecto (por ejemplo, deterioro de la calidad deseable del ambiente debido al ruido y a las actividades constructivas); la unidad de medida del impacto (hectáreas, visitantes por año, etcétera). También propone métodos para calcular un indicador del impacto (por ejemplo, estimación del número de residencias, escuelas, hospitales, comprendidos en el área de impacto visual o auditivo). Debido a que este método es explícito acerca de las medidas cuantitativas que deben utilizarse para valuar los impactos y métodos que deben usarse para calcular estos indicadores, proporciona un medio de intercomunicación en el ámbito técnico entre los profesionales que realizan actividades concernientes a los impactos de los proyectos. El formato de resumen que se utiliza en este método también facilita la comparación directa de alternativas para un gran número de consideraciones técnicas. Este método no prevé el agregado de impactos, pero combinado con otro enfoque puede sentar las bases para emprender los procesos de revisión.

#### **7.2.4 Métodos de pronóstico**

Los métodos de pronóstico aplicables en la determinación de los valores de impacto en el medio, están sujetos a las limitaciones de los avances tecnológicos en la materia. Por esta razón, es práctica frecuente el recurrir a la experiencia, al criterio profesional o al razonamiento intuitivo para prever y pronosticar los impactos de los proyectos en el ambiente.

Los modelos matemáticos de simulación, que se usan en forma sistemática en otra clase de problemas, son incipientes en la valoración del impacto en el ambiente, debido

principalmente a la escasez de información confiable y de expertos en la materia, problema generalizado en prácticamente todos los países. Por lo que se refiere a los análisis cuantitativos, se reducen en la mayoría de los casos a simples presentaciones de listas estadísticas. En cuanto al uso de datos cuantitativos, se aplica con mayor frecuencia a las explotaciones de situaciones supuestamente análogas, basadas en condiciones que se presumen similares. El análisis basado en las relaciones funcionales de causa-efecto, que se establecen entre los factores ambientales en situaciones análogas, teniendo como requisito una similitud de condiciones y complementado con investigaciones suplementarias en el terreno, puede ser el medio más adecuado para pronosticar el impacto en muchas zonas del país.

Por lo que se refiere a medir y poner a escala los impactos ambientales, aunque probablemente es una de las operaciones fundamentales de su valorización, no se le ha concedido la importancia que merece. Las listas de confrontación de factores ambientales, que se han venido mencionando, solamente sirven de ayuda para definir el alcance de las consideraciones que se hacen con el objeto de asignar un valor numérico al probable daño. El problema fundamental de medir y poner a escala los impactos ambientales, es el de definir los métodos que se aplicarán para comparar el medio ambiental con y sin el proyecto. En la mayor parte de los análisis se supone equivocadamente que las condiciones ambientales existentes constituyen el origen de medida de los impactos del proyecto, sin tomar en cuenta que las condiciones del medio son eminentemente dinámicas. Del examen de juegos de fotografías o del análisis de series históricas de datos, es posible deducir que las condiciones ambientales están cambiando continuamente y que en la mayoría de las regiones el ambiente seguirá sufriendo alteraciones aún sin el proyecto.

La precisión y la confiabilidad de la respuesta del impacto ambiental pronosticado son problemas que están empezando a recibir atención en algunas investigaciones sobre la materia. Los análisis estadísticos que se realizan para confirmar los valores

pronosticados y la estimación de la probabilidad de que el impacto ocurra, son medidas que podrían incluirse como valores anexos del impacto pronosticado.

### **7.3 Criterios de Selección de Métodos**

En principio, todos los métodos han sido elaborados para aplicarse en sociedades con niveles de desarrollo distintos al de México, y por consiguiente con diferentes lineamientos que norman la selección de planes, proyectos y programas de desarrollo. Lo anterior implica, el adaptar los métodos elaborados en otros países, para seleccionar una técnica propia que permita un análisis objetivo del impacto ambiental de los proyectos, enmarcada dentro de los objetivos de desarrollo del país.

El uso de un método para el análisis de los impactos ambientales, depende del criterio del responsable de dicho análisis y de las necesidades específicas del proyecto en cuestión. Para realizar la selección de métodos se han desarrollado criterios que pueden servir de base para la elaboración de la evaluación de impacto ambiental, como son:

*Integridad.* El método seleccionado debe comprender todas las alternativas, y puntos de vista significativos. Sin un enfoque integral es casi seguro que las decisiones no sean óptimas.

*Aplicabilidad.* El método debe de ser simple para ser aprendido y aplicado por un grupo pequeño con conocimientos limitados, con un presupuesto reducido y en un corto tiempo, si así se requiere.

*Descriptibilidad.* Los resultados y conclusiones obtenidas deben permitir la visualización del problema y sus soluciones de tal manera que permitan el entendimiento y confianza del público y aseguren su participación.

*Ampliabilidad.* Debe permitir la evaluación preliminar de alternativas y ser fácilmente ampliable para proporcionar mayor detalle en aspectos clave.

*Aspectos relevantes.* La técnica debe incluir un informe explícito de todos los aspectos relevantes, sistemáticamente ordenados y ponderados para reflejar su importancia relativa.

*Sistema único.* El método debe reflejar un entendimiento del sistema ambiental socioeconómico como un todo y las principales interrelaciones entre los diversos factores.

*Discriminación de efectos.* El método debe reflejar cambios que ocurrirían en el futuro “sin el proyecto” y “con el proyecto”; además debe permitir la cuantificación de la diferencia entre conjuntos de alternativas.

*Uniformidad.* Diversos factores son medidos convencionalmente con una amplia variedad de unidades objetivas y subjetivas (pesos, biomasa, días de recreación, bueno - malo, empleos, etc.). Es recomendable emplear medios para transformar estas mediciones en unidades uniformes como un elemento para facilitar la comparación.

*Sistematización de información.* La factibilidad para recabar y alimentar la información requerida por un método es un criterio clave para la implantación exitosa de cualquier modelo.

## **8 SELECCION DE TECNICAS, DETERMINACION DE IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION**

A continuación se presentan las técnicas utilizadas para la determinación de los impactos ambientales para este trabajo, así como los impactos detectados y sus medidas de mitigación.

### **8.1. Selección de las Técnicas más Apropriadas**

De las técnicas revisadas anteriormente se determinó que las más apropiadas para la evaluación del impacto ambiental en proyectos carreteros son:

- Método de matrices
- Sobreposición de mapas

Ambas técnicas son apropiadas pero debido a que para este trabajo no se considera un proyecto en particular no es posible aplicar la técnica de sobreposición de mapas por tanto se considero para evaluar los impactos que no estaban incluidos en los estudios de impacto ambiental que se analizaron el método de Matrices de Interacción.

Para realizar la evaluación de impactos mediante el método de matrices se utilizó la técnica de lista de comprobación, de la que se partió para elaborar la matriz, ya que es un método sencillo que permite identificar y delimitar los aspectos a analizar en el proyecto y el entorno, facilitando la evaluación de los impactos, aunque por si misma no es suficiente, por lo que se utiliza combinada con la técnica de matrices.

Los factores que se consideraron en las listas son básicamente de dos tipos:

Lista de los factores del medio ambiente que pueden ser la base para un inventario o recopilación de información de un proyecto.

- ◆ Lista de actividades del proyecto que generarán un impacto en el ambiente.

A continuación se presentan las listas de chequeo elaboradas para la evaluación de impactos producidos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles.

### **Lista de Chequeo de los factores del medio ambiente**

#### **Medio biótico**

- Degradación de la vegetación en el medio circundante
- Modificación del Hábitat.
- Disminución de la abundancia de la fauna
- Alteración del patrón de distribución de la fauna
- Afectación de las especies acuáticas

#### **Medio físico**

- Erosión
- Arrastre
- Sedimentación
- Alteración del drenaje natural
- Modificación del flujo del agua
- Contaminación del aire con gases y polvo
- Contaminación de las corrientes con acarreos
- Contaminación del suelo

- Vibraciones y choques

### **Medio humano**

- Modificación de la estructura urbana de los centros de población
- Aislamiento vial de subcentros urbanos
- Fraccionamiento de las comunidades
- Conflictos sociales
- Accidentes

### **Calidad del Paisaje**

- Perturbación del paisaje natural
- Deterioro de sitios de interés histórico
- Obstrucción de ángulos visuales
- Ruido
- Basura

### **Lista de actividades del proyecto que generan impactos al ambiente**

- Bancos de Material
- Preparación de la Mezcla
- Barrido
- Riego de liga
- Extensión de material pétreo
- Riego de material asfáltico
- Compactación
- Corte
- Riego de Sello

- Apertura al público
- Señalización
- Mantenimiento

Es importante aclarar que aún cuando los bancos de material no son parte propiamente de la construcción y conservación de las superficies de rodamiento, se involucraron en la evaluación debido a que proveen del material básico para el desarrollo de las actividades

Con base en los factores definidos en la lista de verificación se elaboró la matriz de interacción que se presenta como la Tabla 8.1. Cabe señalar de manera particular, que el método de matrices se aplica comúnmente para identificar los impactos que producirían el camino y sus obras complementarias en el ambiente y para evaluar su intensidad a fin de seleccionar la opción más adecuada para mitigar dicho impacto de ser posible la mitigación.

Las matrices pueden considerarse como listas de confrontación de dos dimensiones y constituyen el primer paso para definir sistemáticamente las interrelaciones entre los elementos. Estas interrelaciones, que pueden no ser obvias durante los procesos iniciales de valoración del camino o del ambiente en que se alojará, comprenden relaciones de 3 tipos:

- Relaciones causa-efecto, por ejemplo, sistemas de drenaje-modificación de hábitat.
- Relaciones entre los factores de deterioro del medio, por ejemplo, modificación del flujo del agua-degradación de la vegetación.
- Relaciones entre las obras que componen el proyecto, por ejemplo, terracerías-sistemas de drenaje.

Una matriz puede ayudar muy eficazmente a identificar los tipos de interacciones, así como a establecer el posible rango de los resultados de cualquier acción específica. Del

mismo modo, también puede ser útil para predecir con un mejor conocimiento del medio, aún sin ninguna acción a realizar.

**Tabla 8.1 Matriz de interacción**

MATRIZ DE INTERACCIÓN DE IMPACTOS CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.																		
<b>SIMBOLOGÍA</b>  <b>IMPACTO ADVERSO</b> <b>IMPACTO BENEFICO</b>  NS No Significativo PS Poco Significativo S Significativo				CONSTRUCCIÓN							OPERACIÓN		MANTENIMIENTO					
				FANCO DE MATERIAL	ELABORACIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO	BARRIDO	RIEGO DE LIGA	EXTENDIDO DE MATERIAL PÉTREO	RIEGO DE MATERIAL ASFÁLTICO	MEZCLADO	TENDIDO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	COMPACTACIÓN	CORTE	RIEGO DE SELLO	APERTURA AL PÚBLICO	SEÑALIZACIÓN	BACHEO Y REMINERACIÓN	LIMPIEZA
FACTORES AMBIENTALES	FÍSICOS	CLIMA	MICROCLIMA	S														
		AIRE	CALIDAD	S	S	PS	PS	PS	PS						PS			
		SUELO	FERTILIDAD	S														
			CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	S														
		ERODABILIDAD		S														
				S														
		AGUA SUPERFICIAL	PATRÓN DE DRENAJE	S				PS	PS									
			CALIDAD DEL AGUA	S												NS		
		AGUA SUBTERRÁNEA	RECARGA DE ACUÍFEROS	S				PS	PS									
			CALIDAD DEL AGUA	S														
	DINAMICA GEOMORFOLÓGICA	PROCESOS GEOMÓRFICOS	S															
		RELIEVE	S															
	BIOLÓGICOS	VEGETACIÓN	DENSIDAD	S														
			ABUNDANCIA	S														
			DISTRIBUCIÓN	S														
		FAUNA	HABITAT	S														
			DIVERSIDAD	PS				PS	PS									
			ABUNDANCIA	PS				PS	PS				PS					
			INTERRELACIÓN DE LAS POBLACIONES	PS				S	S				S					
		SOCI ECONOMICOS	HABITAT	PS														
EMPLEO			PS	PS	NS	NS	NS	NS			PS			PS	NS			
CALIDAD DE VIDA			PS				S	S			S				NS	S		
SOCI ECONOMICOS	ASPECTO VISUAL	S				S	S			S			S					
	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS					S	S			S			S	NS				
	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	PS				S	S			S			PS					
	EFFECTOS A LA SALUD	PS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS		NS	NS				

Para determinar la importancia relativa de cada uno de los impactos ambientales, puede usarse un procedimiento de comparación, valorizando estos factores en una graduación de 1 a 10, en términos de magnitud (escala del efecto ambiental) e importancia (estimada a juicio del evaluador), aunque este procedimiento presenta

problemas para la unificación de criterios y las estimaciones tienen cierto carácter subjetivo, permite identificar los factores de deterioro más significativos, que corresponden a los valores más altos en la escala. En realidad, esta es la aplicación más importante que puede hacerse del análisis de los impactos ambientales por medio de matrices.

Para el presente estudio se establecieron en la Tabla 8.2 los criterios de magnitud, importancia y duración para realizar una evaluación jerarquizando los impactos generados durante la construcción y conservación de la superficie de rodamiento.

**Tabla 8.2 Criterios para evaluación de impactos**

<b>SIGNIFICANCIA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
No significativo	Los impactos al ambiente y las poblaciones no alteran las funciones normales de ningún sistema ambiental de manera que tenga consecuencias visibles o permanentes.
Poco Significativo	Los impactos al ambiente y poblaciones pueden ser temporales (durante el tiempo que duren las actividades involucradas en el proyecto). Local, si sólo abarca el área del proyecto y es reversible; es decir, que se pueden recuperar las condiciones iniciales en el área en un periodo de tiempo menor a un año.
Significativo	Los impactos al ambiente y las poblaciones son permanentes o mayores de un año, el efecto es local o regional; es decir, pudiera abarcar el área del proyecto, la región fisiográfica o cuenca. Además, es irreversible (no es posible recuperar las condiciones iniciales prevalecientes).
<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Adverso	El impacto va en detrimento de la calidad ambiental o en perjuicio de la población.
Benéfico	El impacto favorece la calidad del ambiente o la calidad de vida de la población

El uso del método de matrices simples de dos dimensiones ofrece algunos inconvenientes, especialmente que el formato no permite representar las interacciones sinérgicas que ocurren en el ambiente, ni tomar en cuenta los efectos indirectos o secundarios que se presentan con frecuencia en los proyectos. Una modificación de este método resuelve el problema de mostrar las diferentes clases de información, incluyendo varios elementos en un solo formato; por ejemplo, uso de recursos, acción generada (corte), cambios iniciales y subsecuentes en las condiciones del medio (erosión, incremento de la carga de sólidos en las corrientes) y efectos probables (variaciones poblacionales de la fauna).

En realidad, ninguna técnica o metodología para la identificación de impactos es completamente adecuada, ya que su utilidad depende de las condiciones ambientales del sitio y de las particularidades del proyecto a evaluar. Aunado a esto, siempre se requiere de la opinión de los integrantes del equipo evaluador que tendrá que ser multidisciplinario. Por ello es recomendable la aplicación de dos o más metodologías que realicen una combinación de técnicas, lo cual es lo más apropiado.

## **8.2 Impactos Generados y Medidas de Mitigación**

La mayoría de los impactos, y los más adversos, son generados durante las etapas previas a la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de la carretera, en las cuales se abre y limpia el trazo correspondiente al derecho de vía y se construye el cuerpo de la carretera, por tanto cuando se realiza un estudio de impacto ambiental de carreteras las etapas de construcción y conservación de la superficie de rodamiento no son consideradas dentro de las actividades impactantes y los impactos detectados son generalmente muy escasos y poco significativos. En el presente trabajo, el cual se ha centrado en analizar los impactos generados en estas etapas finales de la construcción de carreteras, se han identificado pocos impactos, algunos de los cuales tienen su origen desde la construcción del cuerpo de la carretera y se ven reafirmados

cuando se tiene la superficie de rodamiento y se pone en operación. A continuación se describe cada impacto identificado con base en la lista de chequeo y la matriz de impactos de acuerdo a la etapa en que se presentan, la actividad que los genera y las medidas de mitigación correspondientes, en los casos que los impactos no sean mitigables se plantea la medida compensatoria que puede implementarse.

**Etapas:** CONSTRUCCION

**Actividad:** Aprovechamiento de bancos de material.

**Impacto:** Disminución de la calidad del aire.

**Descripción:** Durante el aprovechamiento de los bancos de material se realizan actividades tales como: excavaciones, selección de agregados dependiendo del tipo de material, carga de los camiones con el material y transporte a la planta u obra. Todas esas actividades generan partículas sólidas suspendidas que se incorporan al aire formando nubes de polvo y tolvánicas, que pueden tener un radio de afectación muy variable dependiendo de las condiciones climatológicas. Asimismo, los vehículos que transportan el material, emiten gases producto de una combustión incompleta como CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, principalmente, los cuales se precipitan al suelo con la lluvia (afectando sus propiedades químicas) o son absorbidos directamente por los organismos ocasionando enfermedades. Las zonas más afectadas son aquellas donde la cubierta vegetal es escasa o muy dispersa como zonas áridas o semiáridas donde es fácilmente arrastrado el suelo por la acción del viento. Es un impacto adverso ya que disminuye la calidad del aire y es poco significativo porque son efectos temporales que duran el mismo tiempo que el aprovechamiento del banco de material.

**Mitigación:** Localizar los bancos de materiales cercanos al proyecto carretero y evaluar la conveniencia (técnica-económica) de obtener los agregados que se necesitan para la construcción de la carpeta asfáltica. En caso que la evaluación no sea favorable para abastecerse de bancos comerciales, los bancos de materiales requeridos para la carpeta asfáltica, se deberán ubicar involucrando otros criterios además de los técnicos para su explotación. Estudios precisos sobre geología, climas, factores bióticos y socioeconómicos, que permitan plantear acciones para disminuir la erosión, minimizar la alteración del medio a través del transporte de partículas por viento, afectaciones a comunidades animales o vegetales frágiles o bajo protección, así como considerar las distancias con respecto a las poblaciones evitando afectaciones a la misma y minimizar gastos de transporte.

Por otra parte, es recomendable mantener el material cubierto con lonas húmedas durante el transporte para evitar que sea arrastrado por el viento. Al ubicar cerca los bancos de material de las obras o plantas de producción se disminuye el tiempo de transporte y en consecuencia las emisiones a la atmósfera, además de favorecer la disminución de emisiones contaminantes producidas por combustión incompleta, en donde también es necesario contar con un programa de mantenimiento de todos los vehículos.

**Impacto:** Incremento de ruido laboral y ambiental.

**Descripción:** Las actividades desarrolladas en el banco de materiales involucran un movimiento constante de maquinaria pesada, camiones de carga, personal y la operación de trituradoras, lo que genera niveles de ruido altos y variables. Este ruido ahuyenta a la fauna y en algunos casos ocasiona problemas de salud como sordera temporal o permanente si existe exposición prolongada a esos niveles de ruido. Asimismo, si una población cercana se encuentra expuesta a niveles de ruido altos,

puede sufrir estrés u otras alteraciones sicosomáticas relacionadas con el ruido. A este impacto se le identificó como adverso poco significativo porque es un impacto temporal e intermitente.

Por otra parte, al construir la carpeta asfáltica se inicia el tránsito por la vía carretera, situación que genera, entre otras cosas, niveles de ruido cuya intensidad tendrá aproximadamente un máximo de 88 decibeles a una distancia de 15 metros. El impacto es adverso poco significativo, debido a que deteriora la calidad del ambiente en un radio de afectación únicamente local e intermitente, pero su permanencia es indefinida ya que tiene una relación directa con la vida útil de la carretera.

**Mitigación:** El mantenimiento de la maquinaria y vehículos es el único medio para minimizar la generación de niveles altos de ruido y proveer a los trabajadores de equipo de seguridad adecuado, específicamente tapones para los oídos (SNR 30). Otro factor que podría ayudar es la ubicación de los bancos de material alejados de los centros de población.

**Impacto:** Disminución en la calidad del suelo e incremento en la erodabilidad.

**Descripción:** En muchos casos la superficie agrícola del suelo es retirada en su totalidad durante el aprovechamiento de los bancos de material, por tanto sus características físicas como estructura, espacio poroso, densidad, entre otras, se pierden. Al mismo tiempo al separarlo de su cubierta vegetal y acumularlo en montículo o dispuesto en otras áreas es lavado por la lluvia, lo cual disminuye su fertilidad principalmente porque ya no cuenta con la cubierta vegetal, además es arrastrado más fácilmente por la misma lluvia y viento erosionándose rápidamente. Por otro lado, la superficie que ha sido despojada de la cubierta vegetal y de la capa superficial del suelo, deja al descubierto el material litológico profundo convirtiéndolo en material

fácilmente erosionable por la acción del viento y el agua. Este impacto es adverso significativo debido a que la recuperación total del sitio llevará varios años para el establecimiento de las primeras etapas de la sucesión ecológica de la vegetación, y varios cientos de años para el desarrollo de un horizonte orgánico de suelo.

**Mitigación:** El suelo agrícola que se elimina de los bancos de materiales se puede utilizar para establecer áreas verdes alrededor del banco de material, en los camellones de la carretera o asignarse a un lugar específico donde se favorezca el desarrollo de la vegetación temporalmente para reutilizarlo en la recuperación del área del banco de material una vez que se ha terminado su aprovechamiento, y evitar que esta área se erosione o se produzca un cambio de uso de suelo.

**Impacto:** Modificación de la calidad del agua de los acuíferos.

**Descripción:** Durante el aprovechamiento del banco de material se favorece la lixiviación de sustancias como hidrocarburos, aceites, residuos orgánicos generados por los trabajadores, entre otros, hacia el manto freático contaminando el acuífero, por otro lado la ausencia de vegetación en esa zona provocará cambios en el microclima, si el área es muy extensa y cubierta por una comunidad arbórea bien establecida, los cambios pueden ser mesoclimáticos provocando variaciones en la recarga de los acuíferos por alteración de los ciclos hidrológicos, por tanto el impacto generado es adverso significativo, con base en que para recuperar el ecosistema original se requerirán varios años y un gran esfuerzo perfectamente planeado.

**Mitigación:** Programar la rehabilitación de la zona inmediatamente después de que se termine el aprovechamiento del banco de material, procurando la utilización de suelo y vegetación de la región y evitando derrames de sustancias como combustibles, aceites o aditivos necesarios para maquinarias y equipos empleados, por lo que es necesario

destinar sitios específicos para el almacenamiento de estas sustancias en donde se cuente con materiales impermeables en el suelo que eviten su infiltración.

**Impacto:** Afectaciones a la salud.

**Descripción:** Las partículas sólidas suspendidas en el aire por la actividad de aprovechamiento de bancos de material quedan disponibles para ser ingeridas a través del sistema respiratorio y digestivo, provocando generalmente enfermedades respiratorias que pueden ser desde un flujo continuo de mucosidad hasta llegar a favorecer la aparición de asma, debido a la acumulación de partículas de polvo en las vías respiratorias y membranas pulmonares, de esto pueden derivar gastos médicos y pensiones por enfermedad. El impacto generado es adverso poco significativo, debido a que la población expuesta es en su mayoría personal que labora en la obra y cuenta con equipo de seguridad.

**Mitigación:** Ubicar los bancos de materiales alejados de centros de población y suministrar al personal el equipo de protección, por ejemplo goggles, mascarilla, casco y guantes, necesario para realizar su trabajo minimizando riesgos de enfermedades.

**Impacto:** Modificación del microclima.

**Descripción:** Las alteraciones sobre el microclima son de dos tipos, el primero es el cambio climático en los alrededores del banco de material debidos a la eliminación de la cubierta vegetal en el sitio de aprovechamiento y el aplastamiento de las plantas de los alrededor por el paso del personal e instalación y operación de maquinaria y equipo. Este efecto es más grave en zonas con cubierta vegetal especial como los bosques y selvas, donde la vegetación es homogénea y abundante. El impacto es adverso

significativo, debido a que se genera un deterioro del ambiente en la zona del banco y por otro lado puede ser irreversible; es decir, que no es posible recuperar las condiciones iniciales del sitio.

**Mitigación:** Elaborar programas de restauración donde se incluyan actividades como preservar la capa agrícola del suelo y la vegetación nativa que sea posible para utilizarla al terminar el aprovechamiento en la recuperación de la cubierta vegetal en el sitio, favoreciendo así el amortiguamiento de cambios extremos de temperatura tanto a nivel local como regional.

**Impacto:** Modificación de la topografía.

**Descripción:** Para la extracción de material se eligen generalmente cerros, resultando que la extracción puede ser tan severa que desaparezcan parcial o completamente, convirtiendo la zona en una serie de depresiones en el terreno con roca desnuda en la cual la cubierta vegetal tardará algunos años en establecer los primeros estadios de la sucesión ecológica y algunos cientos de años en volver a formar una capa de suelo orgánico (horizontes con estructura, textura, porosidad y materia orgánica), por lo tanto, es imposible recuperar las condiciones iniciales, generado un impacto adverso significativo.

**Mitigación:** Este impacto no es mitigable, sin embargo es posible realizar acciones compensatorias como, favorecer el establecimiento de la cubierta vegetal en la zona y la inmigración de las especies faunísticas.

**Impacto:** Modificación del patrón de drenaje superficial.

**Descripción:** La extracción de materiales creará depresiones en el terreno por la extracción del material y elevaciones por la acumulación de material seleccionado, lo cual modificará el drenaje superficial porque se crearán barreras físicas, pero además se aumentarán los sólidos suspendidos arrastrados por escorrentías y van a desembocar en los arroyos y cuerpos de agua cercanos, este efecto será más grave en proporción directa a la pendiente de la zona donde se encuentra ubicado el proyecto. El impacto resultante es adverso significativo, porque deteriora las condiciones ambientales y su influencia se puede prolongar hasta la región completa por la acción de los nuevos escurrimientos que formarán un sistema de drenaje superficial nuevo.

**Mitigación:** Este impacto no es mitigable, pero pueden aplicarse medidas compensatorias como evitar invadir zonas fuera del área definida para el banco de materiales con residuos de la actividad misma o generados por los trabajadores.

**Impacto:** Deterioro de la calidad del agua superficial.

**Descripción:** El material suelto generado por la excavación puede ser arrastrado fácilmente por las escorrentías de las épocas de lluvia para depositarse en los arroyos y lagos alrededor del proyecto. La presencia de sólidos en los cuerpos de agua evita la penetración de la luz y los procesos de fotosíntesis de algunos organismos acuáticos, también altera los ciclos de equilibrio químico generando entre otras cosas una mayor demanda de O<sub>2</sub> y en consecuencia la eutroficación del cuerpo de agua y la muerte de los organismos.

**Mitigación:** Es recomendable determinar un sitio para almacenar el material de manera que no pueda ser arrastrado por el agua, así como implementar trampas de sedimentación para disminuir la cantidad de sólidos sedimentables que se incorporan a las corrientes de los ríos y a los embalses, presas y lagos.

**Impacto:** Eliminación de la cubierta vegetal.

**Descripción:** Durante la explotación de bancos de material, es necesario eliminar la cubierta vegetal para poder realizar el aprovechamiento del material. Se realiza primero una limpieza y deshierbe del sitio y después se retira el suelo superficial u horizonte agrícola para finalmente extraer los materiales litológicos que reúnen las características apropiadas para ser utilizados como materiales pétreos en la construcción de superficies de rodamiento. El impacto generado es adverso significativo porque propicia el deterioro del medio ambiente y el impacto, aún cuando es local, es grave, ya que la vegetación sobre todo si son comunidades como bosques o selvas no es fácil volverla a introducir en el sitio en menos de 10 años aún y cuando se consiga lograr condiciones de sitio apropiadas para su desarrollo sobre todo en lo referente a propiedades físicas y químicas del suelo.

**Mitigación:** Dentro del programa de recuperación de sitio debe considerarse la conservación, en la medida de lo posible, del material removido tanto vegetal como del horizonte superficial del suelo (horizonte agrícola), para reutilizarse posteriormente en la recuperación del sitio sirviendo como medio de sostén y material biológico mínimo necesario para el establecimiento de una cubierta vegetal en la zona respetando la composición florística original del sitio.

**Actividad:** OPERACION DE LA PLANTA DE ASFALTO

**Impacto:** Disminución de la calidad del aire.

**Descripción:** La operación de las plantas de asfalto generan emisiones de gases producto de la combustión incompleta de derivados de petróleo utilizados para el

calentamiento de la mezcla asfáltica y vapores de sustancias volátiles utilizadas como aditivos en la mezcla que escapan de los equipos de control de vapores. Estas sustancias se incorporan a la atmósfera y se convierten en elementos disponibles para la asimilación por parte de los seres vivos. Por otro lado, la preparación de mezcla asfáltica involucra la utilización de materiales pétreos, por lo que existe un aumento de los niveles de emisión de partículas sólidas suspendidas, debido a los movimientos de esos materiales. El impacto generado es adverso significativo, debido a que los gases de combustión, compuestos orgánicos volátiles y partículas sólidas suspendidas son tóxicas y pueden tener una afectación directa en la salud de la población.

**Mitigación:** La emisión de gases de combustión a la atmósfera en plantas de asfalto es controlable si se manejan dos etapas en su control; la primera es un monitoreo periódico al que están obligadas todas las industrias, en relación a gases de combustión e isocinéticos. Con base en estos datos es posible establecer el sistema de captura de gases más apropiado para la planta de asfalto en particular, de tal manera que la eficiencia sea el máximo necesario para no solamente cumplir con una normatividad sino ofrecer una mayor seguridad, tanto en el ambiente laboral como en la calidad de aire ambiental. Además es necesario dotar a los trabajadores del equipo de protección personal mínimo necesario para trabajar con estos materiales, como son guantes, mascarilla para solventes, ropa de algodón, botas, entre otros.

**Actividad:** MEZCLADO

**Impacto:** Disminución de la calidad del aire.

**Descripción:** En el proceso de mezclado aun cuando ya estén dosificados los materiales al adicionar el agua y mezclar se generan pequeñas cantidades de polvo que son liberadas al aire deteriorando su calidad, esta cantidad de polvo aumenta

considerablemente en los procesos de trituración del material durante su preparación para obtener el tamaño de agregado adecuado, por tanto el impacto generado es adverso no significativo, debido a que la emisión es temporal, no rebasa el área de trabajo y los volúmenes emitidos son relativamente bajos en comparación con otras industrias.

**Mitigación:** Para minimizar la emisión de partículas suspendidas al aire se recomienda la instalación de extractores de polvo en las áreas de trabajo. Para prevenir problemas respiratorios de los trabajadores es conveniente que utilicen el equipo de protección personal correspondiente como son mascarillas, goggles y casco.

**Impacto:** Afectaciones a la salud.

**Descripción:** Durante el mezclado se llegan a emitir compuestos orgánicos volátiles por el calentamiento de la mezcla, los cuales se evaporan incorporándose al ambiente. La exposición a concentraciones altas o prolongadas a estos solventes puede ocasionar problemas teratogénicos, cancerígenos, entre otros (ver capítulo 4 y hojas de seguridad de sustancias riesgosas en el anexo de este documento). Además, las temperaturas elevadas de los materiales pueden ocasionar quemaduras y artritis a los trabajadores cuando no se manejan con el equipo de protección personal necesario. El impacto generado es adverso no significativo, debido a que el material caliente lo esparce la pavimentadora y posteriormente es compactado con la compactadora de rodillos por tanto el contacto que tienen los trabajadores con ese material es mínimo.

**Mitigación:** En la medida de lo posible es recomendable que se sustituyan las mezclas asfálticas que utilizan compuestos orgánicos volátiles con emulsiones, las cuales se preparan a base de agua y que además tienen la ventaja de ser más económicas. Por

otro lado, siempre que se trabaje con mezclas asfálticas debe emplearse el equipo de seguridad necesario para evitar enfermedades y accidentes laborales.

**Actividad:** TENDIDO DEL CEMENTO ASFALTICO

**Impacto:** Elevación de la temperatura local.

**Descripción:** El tendido del asfalto genera dos tipos de alteraciones climáticas, el primero es el cambio microclimático en el derecho de vía debidos a la distinta refractancia del asfalto respecto a la superficie original (suelo), así como modificaciones mesoclimáticas generadas por la creación de pasillos entre valles, los cambios son más drásticos cuando se divide una zona con cubierta vegetal homogénea, ya que se crea un desequilibrio en el ecosistema deteriorándolo favoreciendo la formación de manchones aislados. El asfalto absorbe mucho mayor cantidad de calor que el suelo mismo, por tanto al liberar este calor durante la tarde y noche genera un aumento en la temperatura local y su permanencia por un mayor número de horas. Los cambios microclimáticos y, en especial, los mesoclimáticos pueden ocasionar efectos secundarios sobre los ecosistemas como cambios en los regímenes de lluvia local, ocasionando problemas de inundaciones o sequías. Una de las características más importantes de estos proyectos es que abarcan más de un ecosistema y esto genera una diversidad de impactos que dependen de los recursos que se encuentran en cada uno. El impacto se considera, en general, poco significativo debido a que es local pero permanente. Sin embargo, de manera local pudieran existir características ambientales frágiles que vuelvan a este impacto como significativo.

**Mitigación:** Este es un impacto no mitigable, pero se puede emplear como medida compensatoria el establecimiento y mantenimiento de una cubierta vegetal a ambos

lados del derecho de vía de las carreteras y en los camellones, lo cual favorecerá el control de los cambios de temperatura y la humedad local.

**Impacto:** Modificación del patrón de drenaje del agua superficial.

**Descripción:** La construcción de la superficie de rodamiento creará una barrera para las escorrentías naturales y modificará su dirección, ocasionando el cambio de curso de los pequeños riachuelos, modificando la alimentación de cuerpos de agua, tanto lóticos como lénticos. Este efecto es permanente y tiene efecto a distancias considerables del proyecto tan lejos como lleguen las escorrentías y ríos intermitentes definidos por el patrón modificado de drenaje, por tanto el impacto resultante es adverso significativo, salvo en sitios donde el patrón de drenaje sea incipiente o nulo, como en algunas zonas planas, donde prevalecen los escurrimientos de tipo laminar.

**Mitigación:** La modificación del patrón de drenaje es un impacto no mitigable debido a que es inevitable el efecto barrera de la carpeta asfáltica, pero es posible elaborar un programa de restauración de las áreas colindantes con el derecho de vía de la carretera para favorecer el desarrollo de la vegetación y la inmigración de algunas especies faunísticas. Por otro lado, es importante que el drenaje de la carretera tenga un diseño adecuado al patrón de drenaje que cruzará y un mantenimiento preventivo permanente.

**Impacto:** Disminución en la recarga de acuíferos.

**Descripción:** Al cubrir con asfalto el derecho de vía para construir la superficie de rodamiento, se disminuye la superficie de infiltración del agua al manto freático, además al obstaculizar los escurrimientos del agua se modifica su curso y en

consecuencia se modifica también la tasa de infiltración. El impacto generado es adverso significativo debido a que es un impacto permanente y a la importancia creciente de las reservas hídricas en todo el país debido a su escasez sobre todo en la parte centro y norte del país.

**Mitigación:** No mitigable pero puede lograrse una medida compensatoria si se favorece el establecimiento de una cubierta vegetal más abundante, respetando la composición florística natural, esa vegetación favorecerá la retención e infiltración del agua hacia el manto freático.

**Impacto:** Disminución de las poblaciones faunísticas en la zona (abundancia).

**Descripción:** El tendido de la carpeta asfáltica afecta la abundancia de las poblaciones debido al efecto barrera de una carretera, que impide la interacción entre poblaciones, esto actúa en deterioro o desaparición de las zonas de apareo, caza y de establecimiento de madrigueras, debido a la introducción de especies ajenas al ecosistema, el aumento de la caza furtiva y el crecimiento de la mancha urbana. Los invertebrados acuáticos, anfibios y peces que habitan en los arroyos, también pueden ser dañados a consecuencia, principalmente, del desecho de lubricantes, crecimiento de la mancha urbana y descarga de aguas residuales. El impacto generado es adverso significativo, debido a que es permanente y su influencia va más allá del área definida para el proyecto.

**Mitigación:** Para evitar la disminución de las poblaciones faunísticas en la zona, se deberá impulsar campañas de concientización dirigidas al personal que labora en la construcción y al público en general (durante la operación de la carretera) para evitar el maltrato o caza de cualquier animal con el que se encuentre, a menos que represente una amenaza directa.

**Impacto:** Contaminación de suelo.

**Descripción:** Cuando se coloca la carpeta asfáltica pero el pavimento no cumple con alguna de las especificaciones establecidas por la normatividad, se retira, por lo que se vuelve un residuo (escombros del pavimento retirado). Muchas veces este residuo se transporta y se dispone en sitios que no están acondicionados ni autorizados para la disposición final de este tipo de residuos. Esta actividad genera un impacto adverso al suelo que se esté afectando. La evaluación del impacto dependerá del volumen y características del residuo en particular, así como del uso del sitio de disposición.

**Mitigación:** Establecer un procedimiento de reciclado de la carpeta asfáltica, para que se aplique en caso de que no cumpla con alguna de las especificaciones establecidas por la normatividad. Con esta actividad se evitará el daño al suelo al evitar su contacto con los residuos.

**Impacto:** Dotación de Infraestructura y servicios.

**Descripción:** A partir del tendido de la superficie de rodamiento y una vez que se ha endurecido totalmente, se contará con vías de comunicación que permiten disminuir los tiempos de traslado y el acceso rápido a centros de atención primaria, esto producirá un incremento en la demanda de infraestructura local, lo cual dará lugar a la instalación de más servicios. Se mejorará considerablemente el nivel de vida de las comunidades, también se favorece el comercio entre las poblaciones y la comunicación en general teniendo como resultado intercambios comerciales constantes. Este impacto se considera siempre como benéfico significativo.

**Mitigación:** Debido a que se trata de un impacto positivo no aplica este punto.

**Impacto:** Crecimiento de la mancha urbana.

**Descripción:** El trazo de la carretera favorece el asentamiento irregular de personas a lo largo de ella, aumentando el detrimento del ecosistema y de las posibilidades de atropellamientos, mutilaciones y traumatismos, por un crecimiento acelerado de la mancha urbana fuera de cualquier plan o programa de desarrollo urbano. Lo anterior propicia un impacto adverso significativo, debido a que es un impacto permanente y creciente.

**Mitigación:** Todo asentamiento humano que se establezca a ambos lados de las carreteras, deberá contemplarse y regularse por programas y/o planes de desarrollo municipal. De tal manera que sea un crecimiento controlado. Por otra parte, se deberán impulsar campañas de concientización para la población, en relación al cuidado de los recursos naturales existentes.

**Actividad:** MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES PARA MAQUINARIA Y EQUIPOS

**Impacto:** Contaminación de suelo.

**Descripción:** Durante la construcción de la superficie de rodamiento se requiere de la utilización de combustibles para los que se destinan sitios de almacenamiento y con esto evitar recorrer grandes distancias para abastecerse. El almacenamiento inadecuado puede provocar fugas de combustible que ocasionen cambios severos a las características químicas del suelo, afectando su fertilidad. El combustible derramado impregna las partículas de suelo, al infiltrarse al subsuelo lixiviado por agua de lluvia o por gravedad, ocasionando trastornos en la oxigenación, favoreciendo una

atmósfera anaerobia, afectando la fauna edáfica y la flora presentes en el sitio; además si llegara a tener contacto la población con el suelo contaminado, podría ocasionar problemas de salud. El impacto resultante es adverso y puede variar en valores de poco a significativo, lo cual depende del tipo y volumen de contaminante.

**Mitigación:** Instalar un sitio específico para el almacenamiento de combustibles, el cual debe tener una cubierta impermeable en el piso para evitar contaminar el suelo, un techo que evite la intemperización por lluvia y sol del tanque de almacenamiento que pudieran provocar su deterioro y ocasionar fugas y derrames. Además, se deberá prohibir el paso a personal no autorizado a estas instalaciones, por lo que se deberá designar a personal capacitado como responsable del almacenamiento, manejo y suministro de combustibles, y en caso de que se requiera, de otras sustancias identificadas como peligrosas.

**Impacto:** Generación de empleos.

**Descripción:** Durante la construcción y conservación de la superficie de rodamiento se generarán nuevas fuentes de trabajo, aunque la mayoría de ellas son temporales y, en general, son menos que durante las etapas anteriores correspondientes a la apertura del derecho de vía y la construcción del cuerpo de la carretera. Este impacto se identifica como benéfico poco significativo, debido a la temporalidad del mismo.

**Mitigación:** Debido a que es un impacto positivo no hay mitigación que proponer.

**Etapas:** CONSERVACION

**Actividad:** Durante todas las actividades de conservación como son Renivelación, Riego de Sello, Sobrecarpetas, Bacheo y Reciclado.

**Impacto:** Deterioro de la calidad del aire.

**Descripción:** Debido a que es necesario emplear nuevamente mezcla asfáltica para renivelar hundimientos en la carpeta se requiere todo el proceso de elaboración en planta o in situ, el cual genera problemas de emisiones a la atmósfera de gases de combustión y vapores de solventes utilizados en la preparación de algunas mezclas asfálticas. El impacto generado es adverso poco significativo, debido a que es temporal y las cantidades de vapores emitidas son mínimas, además existe un proceso de dilución en el ambiente favorecido por la presencia de vientos en algunas zonas.

**Mitigación:** Realizar un programa de mantenimiento de todos los equipos tanto fijos como móviles, así como vehículos y maquinaria necesarios para la elaboración y tendido de las capas de carpeta asfáltica suficientes para la renivelación. Asimismo, es conveniente sustituir las mezclas que utilizan solventes orgánicos por emulsiones asfálticas que emplean agua como disolvente, lo cual es mucho más conveniente para conservar el ambiente.

**Impacto:** Aumento de los niveles de ruido.

**Descripción:** La actividad de preparación y tendido de las capas para la nivelación, genera un nivel de ruido de 88 decibeles a 15 metros de distancia, lo cual puede ocasionar trastornos auditivos y nerviosos si se está expuesto de manera constante a ellos, pero debido a que la exposición es temporal e intermitente, el riesgo es menor, por lo que el impacto que se identifica es adverso poco significativo.

**Mitigación:** Es recomendable para minimizar los efectos producidos por el ruido, respetar los horarios de trabajo diurnos y no trabajar por la noche. Es necesario

también que el personal que labora en las actividades de conservación, utilice tapones para los oídos.

**Impacto:** Alteración de las actividades de la comunidad.

**Descripción:** Este impacto se aplica de manera general a todos los métodos empleados para dar mantenimiento a una carpeta asfáltica. La realización de estos trabajos en horario y días inapropiados puede ocasionar problemas viales graves, como congestionamientos y accidentes. Este impacto se identifica como adverso poco significativo porque es temporal e intermitente.

**Mitigación:** Deben programarse los horarios y días en los cuales se realizará la renivelación dependiendo de la afluencia vehicular que registra la vialidad a reparar y debe proporcionarse al personal el equipo adecuado que le permita trabajar con seguridad en la zona de trabajo. Es importante igualmente señalar correctamente la zona de trabajo y, asegurarse que para el personal que labora en la renivelación sea perfectamente visible a cualquier hora.

**Impacto:** Daños a la salud.

**Descripción:** Durante la rehabilitación de pavimentos, como la colocación de una sobrecarpeta, se requiere efectuar escarificación, pero muchas veces durante estas operaciones se calcina el asfalto, lo que produce espesas nubes de humo. Esta actividad puede provocar daños en la salud de los trabajadores al aspirar el humo. Este impacto adverso puede llegar a identificarse como significativo, dependiendo de los tiempos de exposición de los trabajadores.

**Mitigación:** Se deberá dotar a los trabajadores con equipo de seguridad que contemple el uso de mascarillas, particularmente las personas que realizan la escarificación. Asimismo, se deberá realizar y aplicar un procedimiento adecuado para las actividades de escarificación, con el objetivo de evitar la calcinación del asfalto.

## 9 CONCLUSIONES

- Se identificaron dos impactos benéficos en la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles: la generación de empleos y, debido a que con la construcción de la carpeta asfáltica como superficie de rodamiento mejora la operación de la carretera, la comunicación entre poblaciones, centros de desarrollo y sitios de interés, lo que se evalúa como significativo y es el principal objetivo de un proyecto carretero.
- Debido a que los bancos de material son inherentes a los proyectos carreteros, y especialmente, como proveedor de los agregados pétreos que requiere la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles, se involucró la explotación de ellos en la evaluación del impacto ambiental. Las actividades requeridas para la explotación de los bancos de material, son las que mayor número de impactos adversos genera y que son más significativos en mayor número de elementos ambientales.
- De las actividades específicas en la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles, el tendido de mezclas asfálticas y la nivelación son los que generan impactos adversos significativos.
- Los elementos ambientales que sufren impactos adversos significativos son el aire, el suelo y el agua. A este último se le identifica (en algunos casos) un impacto adverso significativo, más por el valor ambiental que por el daño que puede sufrir durante las actividades de construcción y conservación de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles.
- Las materias primas empleadas para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexibles no implican un riesgo alto a la salud de los trabajadores,

- debido a sus bajas concentraciones, así como los tiempos de exposición reducidos y el factor de dilución al desarrollar los trabajos a la intemperie. Por otro lado, el reemplazo de substancias potencialmente contaminantes como los solventes orgánicos (etilvinil acetato, estireno y butadieno) con otras menos agresivas como las emulsiones, minimizan los riesgos a la salud.
  
- En las emulsiones asfálticas, además de no consumirse prácticamente solventes del petróleo, se evita también el uso de combustibles para su manejo y aplicación en la obra, ya que no requieren de operaciones de calentamiento, situación que a la vez favorece la protección del medio ambiente. Los costos actuales de estos productos en los trabajos de pavimentación, pueden disminuirse en nuestro país mediante el uso de tecnología propia y empleo de emulsificantes de fabricación nacional, y mediante el establecimiento de plantas portátiles para la elaboración de la emulsión, cercanas a los frentes de trabajo.
  
- En relación a los cementos asfálticos, se tiene también el ahorro de los solventes, si bien en este caso son necesarias las operaciones de calentamiento para poder emplearlos. No obstante, los trabajos en que se utilizan cementos asfálticos son de mejor calidad y mayor duración, por cuyo motivo existe una compensación favorable con los costos que representan los combustibles requeridos para el calentamiento de los ingredientes, la fabricación y colocación del concreto asfáltico. Las plantas modernas para la elaboración de estos concretos asfálticos poseen ya aditamentos especiales para evitar contaminaciones indeseables del medio ambiente por la emisión de polvos, gases y humos.
  
- Sin embargo, es importante insistir que en la utilización de los productos asfálticos deben tomarse en cuenta las condiciones especiales de la obra, para elegir en cada caso el producto que en todos sentidos sea el más conveniente.

- Los materiales pétreos empleados para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexible no implican un riesgo a la salud por sus características tóxicas, únicamente una acumulación de partículas en los pulmones puede causar alguna enfermedad pero gracias al factor de dilución debido a que el trabajo se desarrolla al aire libre, y a que los materiales se mantienen húmedos, no se tienen reportes de enfermedades en esta actividad.
  
- Sin embargo, es importante destacar los impactos adversos que se identifican en el ambiente laboral, debido a que se generan gases con características tóxicas, ruido con niveles que pueden dañar el oído y en el manejo de sustancias identificadas como peligrosas, particularmente combustibles y solventes orgánicos. Por esta razón, es muy importante dotar de equipo de seguridad a los trabajadores de acuerdo a la normatividad que aplique (Secretaría del Trabajo y Previsión Social) y realizar y aplicar procedimientos por cada actividad que requiere la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles.
  
- El 75% de los impactos identificados son no significativos, el 20% son poco significativos y solamente el 5% son significativos. Por otra parte, de todos los impactos identificados, el 98% se puede mitigar, compensar o inclusive inhibir. El 2% que no se puede mitigar, compensar o inhibir, son impactos producidos por la explotación de los bancos de material, particularmente en la modificación del relieve local.
  
- De acuerdo con el punto anterior, los impactos generados por la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles, no representan un costo ambiental y social alto, por lo que en una evaluación beneficio-costos, son los impactos que menor número aportan y con menor valor.

- En comparación con otros tipos de pavimentos, la desventaja más notable de los pavimentos flexibles es la generación de solventes, residuos de asfaltos y gases generados durante el calentamiento de los cementos asfálticos, estos gases son tanto producto de la combustión como de la volatilización de algunos componentes de los cementos. Es en las plantas de asfalto donde se tienen reportes de enfermedades relacionadas a los solventes y componentes del asfalto en general, aunque no se precisa el componente con el cual están directamente relacionadas.

## BIBLIOGRAFIA

Banco Mundial, 1991. Libro de Consulta para evaluación Ambiental; Vol. I Políticas, Procedimientos y Problemas Intersectoriales. Departamento de Medio Ambiente. Washington, D.C.

Castillo González, M., 1995. Curso de Impacto Ambiental. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México, D.F.

Chiras, D. D. 1991. Environmental Science Action for a Sustainable Future. Third Edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. N.Y.

Finsterbusch, K. 1995. In praise of SIA-A personal review of the field of social impact assessment: feasibility, justification, history, methods, issues. International Association for impact Assessment. Vol. 13, No. 3.

Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1999. Catálogo de Impactos Ambientales Generados por las Carreteras y sus Medidas de Mitigación. IMT/SCT. Publicación Técnica No. 133. Sanfandila, Qro.

Instituto Nacional de Ecología, 1990. Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.

Instituto Nacional de Ecología, 1992. Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.

Instituto Nacional de Ecología, 1993. Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.

Instituto Nacional de Ecología, 1999. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Título Cuarto- Protección al Ambiente. Capítulo V - Materiales y Residuos Peligrosos. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.

Kraus, E. H., Walter Fred Hunt y Lewis Stephen Ransdell, 1967. Mineralogía. Ediciones del Castillo, S.A. de C.V., Quinta Edición.

Lemons, K. E., and A.L. Porter, 1990. A comparative Study of Impact Assessment Methods in Developed and Developing Countries. Impact Assessment Bulletin. Vol 10, No. 3.

Martínez Soto A. y Sergio Damián Hernández, 1999. Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación. Instituto Mexicano del Transporte/Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, Qro.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1989. Guías Metodológicas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental "Carreteras y Ferrocarriles". Centro de Publicaciones-Secretaría General Técnica, Madrid, España.

Morales Rojas, P. E. 1965. Control y supervisión de laboratorio en los materiales para pavimentos flexibles y concretos hidráulicos. Tesis profesional. ESIA, IPN. México, D.F.

Ortolano, L. and Anne Shepherd, 1995. Environmental Impact Assessment: Changes and opportunities. Impact Assessment. International Association for Impact Assessment, Volume 13, No. 1.

Page, J., 1993. The introduction of railroads to China: The observations of William Barclay Parsons. International Association for Impact Assessment. Vol. 11, No. 3.

Peña, C. E., Dean E. Carter y Félix Ayala-Fierro, 1998. Toxicología Ambiental. Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Superfund Basic Research Program. Center of Toxicology, The University of Arizona.

Pettijohn, F.J., 1980. Rocas Sedimentarias. Editorial Universitaria de Buenos Aires.

Primer Simposio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volúme de Tráfego, 1997. Río de Janeiro, Brasil.

Rico Rodríguez, A., 1974. Estructuración de los pavimentos. Instituto Mexicano del Transporte. México, D.F.

Rico Rodríguez, A., Mendoza Díaz A. Y Téllez Gutiérrez, R. 1998. Algunos aspectos comparativos entre pavimentos flexibles y rígidos. Instituto Mexicano del Transporte/Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica No. 103. Querétaro, Qro.

Rico Rodríguez, A., Téllez Gutiérrez, R. Y Garnica Anguas, P. 1998. Pavimentos flexibles: problemática, metodologías de diseño y tendencias. Instituto Mexicano del Transporte/Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica No. 104. Querétaro, Qro.

Rodarte Lazo, F. F., 1977. Conservación de Pavimentos Rígidos y Flexibles. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México, D.F.

Sánchez Rosado, D., 1975. Ilustración de dos determinaciones útiles en trabajos de pavimentación. Secretaría de Obras Públicas. Departamento de Supervisión de Laboratorios. Dirección General de Control. México, D.F.

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, 1980. Impactos de las vías terrestres. Seminario de Educación Continua. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes 1991. Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas. SubSecretaría de Infraestructura. Pavimentos I. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984. Impacto de los Caminos en el Medio Ambiente. SubSecretaría de Infraestructura. SCT. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1990. Normas para Construcción e Instalaciones. Carreteras y Aeropistas. Pavimentos. SubSecretaría de Infraestructura México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991. Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas. SubSecretaría de Infraestructura. Pavimentos II, Tomo I. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1992. Instructivo para efectuar pruebas en materiales de Pavimentación. SubSecretaría de Infraestructura. Apoyo Didáctico, Volumen 2. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1992. Materiales Asfálticos utilizados en Pavimentación. SubSecretaría de Infraestructura. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1992. Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas. SubSecretaría de Infraestructura. Pavimentos II, Tomo II. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1994. Curso Técnico Regional de Actualización: "Tratamientos asfálticos para pavimentación". México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1994. Manual de Señalamientos Turísticos y de Servicios. SubSecretaría de Infraestructura. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1994. Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras. SubSecretaría de Infraestructura. México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1998. Utilización de Elastómeros como Refuerzo de la Superficie de Rodamiento en Pavimentos Flexibles. SCT. México, D.F.

Secretaría de Obras Publicas, 1972. Instructivo para el diseño de pavimentos flexibles para carreteras. Dirección General de Control, Departamento de Supervisión de Laboratorios, Oficina Técnica.

Secretaría de Obras Publicas, 1974. Instructivo para la Rehabilitación de Pavimentos Flexibles y Rígidos de carreteras. Dirección General de Control. Departamento de Supervisión de Laboratorios. México, D.F.

Secretaría de Obras Públicas, 1975. El Impacto de los Caminos en el Medio Ambiente. Dirección General de Servicios Técnicos. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 1993. Norma Oficial Mexicana: NOM-005-STPS/93. Almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles. STPS. México, D.F.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 1994. Norma Oficial Mexicana: NOM-017-STPS/94. Equipo de protección personal para los trabajadores. STPS. México, D.F.

Servicio de Obras Públicas, 1971. Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras Mexicanas. SCT. México, D.F.

Snoeyink V. L. y David Jenkins, 1990. Química del Agua. Editorial Limusa-Noriega, México.

Téllez Gutiérrez, R., y Sergio Damián Hernández, 1998. Consideraciones sobre medio ambiente en la planeación de carreteras. Instituto Mexicano del Transporte/Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, Qro.

Téllez Gutiérrez, R. 1991. Catálogo de deterioros en pavimentos flexibles de carreteras mexicanas. Instituto Mexicano del Transporte/Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica No. 21. Querétaro, Qro.

Universidad Politécnica de Madrid, 1993. Noveno Curso Internacional de Carreteras. Fundación Agustín de Bethencourt, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Vázquez González, A. B. Y Enrique César Valdez, 1994. Impacto Ambiental. Facultad de Ingeniería, UNAM e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Weitzenfeld, H., 1990. Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Metepec, Edo. de México.

### **Manifestaciones de Impacto Ambiental presentadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ante el Instituto Nacional de Ecología.**

Manifestación de Impacto Ambiental "Carretera Ventura- San Lorenzo- Río Chihue (190 Km) Tramo: Cerritos-Río Chihue. Edos. de San Luis Potosí y Tamaulipas. MIA, modalidad General, Dirección General de Carreteras Federales 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la ampliación a dos carriles en la autopista México-Cuernavaca. Monroy Martínez R.1989.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista de Sayula, Veracruz a Ocozocuahtla. Chiapas. Orva Ingeniería .1990.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la autopista La Tinaja-Acayucán-Cosoleacaque. Modalidad Intermedia. Asesoría, Servicios y Estudios Interdisciplinarios, S.A. de C.V. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la autopista Zacatecas-Aguascalientes. Asesoría, Servicios y Estudios Interdisciplinarios, S.A. de C.V. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista Coatzacoalcos-Villahermosa, tramo Agua Dulce-Cárdenas. Consorcio de Constructores. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia. Autopista San Luis Potosí-Matehuala-Salttillo. Asesoría, Servicios y Estudios Interdisciplinarios, S.A. de C.V. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista Santa Ana-Sonoyta. Asesoría, Servicios y Estudios Interdisciplinarios, S.A. de C.V. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista de cuota Gómez Palacio-Límite de Durango-Chihuahua. Impulsora y operadora de autopistas. Flores S. R. M. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Específica de la construcción del paso inferior y las vialidades de acceso al "Entronque Cuautla". CAPUFE. Ambiente y Ecosistemas. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la ampliación a tercer carril de la autopista México-Puebla. Ingeniería y Ambiente. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de Construcción de la autopista Atizapán-Venta de Carpio. Planeación e Ingeniería Ambiental. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de las vialidades de Acapulco. Autopistas de Guerrero. Tecnologías y Sistemas para el control de la contaminación. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la autopista Pátzcuaro-Uruapan. Villasana Lyon. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la autopista que conecta las ciudades de Tuxpan y Tampico. Solta Pruna. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista Aguascalientes-Rincón de Romos. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista Sonoyta-San Luis Río Colorado. Estudios y Ejecución de Proyectos. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la construcción y rehabilitación de caminos de acceso. Maderas NACOBVI. Domínguez, A. N. 1990.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Zapotalito-Cerro Hermoso. Modalidad General. Caminos y Aeropistas de Oaxaca. 1991.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la ampliación a cuatro carriles del ramal Cocoyoc-Oaxtepec. Monroy Martínez R. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera tipo C de los caminos: Sahuaripa-Tepache y E.C. Hillo-Sahuaripa-Rebeico-Soyoapa-E.C. Hillo San Nicolás, con longitudes actuales de 20 y 53 Km, respectivamente, en el Estado de Sonora. Orva Ingeniería. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de los caminos Carbón-Rayón. Orva Ingeniería. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General del proyecto ejecutivo de carreteras tipo C. Asesores en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Cuernavaca-Acapulco. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera San Martín-Texmelucan-Tlax. 1989.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Maravatío-Morelia. 1989.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Constituyentes-La Venta. 1989.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Guadalajara-Tepic. 1989.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Contadero Periférico Sur. Orva Ingeniería. 1990.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Contadero Periférico Sur. Orva Ingeniería. 1991.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General del libramiento de Apizaco Tlaxcala. Asesoría, Servicios y Estudios Interdisciplinarios, S.A. de C.V. 1991.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la carretera México-Veracruz. Ortega Rivero. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de las vialidades de Acapulco. Tecnología y Sistemas para el control de la contaminación. 1992.

Estudio ambiental de la Carretera Chihuahua-Cd. Juárez tramo Sacramento-Samalayuca (Km 33 al Km 322), Estado de Chihuahua. 1992. Pisanty, L. J.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General del libramiento noroeste de Toluca. AMBIOTEC. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la carretera Cabo San Lucas-San José. Flores S. R. M. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de Carretera Torreón-Saltillo. Solta Pruna. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Matamoros-Reynosa. Cultura Ecológica. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca. IDDEC. 1993.

Informe preventivo de los entronques y pasos a desnivel Guajardo V. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia del libramiento norponiente de la Ciudad de Cabañas, Michoacán. Tecnologías y Sistemas para el Control Ambiental, S. A. de C. V. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista Santa Ana-Sonoyta. Flores S. R.M. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la carretera concesionada Cosoleacaque-Raudales-Guayacan-Ocozocuatla. Orva Ingeniería. 1993.

Manifestación de impacto ambiental modalidad intermedia de la carretera Contadero-Colegio Militar. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, A. C. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la carretera La Venta-Colegio Militar. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, A. C.. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la construcción de la carretera México-Tuxpan. Secca de México. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera entronque San Blas. Centro de Ecología-UNAM. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la carretera Arriaga-Ocozocuatla. Centro de Ecología-UNAM. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Intermedia de la carretera Tapachula-Cd. Hidalgo. Centro de Ecología-UNAM. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Específica de la carretera La Venta-Colegio Militar. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General del proyecto de pavimentación del camino principal Los Herreras-Topia. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de Carretera México-Guadalajara. IDDEC. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de Carretera Aguascalientes-Zacatecas. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Tuxla Gutiérrez-San Cristóbal (48 Km). Lyon. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Tampico-Linares. An Consultores. 1996.

Informe Preventivo del entronque aeropuerto. 1996.

Informe preventivo de la carretera Alamo-Benito Juárez. Ortíz Ramírez. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista Santander-Matamoros. Lyon. 1996.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la autopista Fresnillo-Cuencame. Lyon. 1996.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Mitla-Zacatepec-Mixes. IDDEC. 1996.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la construcción de terracerías, obras de drenaje y pavimentación del camino Tlahualillo-Cartagena. 1997.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de Carretera Morelia-Lázaro Cárdenas. Construcciones y Proyectos Nínive. 1996.

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General de la carretera Ciudad Mante-El Capulín. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Albino Corzo-Siltepec. Lyon. 1996.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la construcción de terracerías, obras de drenaje y pavimentación del camino Nazas-San Luis del Cordero-San Pedro del Gallo. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Ciudad Hidalgo-Tecún Umán-San Marcos Guatemala. Lyon. 1996.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la autopista Campeche-Mérida. Lyon. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General del libramiento de la localidad de Temozón. Sistemas Creativos. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General del libramiento de la localidad de Calotmul. Sistemas Creativos. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la construcción del entronque Mozimba de la carretera Acapulco-Zihuatanejo. Espacios Verdes. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la construcción de la carretera Ometepec-Cacahuatpec. Eco Ingeniería. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad intermedia de la construcción de la carretera Perimetral de Cozumel 1ª etapa. Consultores en Ecosistemas. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Ciudad Cuauhtémoc- La Junta. Lyon. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la autopista Las Choapas-Raudales. SCT. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de Construcción del tramo carretero San Pedro Ixcatan-Mesa del Nayar. Eco Ingeniería. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de Libramiento de Altamira. Lyon. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la vialidad Parque Papagayo, Acapulco, Gro. Lyon. 1998.

Informe Preventivo de la construcción de la ampliación de terracerías, obras de drenaje, pavimentación de concreto asfáltico, entronques, señalamientos y obras complementarias del libramiento periférico: Torreón-Gómez Palacio-Lerdo. Cruz Beristain Gonzalo. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de Autopista Cardel-Tihuatlán. Lyon. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la carretera San Rafael Buchivo. Lyon. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la construcción del entronque José López Portillo. Triada Diseño Gerencia y Construcción, S.A. de C.V. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Chamapa-Lechería. Sistemas de Ingeniería Sanitaria. 1990.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Champotón-Campeche. 1991.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la carretera Mexicali-Tijuana. Modalidad Intermedia. Secca. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la vialidad exterior al puente Piedras Negras III. Espacios Verdes. 97-98.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera SLP-Tamaulipas tramo Ventura-San Lorenzo. Espacios Verdes. 1998.

Informe Preventivo de la carretera México-Veracruz tramo Córdoba-Veracruz. An Consultores. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Tampico-Linares tramo Cuauhtémoc-Linares. Solta Pruna. 1994.

Informe Preventivo de Carretera Córdoba-La Tinaja.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Celaya-San Miguel Allende. Asesoría, Servicios y Estudios Interdisciplinarios. 1993.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la ciclopista Ixtapa-Zihuatanejo. Lyon. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Morelia-Salamanca tramo Cuitzeo-Salamanca. Planeación y Proyectos de Ingeniería. 1998.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General del libramiento Rincón de Romos. Eco Ingeniería. 1997.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Villahermosa-Zacatal. Consultores en Ingeniería Civil. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Badiraguato-Guanajuato. Gpo. Aries. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Boca de Bacalar-Xalax-Majagual. Pisanty L.J.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Ciudad Victoria Linares tramo Barretal-Linares. Manejo de recursos Silvestres S. C. 1997.

Informe Preventivo de la carretera Acapulco-México tramo puente Ixtla Km 246 a Acapulco Km 0-000. Orva Ingeniería. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Aldama-Chihuahua. Lyon. 1997.

Informe Preventivo de la carretera Aeropuerto Cuernavaca-Morelos. Espacios Verdes. 1995.

Informe Preventivo de la carretera Arriaga-Huxla. IDDEC. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad intermedia de la carretera Cuacnopalan-Tehuacán. SCT. CIIDIR-IPN. Oaxaca. 1994.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la carretera Cosoleacaque Ver-Ocozocuahtla Chiapas, tramo Cosoleacaque-Tuxtla Gutiérrez. Centro de Ecología-UNAM. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de Entronque America-El Mirador de la carretera Colima-Manzanillo (132 Km). IDDEC. 1992.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Durango-Cuencamé. Solta Pruna. 1991.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General de la carretera Durango-Mazatlán. Pisanty L. J. 1995.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia de la carretera Esperanza Puebla-Cd. Mendoza Veracruz. Control Ambiental Integrado. 1992.

Manifestación de Impacto ambiental modalidad general de la carretera Tampico-Linares tramo Estación Manuel-S. Francisco. Manejo de Recursos Silvestres S. C. 1997.

Manifestación de impacto ambiental modalidad intermedia de la carretera Fronteriza del sur tramo Ramal a Bonampak (13 Km). Orva Ingeniería. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Guadalajara-Tepic tramo Magdalena Jalisco-Ixtlan del río Nayarit. Orva Ingeniería. 1991.

Informe Preventivo de la carretera Huautla-Tuxtepec. 1996.

Manifestación de impacto ambiental modalidad intermedia de la carretera Ixtapa-Zihuatanejo-aeropuerto. Lyon. 1996.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de Carretera Jala Nay.-Puerto Vallarta Jal. Consultores en Ingeniería Civil. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera La Barca-Guadalajara. 1989.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera La Gloria a Colombia. Flores S. R.M. 1992.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera: Lagos de Moreno-SLP (135 Km). Orva Ingeniería. 1990.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la Ampliación y rectificación La Muralla (Carretera Federal 57). Lyon.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general del libramiento carretero de la Paz. DICSA. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general del libramiento de Colima. Lyon. 1998.

Informe Preventivo del libramiento oriente de S.L.P. Tecnologías y Sistemas para Control Ambiental. 1992.

Informe Preventivo del Libramiento Manzanillo, Colima. Tecnologías y Sistemas para Control Ambiental. 1994.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general la Carretera Celaya-Salamanca tramo libramiento Salamanca. Planeación y Proyectos de Ingeniería. 1998.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general del libramiento Poniente de Tlaxcala.

Informe Preventivo del Libramiento Nororiente de Querétaro. 1993.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general del libramiento Norte de la zona Metropolitana de la Ciudad de México. SCT. Asesoría S. 1992.

Informe Preventivo de la carretera Los Mochis-Navojoa. An Consultores. 1992.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general Autopista Jiménez-Límite de los estados Chihuahua y Durango tramo Corralitos. Flores S. R. M. (Pisanty).1994.

Informe Preventivo del libramiento Poniente Tampico, Tamaulipas. Cultura Ecológica. 1991.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general la Carretera cuota Mérida-Cancún tramo Kantunil-Cancún. Consultores para el Desarrollo S. A. de C. V. 1991.

Informe Preventivo de la carretera Mazatlán-Culiacán tramo 0+000 al 183+000 Sinaloa. An Consultores. 1992.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la Carretera México-Querétaro.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera México-Toluca.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera México-Guadalajara tramo Atizapán-Atlacomulco. Flores S. R. M.1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Morelia-Lázaro Cárdenas tramo Nueva Italia Infiernillo. IDDEC. 1996.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Morelia-La Barca. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Mococho-Baca. Orva Ingeniería. 1996.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la autopista Monterrey-Nuevo Laredo. Flores S. R. M.1992.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la ampliación de la carretera Monclova-Sabinas. 1994.

Informe preventivo de la carretera La Venta. 1997.

Informe Preventivo de la carretera Morelia-Pátzcuaro. An Consultores.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Naica-Sta. Gertrudis. Lyon. 1997.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Ojo Caliente-Sta. Cruz Coahuila. Espacios Verdes. 1997.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la Carretera Coacalco-Yautepec. Lyon. 1997.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera México-Querétaro tramo Palmillas-Querétaro. SCT. Pisanty L. J. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Perote-Libramiento Xala, Tamarindo. Informe preventivo. SCT.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general del Acceso al Puente Internacional Laredo III, Tamaulipas. Pisanty L. J. 1996.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la Autopista Puerto Vallarta-Cruz de Huenacastle. Lyon.

Manifestación de impacto ambiental modalidad intermedia de la carretera periférica Cozumel, Quintana Roo. Sociedad para el Manejo de los Recursos Silvestres S. C. 1997.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Querétaro-SLP tramo La Paz-límite de los estados con S.L.P. IDDEC. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Ramales de la Costa de Jalisco. ECO Ingeniería. 1997.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Aguascalientes-Zacatecas tramo Rincón de Romos entronque Guadalupe. ECO. Ingeniería. 1997.

Informe Preventivo de la ampliación de la carretera Ramal Culiacán Costa Rica Sinaloa. An Consultores. 1992.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Saltillo-Monterrey-Coahuila-Nuevo León. Planeación y Proyectos de Ingeniería. 1998.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la autopista Sayula Veracruz-Ocozocuatla Chiapas. IDDEC. 1991.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general la carretera Guadalajara-Colima. Planeación y Proyectos de Ingeniería. 1998.

Manifestación de impacto ambiental modalidad intermedia de la carretera Tenosique-El Ceibo. Flores S. R. M. 1996.

Informe Preventivo de la carretera Torreón-Cuencamé. IDDEC. 1992

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Tampico- Linares tramo Cuauhtémoc-Ciudad Victoria. Solta Pruna.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Tepic Nayarit-Mazatlán Sinaloa. Centro de Ecología-UNAM. 1998.

Informe Preventivo de la carretera Chihuahua Ciudad Juárez.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Villahermosa-Zacatal. Consultores en Ingeniería Civil.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Yautepec-Ayala Morelos. Eco Ingeniería. 1997.

Informe Preventivo de la carretera Zapotlanejo-Lagos de Moreno, Jalisco. Orva Ingeniería.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general de la carretera Tuxpan-Tampico. Solta Pruna S.A. de C.V.

**ANEXO 1**

**HOJAS DE SEGURIDAD**

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

<b>Acetato de etilo</b>			
No.CAS		141-78-6	Ester acético
No. RTECS		AH5425000	Eter acético
No. ICSC		03667	Etil ester de ácido acético
No. Naciones Unidas			Etil etanoato
No. CE			Peso Molecular: 88.1
Límites de	Peligros/Síntomas agudos	Prevención	Primeros auxilios/ Lucha contra incendios.
Incendio.	Inflamable	No producir llama abierta, No producir chispas y No fumar.	Polvos, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
Explosión			
Exposición			
Inhalación.	Irritación de fosas nasales y mucosas en general	Utilización de equipo de seguridad, mascarilla y en casos donde la concentración sea mayor al IDLH se requiere equipo de respiración semiautónomo.	Proporcionar algún tipo de soporte respiratorio y someterse a atención médica inmediata.
Piel	Irritación	Utilización de equipo de seguridad, mascarilla y en casos donde la concentración sea mayor al IDLH se requiere equipo de respiración semiautónomo.	Proporcionar algún tipo de soporte respiratorio y someterse a atención médica inmediata.
Ojos	Irritación	Utilización de goggles o mascarilla completa.	Lavar con abundante agua por 15 minutos y someterse a atención medica inmediata.
Ingestión	Irritación del aparato digestivo e intoxicación.	Evitar comer en el área donde se maneja este producto.	Someter a atención médica inmediata.
Derrames y fugas		Almacenamiento	Envasado y etiquetado
Ventilación, recoger el líquido que se derrama y ya derramado en recipientes herméticos tanto como sea posible, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladar a lugar seguro. NO verter en el alcantarillado, NO permitir que este producto químico penetre en el ambiente (protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).		A prueba de incendio, separado de oxidantes fuertes, frío, almacenar solamente si está estabilizado.	Clasificación de peligros Naciones Unidas: 3 Grupo de Envasado Naciones Unidas: III

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Datos importantes	Estado físico; Líquido.	Riesgo de inhalación: Irritación severa de mucosas.
	Peligros Químicos: Es incompatible y reacciona con los oxidantes, catalizadores para polímeros de vinil, peróxidos, ácidos fuertes, cloruro de aluminio. Nota: puede polimerizarse si es contaminado o sujeto a calentamiento. Usualmente contiene un inhibidor como el terbutilcatecol.	Efectos de la exposición de corta duración:  Existencia de irritación aguda en mucosas, piel y ojos, que pueden requerir atención medica de emergencia por su gravedad.
	Límites de exposición laboral: NIOSH REL: TWA 400 ppm (1400 mg/m <sup>3</sup> ) OSHA PEL: TWA 400 ppm (1400mg/m <sup>3</sup> ) Vías de exposición: Inhalación, ingestión, cutánea y/o contacto con los ojos.	Efectos de exposición prolongada o repetida:  No se tienen evidencias concretas acerca de la influencia que pudiera tener esta sustancia sobre el desarrollo de cáncer en humanos.
Propiedades físicas. Líquido incoloro con olor característico a fruta.	Punto de ebullición: 171 °F Solubilidad en agua, g/100 ml a 77°F: 10% Presión de vapor, Pa a 20°C: 73 mmHg Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 2.0 % Punto de inflamación (v.c.): 10.01	Temperatura de autoignición Límites de explosividad, % en volumen en el aire: Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow:
Notas		

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

<b>Acetato de vinilo</b>			
No.CAS	108.05-4	1-Acetoxyetileno	
No. RTECS	AK0875000	Etenil acetato	
No. ICSC	0347	Etenil etanoato	
No. Naciones Unidas		Vinil acetato monomero	
No. CE		Peso Molecular: 86.1	
Límites de	Peligros/Síntomas agudos	Prevención	Primeros auxilios/ Lucha contra incendios.
Incendio	Inflamable	No producir llama abierta, No producir chispas y No fumar.	Polvos, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
Explosión			
Exposición			
Inhalación	Irritación de fosas nasales y mucosas en general	Utilización de equipo de seguridad, mascarilla y en casos donde la concentración sea mayor al IDLH se requiere equipo de respiración semiautónomo.	Proporcionar algún tipo de soporte respiratorio y someterse a atención medica inmediata.
Piel	Irritación	Utilización de equipo de seguridad, mascarilla y en casos donde la concentración sea mayor al IDLH se requiere equipo de respiración semiautónomo.	Proporcionar algún tipo de soporte respiratorio y someterse a atención médica inmediata.
Ojos	Irritación	Utilización de goggles o mascarilla completa.	Lavar con abundante agua por 15 minutos y someterse a atención médica inmediata.
Ingestión	Irritación del aparato digestivo e intoxicación.	Evitar comer en el área donde se maneja este producto.	Someter a atención medica inmediata.
Derrames y fugas		Almacenamiento	Envasado y etiquetado
Ventilación, recoger el líquido que se derrama y ya derramado en recipientes herméticos tanto como sea posible, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladar a lugar seguro. NO verter en el alcantarillado, NO permitir que este producto químico penetre en el ambiente (protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).		A prueba de incendio, separado de oxidantes fuertes, frío, almacenar solamente si está estabilizado.	Clasificación de peligros Naciones Unidas: 3 Grupo de Envasado Naciones Unidas: III

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Datos importantes	Estado físico; Líquido.	Riesgo de inhalación: Irritación severa de mucosas.
	Peligros Químicos: Es incompatible y reacciona con los oxidantes, ácidos, bases, sílica gel, alumina, azocompuestos, ozono. Nota: puede polimerizarse si es contaminado. Usualmente contiene un estabilizante como la hidroquinona o difenilamina para prevenir la polimerización.	Efectos de la exposición de corta duración:  Existencia de irritación aguda en mucosas, piel y ojos, que pueden requerir atención médica de emergencia por su gravedad.
	Límites de exposición laboral: NIOSH REL: C 4 ppm (15 mg/m <sup>3</sup> ) (15 minutos) OSHA PEL: None. Vías de exposición: Inhalación, ingestión, cutánea y/o contacto con los ojos.	Efectos de exposición prolongada o repetida:  No se han asociado efectos adversos con la exposición ocupacional por largo tiempo con esta sustancia.
Propiedades físicas. Líquido incoloro con olor característico a fruta.	Punto de ebullición: 162°F Solubilidad en agua, g/100 ml a 77°F: 2% Presión de vapor, Pa a 20°C: 83 mmHg Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 2.6 % Punto de inflamación (v.c.): 9.19.01	Temperatura de autoignición Límites de explosividad, % en volumen en el aire:
Notas		

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

<b>Estireno</b>			
No. CAS	100-42-5	Vinilbenceno	
No. RTECS	WL3675000	Feniletileno	
No. ICSC	0073	Etenilbenceno. C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>	
No. Naciones Unidas	2055	Peso Molecular: 104.2	
No. CE	601-026-00-0		
Tipos de peligro	Peligros/Síntomas agudos	Prevención	Primeros auxilios/ Lucha contra incendios.
Incendio	Inflamable	No producir llama abierta, No producir chispas y No fumar.	Polvos, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
Explosión	Por encima de 31°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 31°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosiones.	En caso de incendio, mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua.
Exposición			
Inhalación	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea, pérdida de conocimiento, debilidad.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicado, y someter a atención médica.
Piel	Enrojecimiento	Guantes protectores	
Ojos	Enrojecimiento, dolor conjuntivitis	Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial	En primer lugar enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después llevar a un médico.
Ingestión	Dolor abdominal, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de conocimiento, debilidad.		Enjuagar la boca.
Derrames y fugas		Almacenamiento	Envasado y etiquetado
Ventilación, recoger el líquido que se derrama y ya derramado en recipientes herméticos tanto como sea posible, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladar a lugar seguro. NO verter en el alcantarillado, NO permitir que este producto químico penetre en el ambiente (protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).		A prueba de incendio, separado de oxidantes fuertes, frío, mantener en la oscuridad, almacenar solamente si está estabilizado.	Clasificación de peligros Naciones Unidas: 3 Grupo de Envasado Naciones Unidas: III

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Datos importantes	Estado físico; aspecto líquido incoloro a amarillo, aceitoso, con olor característico.	Riesgo de inhalación: En la evaporación de esta sustancia a 20 °C se puede alcanzar bastante lentamente una contaminación perjudicial del aire.
	Peligros Químicos: La sustancia puede formar peróxidos en circunstancias específicas, iniciando una polimerización explosiva. La sustancia se puede polimerizar debido al calentamiento suave bajo la influencia de la luz, con peligro de incendio o explosión. Reacciona fácilmente con oxidantes fuertes.	Efectos de la exposición de corta duración: La sustancia irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias. La ingestión de líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química. La exposición podría causar disminución de la conciencia. La exposición puede producir náusea, cansancio y embriaguez.
	Límites de exposición laboral: TLV: 50 ppm; 213 mg/m <sup>3</sup> (como TWA); 100 ppm; 425 mg/m <sup>3</sup> (como STEL) (ACGIH 1989-1990). PDK: 5 MG/M <sup>3</sup> (URSS 1978)	Efectos de exposición prolongada o repetida: El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede tener efectos sobre los pulmones y el sistema nervioso central dando lugar a somnolencia y vértigo. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos. Puede originar lesión genética de carácter hereditario. Puede originar defectos congénitos.
	Vías de exposición: La sustancia se puede absorber en el cuerpo por inhalación y a través de la piel, y por ingestión.	
Propiedades físicas	Punto de ebullición: 145 °C Densidad relativa (agua = 1): 0.9 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 0.03 Presión de vapor, Pa a 20°C: 670 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,6 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación (v.c.): 31°C	Temperatura de autoignición 490°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,1-6,1 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.2
<b>Notas</b>		
El estireno de grado técnico contiene inhibidores. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. NO utilizar cerca de un fuego, una superficie caliente o mientras se trabaja en soldadura. Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo eliminarlos.		

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

<b>1,3-Butadieno</b>			
No. CAS	106-99-0	Divinilo	
No. RTECS	EI9275000	Eritreno	
No. ICSC	0017	Viniletileno, pirrolileno	
No. Naciones Unidas	1010	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	
No. CE	601-013-00-X	Peso Molecular: 54.1	
Tipos de peligro	Peligros/Síntomas agudos	Prevención	Primeros auxilios/ Lucha contra incendios.
Incendio	Extremadamente inflamable	No producir llama abierta, No producir chispas y No fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, deje que el incendio se extinga por sí mismo.
Explosión	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones.	En caso de incendio, mantener fría la botella por pulverización con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
Exposición			
Inhalación	Sequedad de boca, garganta y nariz, tos, somnolencia, visión borrosa, náusea, pérdida de conocimiento, parálisis respiratoria.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, y someter a atención médica.
Piel		Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa, y someter a atención médica.
Ojos	Enrojecimiento, dolor visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad.	En primer lugar enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después llevar a un médico.
Ingestión		No comer ni beber ni fumar durante el trabajo	
Derrames y fugas		Almacenamiento	Envasado y etiquetado
Evacuar la zona de peligro, consultar a un experto, ventilación, NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido (protección adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).		A prueba de incendio, frío	Clasificación de peligros Naciones Unidas: 2.1 Riesgos Subsidiarios Naciones Unidas: III

**AREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Datos importantes	<p>Estado físico; aspecto Gas líquido comprimido, incoloro, con olor característico.</p>	<p>Vías de exposición: La sustancia se puede absorber en el cuerpo por inhalación.</p>
	<p><b>Peligros Físicos:</b> El gas es más pesado que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición remota. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p>	<p><b>Riesgo de inhalación:</b> Al producirse una pérdida de gas se alcanzará muy rápidamente una concentración perjudicial de éste en el aire.</p>
	<p><b>Peligros Químicos:</b> La sustancia puede formar peróxidos en circunstancias específicas, iniciando una polimerización explosiva. La sustancia se puede polimerizar debido al calentamiento suave bajo la influencia de la luz, con peligro de incendio o explosión. La sustancia se descompone con explosión por calentamiento rápido a presión. Reacciona vigorosamente con oxidantes y otras muchas sustancias, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al cobre y sus aleaciones, formando compuestos sensibles al choque.</p>	<p><b>Efectos de exposición prolongada o repetida:</b> La sustancia puede tener efectos sobre la médula ósea y el hígado. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos. Puede originar lesión genética de carácter hereditario. Puede producir disfunciones en la fertilidad masculina (sólo existen datos sobre animales). Puede originar defectos congénitos.</p>
	<p><b>Límites de exposición laboral:</b> TLV: 10 ppm; 22 mg/m<sup>3</sup> (como TWA); A2 (ACGIH 1989-1990). PDK: 100 MG/M<sup>3</sup> (URSS 1978)</p>	<p><b>Efectos de la exposición de corta duración:</b> La sustancia irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias. La ingestión de líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química. La exposición podría causar disminución de la conciencia. La exposición puede producir náusea, cansancio y embriaguez.</p>
Propiedades físicas	<p>Punto de ebullición: -4 °C Punto de fusión: -109°C. Densidad relativa (agua = 1): 0.6 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 0.05 Presión de vapor, kPa a 20°C: 245 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.9 Punto de inflamación: gas inflamable.</p>	<p>Temperatura de autoignición 414°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,1-16,3 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.2</p>

Notas

La notación A2 de ACGIH indica sospecha de carcinogenicidad para los seres humanos. El material de conducción de este gas no debe contener más del 63% de cobre. El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. La alerta de olor es insuficiente cuando se supera el valor límite de exposición. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.

INCENDIO: PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS: En otros casos se apaga con polvos, dióxido de carbono.

EXPLOSIÓN: PREVENCIÓN: Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. Utilicenses herramientas manuales de chispa reducida.

PIEL: PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS: Utilizar guantes protectores cuando se administren primeros auxilios.

<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUBSTANCIAS QUIMICAS GASOLINA</b>	
NOMBRE COMERCIAL: Gasolina	RIESGO DE INCENDIO.
NOMBRE QUIMICO: Hidrocarburo	TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: 853 °F
SINONIMO	PUNTO DE INFLAMACION: -36°F (C.C.)
FORMULA QUIMICA: C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> a C <sub>9</sub> H <sub>2</sub> PORCENTAJE Y NOMBRE DE COMPONENTES RIESGOSOS: NUMERO CAS (CHEMICAL ABSTRACTS SERVICES): No disponible. NUMERO DE NACIONES UNIDAS: 1203. NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR: EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE AL TELEFONO O FAX NUMERO:	RESIDUOS PARA LA SALUD. INGESTION ACCIDENTAL: Causa irregularidades en el ritmo cardiaco. Si se ingieren grandes cantidades se recomienda no inducir al vómito y que un medico practique un lavado de estómago. CONTACTO CON LOS OJOS: Lavar abundantemente con una copa de agua. CONTACTO CON LA PIEL: Quitar frotando y lavar con agua y jabón. ABSORCION: INHALACION: Causa vértigo, dolor de cabeza y falta de coordinación o, en muchos casos severos actúa como anestésico, ocasiona estados de coma, falta de respiración.
PROPIEDADES FISICAS. PESO MOLECULAR (g/g.mol): 107 = 114 DENSIDAD A TEMPERATURA INICAL (T1) (g/ml): 0.05021 = 0.00000. PUNTO DE EBULLICION (°C ): 50 = 199 CALOR LATENTE DE VAPORIZACION A T2 (cal/g): 71 =81 CALOR DE COMBUSTION (LIQUIDO) (ETU/lb): 18,720 TEMPERATURA DE LIQUIDO EN PROCESO (°C): 157.78 = 247 TEMPERATURA DE FUSION (°C): no proceda. VOLUMEN A CONDICIONES NORMALES (m3): VOLUMEN DEL PROCESO (gal): 300 = 5000 GPM. PRESION DE VAPOR (mmHg e20 °C1: 302.0g) DENSIDAD DE VAPOR (aire =1): 3 = 4. DENSIDAD RELATIVA: 0.702 20 °c (LIQUIDO). SOLUBILIDAD EN AGUA: No soluble. PORCIENTO DE VOLATILIDAD; VELOCIDAD EVAPORACION (líquido). OTROS DATOS	RIESGO DE FUEGO O EXPLOSION. MEDIOS DE EXTINCION: Niebla de agua, espuma, CO <sub>2</sub> , químico seco, vapor o agua. EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION, (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO: Manguera, boquillas, camiones, cascos, pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillo, hacha, palas, etc. PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO: Reglamento General Contra incendio. CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN(A) PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES: Derrames no controlados que alcancen una flama. Los vapores de gasolina no controlados que alcanzan una fuente de ignición pueden conducir a explosión. PRODUCTOS DE COMBUSTION: CO <sub>2</sub> Y H <sub>2</sub> O. INFLAMABILIDAD. LIMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD (%): 7.4. LIMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD (%): 1.4.

<p>DATOS DE REACTIVIDAD. CLASIFICACION DE SUSTANCIAS POR SU ACTIVIDAD QUIMICA, REACTIVIDAD CON EL AGUA Y POTENCIAL DE OXIDACION: O (No reactivo) ETABILIDAD DE LAS SUSTANCIAS: Estable. CONDICIONES A EVITAR: No mezclar con ácido nítrico. INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR): Acido Nítrico. DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS: No significativa. POLIMERIZACION PELIGROSA:</p>	<p>TOXICIDAD. IDLH (ppm o mg/m3): Dato no disponible. TLV 8 horas (ppm o mg/m3): 300 ppm. TLV 30 min (ppm o mg/m3): 500 ppm. DAÑO GENETICO: CLASIFICACION DE SUSTANCIAS DE ACUERDO A LAS CARACTERISTICAS CARCINOGENICAS EN HUMANO, POR EJEMPLO INSTRUCTIVO No 10 DE LA SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL U OTROS. ESPECIFICA: No carcinogénico.</p>
<p>CARACTERISTICAS OBSERVABLES. ESTADO FISICO: Líquido COLOR: Incoloro, pálido cobrizo, rosado. OLOR: A gasolina.</p>	<p>CORROSIVIDAD. CLASIFICACION DE SUSTANCIAS POR SU GRADO DE CORROSIVIDAD:</p>

<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUBSTANCIAS QUIMICAS DIESEL</b>	
NOMBRE COMERCIAL: Gasolina	RIESGO DE INCENDIO.
NOMBRE QUIMICO:	TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: 210 °C
SINONIMO	PUNTO DE INFLAMACION: 38 – 52 °C
FORMULA QUIMICA: No procede. PORCENTAJE Y NOMBRE DE COMPONENTES RIESGOSOS: NUMERO CAS (CHEMICAL ABSTRACTS SERVICES): Dato no disponible. NUMERO DE NACIONES UNIDAS: 1203. NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR: EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE AL TELEFONO O FAX NUMERO:	RESIDUOS PARA LA SALUD. INGESTION ACCIDENTAL: Causa náuseas, vomito, depresión del sistema nervioso central, dolor de cabeza, coma, vibración pulmonar. No inducir el vómito y recibir atención médica. CONTACTO CON LOS OJOS: Lavar abundantemente con una copa de agua por 15 minutos aproximadamente. CONTACTO CON LA PIEL: Quitar frotando y lavar con agua y jabón. ABSORCION: INHALACION:
PROPIEDADES FISICAS. PESO MOLECULAR MEDIO (g/g.mol): 230 = 533 DENSIDAD A TEMPERATURA INICIAL (T1) (g/ml): PUNTO DE EBULLICION (°C ): 228 – 308 CALOR LATENTE DE VAPORIZACION A T2 (cal/g): No procede CALOR DE COMBUSTION (LIQUIDO) (ETU/lb): 10,550 TEMPERATURA DE LIQUIDO EN PROCESO (°C): 245 TEMPERATURA DE FUSION (°C): no procede. VOLUMEN A CONDICIONES NORMALES (m3): VOLUMEN DEL PROCESO (gal): 167 GPM. PRESION DE VAPOR (mmHg 20 °C1): No procede DENSIDAD DE VAPOR (aire =1): DENSIDAD RELATIVA: 0.702 20 °C (LIQUIDO). SOLUBILIDAD EN AGUA: No soluble. PORCIENTO DE VOLATILIDAD; VELOCIDAD EVAPORACION (líquido). OTROS DATOS	RIESGO DE FUEGO O EXPLOSION. MEDIOS DE EXTINCION: CO <sub>2</sub> y químico seco. EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION, (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO: Manguera, boquillas, camiones, cascos, pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillo, hacha, palas, etc. PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO: Reglamento General Contra incendio. CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN(A) PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES: Cuando se expone a calor, flama u oxidantes. PRODUCTOS DE COMBUSTION: CO <sub>2</sub> Y H <sub>2</sub> O. INFLAMABILIDAD. LIMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD (%): 6.0. LIMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD (%): 1.3.

<p>DATOS DE REACTIVIDAD. CLASIFICACION DE SUSTANCIAS POR SU ACTIVIDAD QUIMICA, REACTIVIDAD CON EL AGUA Y POTENCIAL DE OXIDACION: ESTABILIDAD DE LAS SUSTANCIAS: Estable. CONDICIONES A EVITAR: No mezclar con ácido nítrico. INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR): Acido Nítrico. DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS: POLIMERIZACION PELIGROSA:</p>	<p>TOXICIDAD. IDLH (ppm o mg/m3): Dato no disponible. TLV 8 horas (ppm o mg/m3): No aplica. TLV 30 min (ppm o mg/m3): Dato no disponible. DAÑO GENETICO: CLASIFICACION DE SUSTANCIAS DE ACUERDO A LAS CARACTERISTICAS CARCINOGENICAS EN HUMANO, POR EJEMPLO INSTRUCTIVO No 10 DE LA SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL U OTROS. ESPECIFICA: Carcinogénico reconocido.</p>
<p>CARACTERISTICAS OBSERVABLES. ESTADO FISICO: Líquido COLOR: Café claro. OLOR:</p>	<p>CORROSIVIDAD. CLASIFICACION DE SUSTANCIAS POR SU GRADO DE CORROSIVIDAD:</p>