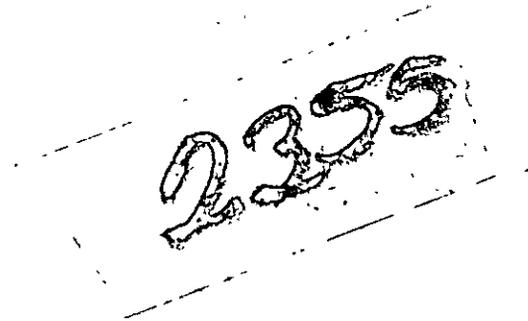


FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

BACHEO RENIVELACIÓN Y RIEGO DE SELLO
Programa de Capacitación CAPUFE 1998.

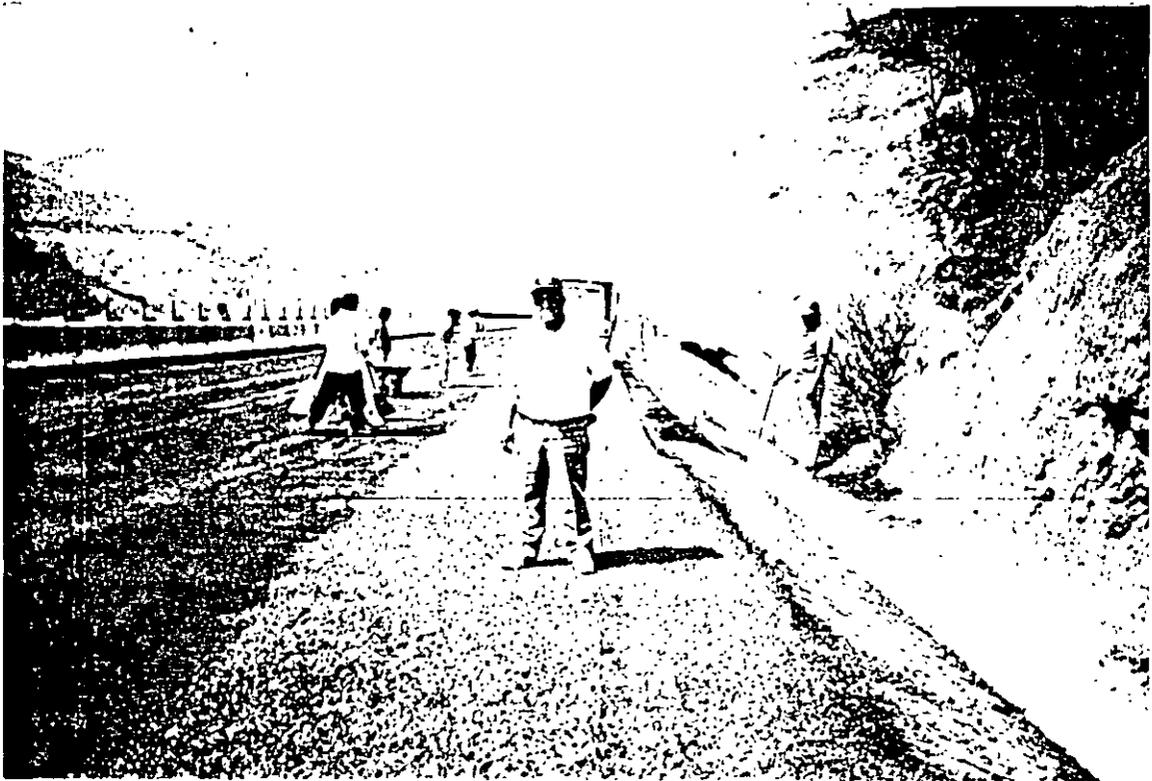


Apuntes Generales

Pedro Sánchez Pulido
1998.

INDICE

	pag
1.- introduccion.....	1-2
2.- normas y procedimientos.....	3-4
3.- pavimentos.....	5-6
4.- relleno de grietas.....	7-9
5.- renivelaciones.....	9-11
6.- bacheo.....	11-16
7.- riegos de sellos.....	16-
8.- difiniciones y funciones.....	17-23
9.- equipo.....	24-27
10.- fallas.....	27-28
11.- carpetas o sobre carpetas.....	29-39
12.- sub bases y bases.....	39-44
13.- bases estabilizadas.....	44-49
14.- generalidades.....	50-52
15.- desmonte.....	52-55
16.- obras marginales.....	55-58
17.- rastreos.....	58-59
18.- teoria de las emulsiones anionicas y cateonicas.....	60-72
19.- tabla para la aplicacion del asfalto.....	73-
20.- ejercicio de las partes de la quinta rueda.....	74-77
21.- ejercicio # 1.....	78-79
22.- ejercicio # 2.....	80-
23.- bibliografia.....	81-



I N T R O D U C C I O N

El crecimiento economico de un pais va acompaado por el desarrollo de sus vias de comunicacion de un modo importante.

Se incrementa la cantidad de carreteras, puertos, vias ferroviarias, aeropuertos, transporte pluvial como una necesidad DE intercambio comercial entre diferentes regiones de un mismo pais y entre paises diferentes.

La expansion economica que experimento Mexico a partir de 1925- Hizo que el pais contara para 1930 con 1426 kilometros de carreteras. a partir de entonces, la construccion de carreteras ha ido en aumento constante contando para 1980 con 212,626 kilometros.

Año con año los programas para construccion de nuevas carreteras, aumenta de modo considerable, estos programas son coordinados por la secretaria de comunicaciones y transportes.

Los motivos para tomar el criterio de construir una nueva carretera, pueden ser:

- 1.- integrar a nucleos de poblacion que se encuentran marginados a los beneficios de la sociedad, como educacion, atencion medica. etc., integrado a la vida social del pais.
- 2.- Llevar los productos producidos por las regiones agricolas a los centros de consumo.
- 3.- Incrementar la capacidad de transporte de personas y mercancías, de zonas que se encuentran ya comunicadas pero su crecimiento obliga a la construccion de nuevas carreteras por volverse las primeras construidas obsoletas.

Considerando la importancia de las carreteras, calles y avenidas de un pais, las decisiones sobre los trazos, diseños de pavimentos y conservacion de los pavimentos existentes son llevados a cabo por gente experimentada en esta area y que a lo largo de los años han podido observar como cambian las condiciones y los criterios de diseño para un pavimento.

Con el aumento del peso de los vehiculos de carga, se ha hecho necesario reconstruir las carreteras que no se habian diseñado para estas nuevas condiciones de intensidad de carga y número cada vez de vehiculos.

Las alternativas de pavimentos en general se separan en dos grupos: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles, quedando a criterio del valuador el tipo de pavimento que convenga a las condiciones económicas del país.

La problemática financiera a nivel mundial obliga a los países a modificar sus criterios respecto a la inversión pública. Generando de una manera peculiar el incremento en el factor de mantenimiento y conservación de las obras existentes ya que la construcción de obras nuevas obliga a hacer un estudio de rentabilidad, social cada vez más profundo.

El personal técnico encargado de la construcción y conservación de obras de beneficio social tiene un compromiso muy importante con la sociedad de tal manera, debe actualizar sus conocimientos con las técnicas, procedimientos y tecnología avanzada para el mejor cumplimiento de sus labores que realiza.

Las Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras que aquí se exponen, han sido formuladas con la idea de uniformar, entre el personal encargado de esas actividades, el criterio a seguir para la realización de los trabajos correspondientes. Es de esperarse que, mediante la difusión de estas Normas, se obtenga uniformidad también en el lenguaje y la nomenclatura.

Se detallan los procedimientos a que deberán sujetarse las labores más usuales en la conservación de carreteras, se dan algunas ideas respecto a la periodicidad de las mismas y, cuando ello es posible, se proporciona una base numérica para juzgar, en un momento dado, si cierta parte de la carretera está recibiendo la conservación adecuada.

Es necesario hacer hincapié en que estas Normas son complemento de las Especificaciones Generales de Construcción de esta Secretaría, y en que de ninguna manera las sustituyen o las anulan; por el contrario, en caso de duda, siempre deberá prevalecer lo indicado en las citadas Especificaciones.

En los diversos Capítulos de estas Normas, tanto en la parte correspondiente a conservación como a reconstrucción, se hace referencia a diversas publicaciones o dependencias de esta Secretaría, por lo cual a continuación se explica el significado que en

cada caso deberá dárseles, con objeto de evitar su continua repetición en el texto:

ESPECIFICACIONES. Siempre que se mencionen se entenderá que se hace referencia a las Especificaciones Generales de Construcción de esta Secretaría, que estén en vigor.

LABORATORIO. Siempre se referirá a los laboratorios de campo que esta Secretaría tiene para efectuar estudios de materiales, hacer los proyectos de pavimentos de carreteras en sus etapas de construcción, conservación y reconstrucción, así como para llevar el control de calidad de las obras ejecutadas. Dichas oficinas dependen de la Dirección General de Laboratorios y Control de Calidad.

CAPITULO I. PAVIMENTOS

GENERALIDADES

Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, debidos a condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes climáticos. Considerando que, de todos los elementos que constituyen un camino, la superficie de rodamiento es lo que más determina la posibilidad de un tránsito rápido, cómodo y seguro, será por demás importante el corregir oportunamente sus deterioros para evitar que progresen y obliguen a una reconstrucción para su arreglo. Por ello, es lógico que una gran parte del esfuerzo en la conservación de carreteras se dedique a estas labores.

En el presente Capítulo se dan las normas y procedimientos a que deberán sujetarse, en términos generales, las labores que son más usuales para conservar en buenas condiciones la superficie de rodamiento, cuando está constituida por un pavimento flexible, de acuerdo con el siguiente orden:

- 1-01 Relleno de grietas
- 1-02 Renivelación
- 1-03 Bacheo
- 1-04 Riego de sello
- 1-05 Rastreos y/o recargues en caminos revestidos o en terracerías.

1-01 RELLENO DE GRIETAS

1-01.1 GENERALIDADES. Las grietas son una manifestación muy frecuente de falla y su causa puede tener su origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales subyacentes.

No es posible, en el caso de las grietas, dar un valor numérico que indique cuándo son susceptibles de corrección mediante labores de conservación y cuándo debe procederse a efectuar una reconstrucción. Sin embargo, como norma, puede establecerse que siempre que se presenten agrietamientos en un pavimento, deberá procederse de inmediato a su relleno o corrección, de la manera que se describe a continuación, para evitar que la falla progrese y puedan presentarse deterioros mayores en el pavimento, independientemente de realizar los estudios necesarios para localizar y suprimir la causa de la falla.

1-01.2 PROCEDIMIENTO. Los lineamientos generales que se tomarán en cuenta para efectuar la corrección de grietas, según el tipo de las mismas, son los siguientes:

- A) Grietas aisladas cuya profundidad no sobrepase el espesor de la capa de base. El procedimiento para su reparación será:
- 1) Cuando el ancho de la grieta sea de tres (3) milímetros o menor, se rellenará con un producto asfáltico cuya fluidez a la temperatura de aplicación especificada garantice la penetración. De preferencia deberán usarse asfaltos rebajados de fraguado rápido.
 - 2) Cuando el ancho de la grieta sea mayor de tres (3) milímetros, se rellenará, ya sea con una mezcla de producto asfáltico y arena cuya fluidez garantice una adecuada penetración, o bien con capas alternas de arena y producto asfáltico, cuidando que la última capa sea siempre de este último material.

- 3) Al terminar el relleno de la grieta, deberá extenderse el producto o mezcla asfáltica sobrante que hubiere quedado sobre el nivel de la carpeta.
 - 4) En ningún caso deberá ampliarse una grieta para obtener mejor penetración del material de relleno.
- B) Grietas aisladas cuya profundidad llegue a las capas de sub-base o terracerías.
- En estos casos será muy importante el estudiar la causa de la falla, para poder definir la solución y procedimientos de reparación más adecuados. En términos generales, este procedimiento podrá consistir en abrir caja en el ancho mínimo necesario para trabajar, preferentemente hasta el fondo de la grieta y proceder a su relleno en forma semejante a la descrita en la cláusula correspondiente a bacheo.
- C) Grietas abundantes en carpeta firme.
- Por su número, no pueden rellenarse individualmente, debiendo repararse la carpeta con un tratamiento general de toda la superficie de rodamiento, de acuerdo con los siguientes lineamientos:
- 1) Si las grietas son de un ancho hasta de tres (3) milímetros y la base se encuentra en buen estado, podrá efectuarse un tratamiento superficial, como riego de sello o mortero asfáltico.
 - 2) En caso de que las grietas tengan un ancho promedio superior a tres (3) milímetros y la base se encuentre en buen estado, deberá programarse la reconstrucción más adecuada, que en general podrá ser una carpeta nueva o una sobrecarpeta.
- D) Agrietado abundante, con porciones de carpeta suelta, sobre base en buen estado, sin deformaciones permanentes:
- 1) Cuando se presenta en zonas aisladas, deberá removerse la carpeta en dichas zo-

nas y proceder a la reparación de acuerdo con lo indicado en las cláusulas de bacheo o renivelación.

- 2) Cuando el área de la zona dañada sea superior al cincuenta por ciento (50%) del área total de la superficie de rodamiento, deberá removerse el total de la carpeta asfáltica y proceder a construir una nueva.

E) Grietas paralelas acompañadas de deformaciones.

Como generalmente este tipo de grietas es producido por fallas en las capas inferiores adyacentes a la carpeta, deberán efectuarse en cada caso los estudios necesarios para determinar la causa de la falla y suprimirla, aplicando el tratamiento adecuado antes de reponer la carpeta. Tomando en cuenta que la falla no es solamente de carpeta, en general no son aplicables tratamientos superficiales o sobrecarpetas; y para aquellos trabajos tales como construcción o modificación del sub-drenaje, sub-base, base u otros, deberán seguirse los procedimientos dados por estas normas, en las cláusulas respectivas.

1-02 RENIVELACION

1-02.1 DEFINICION. Conjunto de labores requeridas para reponer la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento en su nivel original.

1-02.2 NORMAS. Se estudiará con el auxilio del laboratorio la causa de la falla, a fin de efectuar la corrección adecuada y que garantice que la deformación no vuelva a presentarse en un lapso previsible. Siempre que existan asentamientos y se programe alguna reconstrucción sobre la superficie de rodamiento, se deberán efectuar previamente los trabajos de renivelación necesarios, para lograr uniformidad en los espesores y en la superficie de rodamiento de las nuevas carpetas.

1-02.3 PROCEDIMIENTO. La manera de efectuar las nivelaciones será la que a continuación se indica:

- A) En caso de deformaciones pequeñas, del orden de uno (1) a tres (3) centímetros, éstas podrán corregirse empleando el sistema de riegos, como se indica en la cláusula 1-04 de este Capítulo.
- B) Cuando las deformaciones sean superiores a los tres (3) centímetros, se usará para su corrección mezcla asfáltica, de acuerdo con los siguientes lineamientos:
 - 1) La zona por nivelar deberá limpiarse de materia extraña tal como tierra, hierbas, desechos de animales u otros.
 - 2) Deberá definirse y marcarse el área por nivelar, siguiendo aproximadamente el perímetro que abarque en su totalidad la zona fallada.
 - 3) Una vez definida el área por nivelar, se abrirá una caja perimetral de aproximadamente cinco (5) centímetros de ancho y espesor, con objeto de evitar espesores pequeños en las orillas de la nivelación, así como que la mezcla se corra.
 - 4) Excepción hecha de cuando esté constituida por una base impregnada o una carpeta de un riego, deberá picarse la superficie de rodamiento en la zona por nivelarse, dando un espaciamiento aproximado entre cada golpe de zapapico de treinta (30) centímetros, barriendo a continuación el material excedente.
 - 5) Se dará un riego de liga, con el tipo de producto asfáltico y temperatura que marquen las Especificaciones, de acuerdo con lo siguiente:
 - a) El asfalto deberá cubrir uniformemente y en su totalidad el área por reparar.
 - b) La dosificación debe ser tal que logre

la perfecta adhesión de la mezcla asfáltica, sin producir exceso de asfalto en la superficie.

- c) Se dará el tiempo necesario de fraguado a fin de evitar solvente atrapado y deslizamiento.
- 6) La mezcla asfáltica deberá cumplir con las Especificaciones de materiales para carpeta o bases asfálticas, pero variando el tamaño máximo del material pétreo, de acuerdo con el espesor de la capa por construir, en forma tal que nunca exceda del cuarenta por ciento (40%) de ella. Cuando la profundidad del asentamiento exceda de siete (7) centímetros, deberá rellenarse en dos (2) o más capas; la capa superficial podrá tener hasta seis (6) centímetros de espesor suelto y las inferiores un máximo de diez (10) centímetros de espesor suelto.
- 7) Las capas deberán compactarse con rodillo o aplanadora, desde las orillas hacia el centro. El pisón de mano sólo deberá usarse en compactación de renivelaciones poco profundas y cuya superficie no exceda de cuatro (4) metros cuadrados. En ningún caso deberá dejarse la zona renivelada a la acción del tránsito, sin antes proporcionarle la debida compactación.
- 8) Deberá sellarse la zona renivelada en un lapso no mayor de un (1) mes, siguiendo los lineamientos dados en el Capítulo respectivo de estas Normas.

1-03 BACHEO

1-03.1 DEFINICION. Conjunto de labores requeridas para reponer una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruida y removida por el tránsito. Estas porciones se dividen por su tamaño en calaveras y baches, según sea su dimensión mayor, respectivamente, inferior o superior a quince (15) centímetros.

1-03.2 NORMAS

A) *Calaveras*. Tomando en cuenta que la presencia de calaveras implica la falla de la superficie de rodamiento, deberá considerarse que su relleno, en la forma que aquí se describe, sólo podrá tomarse como solución definitiva en el caso de que se encuentren muy aisladas.

Cuando las calaveras lleguen a presentarse en número de una (1) por cada diez (10) metros de camino, o bien que se note que su número tienda a incrementarse tan rápidamente, por ejemplo, que se dupliquen en un lapso de tres (3) meses, deberá procederse de inmediato al estudio de la falla para programar la reconstrucción que proceda con la mayor brevedad posible. Esta reparación deberá efectuarse con la suficiente anticipación para no permitir, en ningún caso, que llegue a ser su número del orden de una calavera por cada doce (12) metros cuadrados de superficie.

B) *Baches*. Cuando los baches se presentan en número de uno (1) o dos (2) por cada veinte (20) metros de camino, y esto suceda en tramos de cien (100) metros o mayores, deberá iniciarse de inmediato el estudio de la falla y programar la reconstrucción de manera que se efectúe oportunamente, para que en ningún caso lleguen a existir cinco (5) o más baches por cada veinte (20) metros de camino o bien que en superficie representen más de un (1) metro cuadrado, en la longitud mencionada.

1-03.3 PROCEDIMIENTOS

A) *Calaveras*. La calavera debe atenderse oportunamente para impedir que se convierta en bache y origine mayor costo de reparación y serios perjuicios al tránsito. El procedimiento para su reparación deberá ser el siguiente:

1) La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña, tal como tierra, hierbas,

desechos de animales u otros, y removerse el material suelto de la superficie de rodamiento.

- 2) La zona por reparar deberá estar seca. Si las condiciones climáticas locales y la falta de equipo adecuado no lo permiten y existe la urgencia de efectuar el trabajo, deberán usarse los productos asfálticos y/o los aditivos que recomiende el laboratorio.
- 3) Deberá darse en la zona por reparar un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y temperatura adecuada de acuerdo con el Capítulo respectivo de las Especificaciones Generales de Construcción.
- 4) La calavera deberá rellenarse con mezcla asfáltica elaborada de acuerdo con las Especificaciones, pero con material pétreo de un tamaño no mayor del cuarenta por ciento (40%) de la profundidad de la oquedad. Deberá ponerse la mezcla en un volumen superior aproximadamente en un veinte por ciento (20%) al de la oquedad, con objeto de que al compactarse quede al nivel de la superficie de rodamiento.
- 5) Deberá compactarse con pisón o rodillo ligero, pero nunca dejarse sin la debida compactación a la acción del tránsito.

B) *Baches*. Los baches se dividen en profundos o superficiales, siendo estos últimos los que afectan exclusivamente a la carpeta. El procedimiento para su reparación deberá ser el siguiente:

- 1) La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña, tal como tierra, hierbas, desechos de animales u otros.
- 2) Deberá definirse y marcarse el área por reparar, cuidando que tenga forma rectangular y que dos de sus lados sean perpendiculares al eje del camino.

- 3) De acuerdo con el área delimitada, se efectuará la excavación, llegando hasta la profundidad necesaria para remover todo el material alterado, ya sea por exceso de agua o de arcilla.
- 4) Si al efectuar la excavación se ve la necesidad de ampliar el área de la misma, para poder remover todo el material alterado, la ampliación respectiva deberá a su vez ser rectangular y de lados paralelos y perpendiculares al eje del camino.
- 5) Se completará la excavación hasta la profundidad prefijada, cuidando de obtener paredes verticales y de remover todo el material suelto.
- 6) En el caso de baches profundos, la excavación deberá ser más amplia en la capa de carpeta, para que al reconstruirla cubra la unión o junta entre capas inferiores.
- 7) En el caso de baches profundos, para obtener condiciones de trabajo apropiadas que garanticen la debida colocación y compactación del material con el que se rellene la oquedad, deberán considerarse los siguientes lineamientos:
 - a) Si la profundidad es de cuarenta (40) centímetros o mayor, el ancho mínimo deberá ser de sesenta (60) centímetros.
 - b) El lado menor deberá ser cuando menos el doble del ancho del pisón o una y media ($1\frac{1}{2}$) veces el ancho del rodillo ligero.
- 8) El bacheo se efectuará con mezcla asfáltica, que cumpla con las Especificaciones de materiales para carpeta y/o bases asfálticas. Cuando la oquedad tenga una profundidad mayor de siete (7) centímetros, deberá rellenarse en varias capas. La capa superficial deberá tener de cuatro (4) a seis (6) centímetros de espesor

suelto y en ella podrá usarse material pétreo hasta de diecinueve (19) milímetros ($3/4''$). Las capas inferiores deberán tener un espesor suelto no mayor de diez (10) centímetros y en ellas se podrá usar material pétreo con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros ($1\frac{1}{2}''$).

- 9) La capa superficial deberá dejarse ligeramente excedida en volumen, aproximadamente en un veinte por ciento (20%), para que al compactarse quede al mismo nivel de la superficie de rodamiento existente.
- 10) En caso de baches profundos, y cuando se considere económico el procedimiento, podrán construirse las capas inferiores con materiales de los usados en la construcción de sub-bases o bases, cuidando de que se cumplan los siguientes requisitos:
 - a) Para el relleno correspondiente a las capas de terracería o sub-base, podrá usarse material de sub-base o base.
 - b) Para el relleno correspondiente a la capa de base, deberá utilizarse exclusivamente material que cumpla con las Especificaciones relativas a esta capa.
 - c) En ambos casos, los materiales deberán compactarse de acuerdo con las Especificaciones.
- 11) Independientemente del espesor y tipo de la carpeta existente, incluyendo el caso de baches aislados en bases impregnadas, la capa superficial del bacheo consistirá en mezcla asfáltica con un espesor no menor de cuatro (4) centímetros compactos.
- 12) Antes de iniciar el relleno con mezcla asfáltica, deberá darse en las paredes y piso un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y a la temperatura que indiquen las Especificaciones.

- 13) Las capas deberán compactarse con pisón de mano o rodillo ligero, pero nunca dejarse a la acción del tránsito sin la debida compactación.
- 14) Deberá sellarse la zona bacheada en un lapso no mayor de quince (15) días, siguiendo los lineamientos dados en el Capítulo respectivo de estas Normas.

1-04 RIEGO DE SELLO

1-04.1 DEFINICION. Aplicación de un material asfáltico que se cubre con una capa de material pétreo, para impermeabilizar el pavimento, protegerlo del desgaste y proporcionar una superficie antideslizante.

1-04.2 NORMAS. Atendiendo a la magnitud de los trabajos y organización establecida para efectuarlos, se considera el riego de sello como labor de conservación cuando la superficie tratada no exceda de mil (1 000) metros lineales continuos.

1-04.3 PROCEDIMIENTO. En la ejecución de los riegos de sello deberá seguirse el procedimiento indicado en la cláusula 5-02 del Capítulo V de estas Normas. Sin embargo, si por causa de fuerza mayor no se puede utilizar el equipo adecuado, podrán aceptarse las siguientes variantes:

- A) En superficies que no excedan de sesenta (60) metros cuadrados, cubriendo baches, re-nivelaciones o tramos agrietados, el producto asfáltico y el material pétreo podrán aplicarse a mano.
- B) En superficies no mayores de seis mil (6 000) metros cuadrados continuos, sólo podrá extenderse a mano el material pétreo, debiendo usarse petrolizadora para el riego del producto asfáltico.
- C) Aun en trabajos de volúmenes pequeños, deberá usarse material pétreo que cumpla con las Especificaciones, tanto por lo que se refiere a la calidad del material, como a granulometría, cuidando expresamente que no tenga polvo:

5-01 DEFINICIONES Y FUNCIONES

5-01.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

- A) *Definición.* Es aquel cuya capa de rodamiento está constituida por una carpeta asfáltica que se apoya sobre una base y una sub-base.

5-01.2 SUB-BASE

- A) *Definición.* Capa de materiales seleccionados comprendida entre la sub-rasante y la base.
- B) *Funciones.*
- 1) Transmitir los esfuerzos a la capa sub-rasante en forma conveniente.
 - 2) Constituir una transición entre los materiales de la base y de la capa sub-rasante, de modo tal que evite la contaminación y la interpenetración de dichos materiales.
 - 3) Disminuir efectos perjudiciales en el pavimento, ocasionados por cambios volumétricos y rebote elástico del material de las terracerías o del terreno de cimentación.
 - 4) Reducir el costo del pavimento, ya que es una capa que por estar bajo la base queda sujeta a menores esfuerzos y requiere de especificaciones menos rígidas, mismas que pueden satisfacerse normalmente con un material más barato que el de la base.

- 5) Contribuir en algunos casos al drenaje de la carretera.

5-01.3 BASE

- A) *Definición.* Capa de materiales seleccionados que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la sub-rasante, limitada en su parte superior por la carpeta.
- B) *Función.* Soportar apropiadamente las cargas transmitidas por los vehículos a través de la carpeta y distribuir los esfuerzos a la sub-base o capa sub-rasante, en tal forma que no les produzca deformaciones perjudiciales.

5-01.4 CARPETA ASFALTICA

- A) *Definición.* Capa o conjunto de capas que se colocan sobre la base, constituidas por material pétreo y un producto asfáltico.
- B) *Función.* Proporcionar al tránsito una superficie estable, prácticamente impermeable, uniforme y de textura apropiada. Cuando se coloca en espesores de cinco (5) centímetros o más, se considera que contribuye, junto con la base, a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos.

5-01.5 SOBRECARPETA

- A) *Definición.* Carpeta que se coloca sobre un pavimento deteriorado por el uso.
- B) *Funciones.*
- 1) Restituir las características adecuadas de servicio que tuvo el camino cuando fue originalmente terminado.
 - 2) Aumentar la resistencia estructural del pavimento.

5-01.6 RIEGO DE SELLO

- A) *Definición.* Capa de material pétreo, ligada a la carpeta por un producto asfáltico.
- B) *Funciones.*

- 1) Impermeabilizar el pavimento.
- 2) Proporcionar una superficie de desgaste.
- 3) Proporcionar una superficie antiderrapante.
- 4) Proporcionar una superficie con un color tal, que refleje apropiadamente la luz de los faros de los vehiculos.

5-02 RENIVELACION

5-02.1 DEFINICION. Conjunto de operaciones requeridas para reponer al nivel original la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento.

5-02.2 GENERALIDADES. Los trabajos de renivelación pueden considerarse como conservación normal o como reconstrucción, según excedan o no en volumen de doscientos (200) metros cúbicos de mezcla asfáltica por kilómetro.

En la cláusula 1-02, se fijaron las normas y procedimientos por aplicar para conservación, mismos que son aplicables en el caso de la reconstrucción.

5-03 RIEGO DE SELLO

5-03.1 USO

- A) Los casos en los que se recomienda el riego de sello son los siguientes:
- 1) Cuando se requiera proporcionar una superficie de desgaste a una carpeta.
 - 2) Cuando la carpeta existente esté agrietada y/o tenga textura muy abierta, para evitar que se introduzca agua y especialmente que ésta llegue a la base.
 - 3) Dar rugosidad a la superficie para hacerla antiderrapante.
 - 4) Reavivar el asfalto de una carpeta expuesta a la acción de la intemperie.
 - 5) Proteger la carpeta cuando se inicia el proceso de desgranamiento y/o desgaste superficial.

- 6) Obtener en la superficie de rodamiento un color adecuado para mayor visibilidad nocturna.
- B) Los casos en los que no deberá recurrirse al riego de sello, por no ser la solución adecuada, son los siguientes:
- 1) Cubrir defectos de construcción que, en primer lugar no debieron haberse tolerado y cuya solución no sea el riego de sello. Este es el caso, por ejemplo, de carpeta con exceso de asfalto o disolventes, mala granulometría del material u otros.
 - 2) Tratar de corregir deformaciones o agrietamientos ocasionados por defectos de las capas inferiores a la carpeta y/o del drenaje o sub-drenaje.
 - 3) Tratar de corregir desplazamientos del material debidos a la inestabilidad de las mezclas asfálticas o riegos de liga deficientes.

5-03.2 GENERALIDADES

- A) Cuando se ejecute un riego de sello con asfaltos rebajados, el material pétreo deberá estar, de preferencia, seco. Cuando contenga agua libre, producto de lluvias o del banco, pero sin sobrepasar el porcentaje de absorción de las partículas y no sea práctico o económico eliminarla, podrá efectuarse el riego de sello añadiendo un aditivo al asfalto rebajado, o bien empleando emulsión. El porcentaje máximo admisible de humedad en el material pétreo, así como el tipo y porcentaje de aditivo a usar, serán los indicados por el laboratorio.
- B) Tomando en cuenta lo anterior, deberán programarse los trabajos de riego de sello, para efectuarlos de preferencia en la temporada de secas. Además, en las zonas de clima muy extremo se evitará sellar en temporada de frios y/o vientos intensos, porque éstos impiden que el riego sea uniforme.

No deberán permitirse los trabajos de sello, si la temperatura ambiente es inferior a cinco grados centígrados (5° C), si se usan asfaltos rebajados, y de diez grados centígrados (10° C), si se usan emulsiones asfálticas.

5-03.3 MATERIALES

A) Tanto los materiales pétreos, como los asfálticos, deberán ajustarse íntegramente a lo asentado en las Especificaciones. En la siguiente tabla se indican las características que deben reunir los materiales pétreos y asfálticos recomendados para el riego de sello, así como las dosificaciones adecuadas para cada tipo de material.

T A B L A I

Relación de materiales y dosificaciones correspondientes en trabajos de riego de sello

C O N C E P T O	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	
	3 - A	3 - E
I <i>Material pétreo</i>		
1. Granulometría		
A) Que pase por la malla de.....	9.5 mm (3/8")	9.5 mm (3/8")
B) Y se retenga en la malla de.....	Núm. 8	Núm. 4
2. Dosificación en lt/m ² ...	8 a 10	9 a 11
II <i>Material asfáltico</i>		
1. Cemento asfáltico (Temperatura de aplicación 130°C a 160°C).....	0.7 a 1.0	0.8 a 1.0
2. FR3 (75% de cemento asfáltico) (Temperatura de aplicación 60° C a 80°C).....	0.9 a 1.3	1.0 a 1.3

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	
	3 - A	3 - E
3. FR4 (80% de cemento asfáltico) (Temperatura de aplicación 80°C a 100°C).....	0.9 a 1.3	1.0 a 1.3
4. Emulsión catiónica (60% de cemento asfáltico) (Temperatura de aplicación 5°C a 40°C)..	1.2 a 1.7	1.3 a 1.7
5. Emulsión aniónica (55% de cemento asfáltico) (Temperatura de aplicación 5°C a 40°C)	1.3 a 1.8	1.4 a 1.8

Las tolerancias admitidas en la granulometría del material pétreo son las siguientes:

- A) En el material 3-A, puede aceptarse hasta un cinco por ciento (5%) de material retenido en la malla de nueve punto cinco (9.5) milímetros (3/8"); siempre que no sean partículas mayores de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2"); del material que pase por la malla número ocho (8), podrá aceptarse hasta un cinco por ciento (5%), siempre que éste se retenga totalmente en la malla número cuarenta (40).
- B) En el material 3-E, puede aceptarse hasta un cinco por ciento (5%) de material retenido en la malla de nueve punto cinco (9.5) milímetros (3/8"), siempre que no sean partículas mayores de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2"); del material que pase por la malla número cuatro (4) podrá aceptarse hasta un cinco por ciento (5%), siempre que éste se retenga totalmente en la malla número ocho (8).

B) Como puede verse en la tabla, existe cierto margen en la dosificación de los materiales. Dentro de esta variación, aceptada por las Especificaciones, deberá fijarse la dosificación precisa que se requiera, dependiendo de las condiciones existentes en la superficie por sellar y de las características del material pétreo a usar, considerando los siguientes lineamientos generales:

- 1) Se efectuarán una serie de tanteos con distintas dosificaciones de materiales asfálticos y pétreos, en áreas de un (1) metro cuadrado.
- 2) La dosificación más adecuada será aquella con la que se logre una carpeta totalmente cubierta con sello, que tenga un

desprendimiento de material pétreo no mayor del diez por ciento (10%) y que no presente afloramientos de asfalto.

- 3) Cuando, por experiencia anterior en condiciones similares se pueda definir la dosificación probable, se podrá iniciar el trabajo en tramos cortos, de longitud no mayor de trescientos (300) metros, e ir haciendo los ajustes que procedan en los tramos subsecuentes.
 - 4) Deberá verificarse la cantidad de asfalto regada por metro cuadrado, colocando en el tramo por regar un papel de un (1) metro cuadrado y pesando el papel antes y después del riego. Se efectuarán en forma sistemática tres (3) de estas verificaciones por cada mil (1 000) metros lineales de avance.
- C) Cuando, para corregir alguna deficiencia en los materiales pétreos, se requiera usar aditivos, deberán ser del tipo y con la dosificación recomendada por el laboratorio.
- D) Aun cuando ya se ha indicado que los materiales deben cumplir íntegramente lo asentado en las Especificaciones, por su importancia se considera necesario insistir en que el material pétreo, además de tener la granulometría adecuada, satisfaga los siguientes requisitos:
- 1) El desgaste no debe ser mayor del treinta por ciento (30%) de acuerdo con la prueba de Los Angeles.
 - 2) Presentar afinidad con el asfalto. Esta se determina por medio de la prueba de desprendimiento por fricción y no debe ser mayor del veinticinco por ciento (25%).
 - 3) Las partículas que se rompan en forma de laja no deben exceder del treinta y cinco por ciento (35%).

5-03.4 EQUIPO

A) *Petrolizadora.* Para el riego de producto asfáltico se empleará una petrolizadora que reúna, entre otras, las siguientes condiciones:

- 1) Deberá contar con equipo de calentamiento para elevar la temperatura del producto asfáltico hasta el nivel especificado.
- 2) Deberá tener una bomba que produzca la presión necesaria para obtener una dispersión uniforme en todas las espesas de la barra.
- 3) Deberá tener un tacómetro para regular la velocidad y poder obtener una dosificación controlada y uniforme en todo el tramo regado.

B) *Calibración del tanque de la petrolizadora.* Para medir el volumen de asfalto contenido en la petrolizadora antes y después de un riego y por diferencia determinar el volumen regado, es necesario tener bien calibrado el tanque de la petrolizadora, por lo que a continuación se indica el procedimiento para hacerlo:

- 1) Se estaciona la petrolizadora en un lugar sensiblemente horizontal.
- 2) Se cierran las válvulas de salida del tanque y se llena con agua.
- 3) Se mide la altura de la lámina de agua hasta la válvula de admisión de la petrolizadora.
- 4) Por la manguera de bacheo, o por un extremo de la barra, se extrae agua hasta llenar una medida de volumen prefijado, que se recomienda sea del orden de cuarenta (40) litros.
- 5) Se vuelve a medir la altura señalada en el sub-párrafo 3.
- 6) Se repite esta operación hasta vaciar el tanque.

- 7) Con los datos anteriores se puede elaborar una tabla o gráfica en la que consten los volúmenes que corresponden a cada altura de la lámina de agua o asfalto al borde superior de la válvula de admisión. También se puede graduar una regla en la que se tengan directamente esos volúmenes. De la tabla o gráfica que se elabore, deberá tenerse siempre un ejemplar en la petrolizadora y duplicados en las oficinas.
- C) *Esparcidor mecánico*. Se requiere para obtener un tendido uniforme del material, recomendándose que se tomen las siguientes precauciones, para lograr buenos resultados al usarlo:
- 1) Que no haya en el material pétreo, piedras de tamaño mayor al especificado, que al quedar detenidas dejen zonas sin dicho material.
 - 2) Que el material pétreo no esté húmedo y pueda atascarse.
 - 3) Verificar el volumen del camión que surte el esparcidor, para que dividiendo ese volumen entre la dosificación requerida y el ancho de la franja que riega el esparcidor, pueda conocerse la longitud por cubrir.
 - 4) Regular la abertura del esparcidor y la velocidad del camión que lo empuja, para que el material se riegue en forma uniforme y en la longitud prefijada.
- D) *Camiones de volteo*. El número de camiones de volteo se calculará de acuerdo con el tiempo de llenado del camión, la distancia del almacén al tiro y el lapso requerido para engancharlo al esparcidor, regar el material y desengancharlo.

Todos los camiones deberán contar con un gancho apropiado para unir a ellos el esparcidor y deberán llenarse con el mismo

volumen de material pétreo, con objeto de que sea siempre igual la longitud por cubrir.

- E) *Compactadores*. Se requiere usar rodillos lisos tándem, con peso de cuatro mil quinientos (4 500) kilogramos a siete mil trescientos (7 300) kilogramos y compactadores de llantas neumáticas, con peso de cuatro mil quinientos (4 500) kilogramos a siete mil trescientos (7 300) kilogramos.
- F) *Rastras*. Deberán ser ligeras. Se pueden construir con facilidad haciendo un marco de madera de dos (2) por tres (3) metros y clavando, tanto en el marco como en las diagonales, cepillos de fibra o de raíz.

5-03.5 PROCEDIMIENTO

- A) En la superficie por sellar deberán ejecutarse previamente los trabajos que se requieran, tales como bacheo, renivelaciones u otros, de acuerdo con lo indicado en las cláusulas respectivas de estas Normas.
- B) La superficie por sellar deberá limpiarse de materia extraña y barrer perfectamente para eliminar el polvo.
- C) Antes de iniciar el riego de asfalto, deberán protegerse con papel, o en cualquier otra forma, las estructuras pertenecientes o contiguas a la carretera, tales como banquetas, guarniciones, camellones, señales, fantasmas u otras, cuando se considere que pueden mancharse.
- D) Sobre la carpeta limpia se procederá a aplicar un riego de producto asfáltico del tipo y la cantidad por metro cuadrado fijados, considerando los siguientes lineamientos:
- 1) La petrolizadora deberá arrancar por lo menos diez (10) metros antes del punto en que deba empezar a regar, con objeto de que al pasar por ese punto, ya lleve la velocidad adecuada.
 - 2) Deberá tenerse especial cuidado de evitar los traslapes de los riegos, cubriendo el

- lugar donde se inician con una banda de hule o tiras de papel.
- E) Antes de que hayan transcurrido veinte (20) minutos se cubrirá el riego de producto asfáltico con el material pétreo.
 - F) Inmediatamente después se pasará la rastra para eliminar ondulaciones, bordes o depresiones.
 - G) Se procederá al planchado, el cual se iniciará con el rodillo liso, que se pasará hasta haber cubierto toda la superficie dos veces; posteriormente y usándolo en forma alterna con la rastra, se planchará con el compactador de llantas neumáticas el tiempo necesario para asegurar que el máximo de material pétreo se haya adherido al material asfáltico. Esta compactación deberá efectuarse en las tangentes de la orilla del camino hacia el centro y en las curvas del lado interior hacia el lado exterior.
 - H) Al terminar el planchado del camino deberá evitarse el tránsito en un lapso mínimo de seis (6) horas, al cabo de las cuales podrá abrirse, procurando que la velocidad de los vehículos no exceda de treinta (30) kilómetros por hora, durante los cuatro (4) primeros días.

Si se cuenta con desviaciones apropiadas, es conveniente no abrir el tramo al tránsito los cuatro (4) primeros días, durante los cuales se deberá reacomodar el material, pasando en forma alterna el compactador de llantas neumáticas y la rastra. Después de este tiempo, deberá procederse al barrido y remoción del material pétreo suelto sobrante, que no se haya adherido al pavimento durante estas operaciones.

5-03.6 FALLAS. La aplicación del riego de sello es una de las etapas constructivas que deben realizarse con más cuidado por el gran número de factores que intervienen en su ejecución. En general, las fallas en la aplicación de los riegos puede atribuirse

a defectos de construcción, por lo que a continuación se dan algunas recomendaciones para evitar los defectos que se observan con más frecuencia.

- A) Es muy importante evitar el traslape de los riegos, no sólo en el lugar de arranque, sino también en la línea central. En el primer caso, como ya se mencionó, puede evitarse mediante tiras de papel. En el segundo caso, depende casi exclusivamente de la pericia del operador, sin embargo, se le puede ayudar mucho, marcando con piedras o mediante un cordón grueso la línea a que deberá sujetarse. En caso de duda, es preferible dejar al centro una pequeña franja de unos diez (10) centímetros sin asfalto, y cubrirla posteriormente regando el asfalto faltante con la manguera o en forma manual y extendiéndolo con cepillos.
- B) Deberá prestarse primordial atención a la limpieza de las espreas, a su ángulo de colocación, y a que estén lo suficientemente apretadas, para que la presión del asfalto no las mueva.

La altura de la barra, y que ésta no varíe durante la operación, es otro aspecto muy importante que con frecuencia da lugar a riegos poco uniformes.

- C) El uso de aplanadoras de ruedas metálicas con peso superior al especificado, del orden de doce (12) toneladas, debe quedar totalmente prohibido, ya que aun cuando el material tenga la dureza adecuada, el peso excesivo lo rompe, provocando no sólo una granulometría defectuosa, sino la existencia de fragmentos que el tránsito desprende fácilmente.
- D) Es frecuente restar importancia al rastreo, aunque es por demás sencilla y económica la construcción de rastras, cuyo empleo evita que queden ondulamientos, bordos o depresiones.

5-04 CARPETA O SOBRECARPETA

5-04.1 CLASIFICACION

- A) *Carpetas por el sistema de riegos.* Capas sucesivas de riegos de asfalto, cubiertas cada una de ellas con materiales pétreos graduados.
- B) *Carpetas por el sistema de mezcla en el lugar.* Mezclas de materiales pétreos y productos asfálticos, elaboradas en el lugar con motoconformadoras o planta móvil.
- C) *Carpetas de concreto asfáltico.* Mezclas de materiales pétreos y cementos asfálticos, elaboradas en planta estacionaria.

5-04.2 REQUISITOS. Las carpetas o sobrecarpetas deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- A) No deberán desplazarse ni desintegrarse por la acción del tránsito.
- B) Deberán tener resistencia al intemperismo.
- C) Deberán soportar, sin agrietarse, pequeñas deformaciones.

5-04.3 NORMAS

- A) En ningún caso deberán hacerse carpetas de mezclas, ya sea en planta o en el lugar, con espesor compacto inferior a tres (3) centímetros.
- B) No deberán permitirse camellones de material pétreo, con o sin asfalto, de más de cinco (5) kilómetros de longitud.
- C) No deberá transcurrir un lapso superior a quince (15) días desde la fecha en que se inicie el tiro en una estación dada, hasta que se empiece la incorporación del asfalto correspondiente.

- D) Deberá evitarse que pasen más de cuatro (4) días desde la terminación de la mezcla hasta la iniciación de su tendido.
- E) Siempre que se pretenda construir una sobrecarpeta, deberán efectuarse previamente los trabajos de bacheo, renivelaciones u otros que requiera la carpeta existente.

5-04.4 EQUIPO. Es el mismo que el detallado en la cláusula anterior sobre riegos de sello, con las siguientes diferencias:

- A) En las mezclas, tanto en el lugar como en planta, se usa equipo de compactación de mayor peso que en el caso de riegos. Los rodillos lisos deberán ser de siete (7) a once (11) toneladas y los compactadores de llantas neumáticas de cuatro (4) a siete (7) toneladas.
- B) En el caso de mezclas en el lugar, se usan generalmente motoconformadoras o mezcladoras móviles para revolver los materiales. Para tender la mezcla se usa la primera de ellas.
- C) Las mezclas para concretos asfálticos se elaboran en plantas estacionarias, se transportan cubriéndolas con lona para que la pérdida de calor sea mínima y se colocan en el camino con extendedoras.

5-04.5 MATERIALES. Los materiales para la construcción de carpetas o sobrecarpetas, tanto pétreos como asfálticos, deberán ajustarse íntegramente a las Especificaciones correspondientes.

5-04.6 PROCEDIMIENTO

- A) *Carpeta de un riego.* Se sigue el mismo para las carpetas de un riego que para el riego de sello, descrito en la cláusula 5-03, con la diferencia de que la carpeta de un riego, se construye sobre una base impregnada.

B) *Carpeta de dos riegos.* Sobre la base debidamente preparada e impregnada se procederá a dar el primer riego de asfalto, cubriéndolo inmediatamente con el material pétreo número dos. Sobre esta primera capa, además del rastreo para lograr un buen acomodo, se dará una pasada del equipo de compactación.

Al terminar la compactación de la primera capa se deberá dejar pasar un lapso mínimo de seis (6) horas antes de abrir al tránsito, y cuarenta y ocho (48) horas después, como mínimo, y previo barrido del material suelto excedente, se dará el segundo riego de producto asfáltico, que se cubrirá inmediatamente con el material pétreo número tres, procediendo posteriormente a su compactación, rastreo, recompactación y barrido en forma semejante a la descrita para riegos de sello.

Las dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de dos riegos serán las siguientes:

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	
	1er. Riego Nº 2	2o. Riego Nº 3 - B
I <i>Material pétreo</i>		
1) Granulometría		
A) Que pase por la malla de.....	12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ")	6.3 mm ($\frac{1}{4}$ ")
B) Que quede retenido en la malla de....	6.3 mm ($\frac{1}{4}$ ")	Nº 8
2) Dosificaciones lt/m ²	S-12	6-8
II <i>Material asfáltico</i>		
1) Cemento asfáltico.....	0.6-1.1	0.8-1.1
2) FR-3.....	0.8-1.5	1.1-1.5
3) FR-4.....	0.8-1.4	1.0-1.4
4) Emulsión catiónica o aniónica.....	0.8-1.0	1.0-1.5

Las tolerancias admitidas en la granulometría del material pétreo son las siguientes:

TOLERANCIAS

Todo el material N° 2 debe pasar por la malla de diecinueve punto uno (19.1) milímetros ($\frac{3}{4}$ "); el noventa y cinco por ciento (95%) como mínimo, debe pasar por la malla de doce punto siete (12.7) milímetros ($\frac{1}{2}$ "); en la de seis punto tres (6.3) milímetros ($\frac{1}{4}$ ") debe retenerse, como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%), y en la número ocho (8), el cien por ciento (100%).

En el material 3-B puede aceptarse hasta un cinco por ciento (5%) de material retenido en la malla de seis punto tres (6.3) milímetros ($\frac{1}{4}$ "), siempre que no sean partículas mayores de nueve punto cinco (9.5) milímetros ($\frac{3}{8}$ "); del material que pase por la malla número ocho (8) podrá aceptarse hasta un diez por ciento (10%), siempre que éste se retenga totalmente en la malla número cuarenta (40).

C) *Carpeta de tres riegos.* Sobre la base impregnada y limpia se procederá a aplicar el primer riego de producto asfáltico, e inmediatamente después se procederá a cubrirlo con material pétreo N° 1. Sobre esta primera capa, además del rastreo para lograr un buen acomodo, se dará una pasada del equipo de compactación. Al terminar la compactación de la primera capa se procederá a dar el segundo riego de producto asfáltico, e inmediatamente después se cubrirá con material pétreo N° 2, procediendo a su rastreo y compactación, dando dos pasadas completas de todo el equipo. Unas seis horas después de terminada esa compactación podrá abrirse el tramo al tránsito por un lapso no mayor de dos semanas. Transcurrido ese tiempo deberá barrerse la carpeta para eliminar el material pétreo que no se haya adherido; a continuación se dará el tercer riego de producto asfáltico cubriéndolo inmediatamente con el material pétreo N° 3-B y procediendo a su compactación, rastreo, recompactación y barrido en forma semejante a la descrita para riegos de sello.

Las dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de tres riegos serán las siguientes:

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO		
	1er. Riego Nº 1	2o. Riego Nº 2	3er. Riego 3 - B
I Material pétreo			
1) Granulometría			
A) Que pase por la malla de.....	25.4 mm (1")	12.7 mm (½")	6.3 mm (¼")
B) Que quede retenido en la malla de ..	12.7 mm (½")	6.3 mm (¼")	Nº 5
2) Dosificación.....	20 a 25	8 a 12	8 a 8
II Material asfáltico			
1) Cemento asfáltico.....	0.6-1.1	1.0-1.4	0.7-1.0
2) FR-3.....	0.8-1.5	1.3-1.9	0.9-1.3
3) FR-4.....	0.8-1.4	1.2-1.8	0.9-1.2
4) Emulsión catiónica o aniónica.....	0.8-1.0	1.0-1.5	1.0-1.5

D) *Carpeta asfáltica de mezcla en el lugar.* El procedimiento de ejecución deberá ser el siguiente:

- 1) Cuando se trate de construir una carpeta nueva, deberá colocarse sobre una base elaborada de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones y debidamente impregnada.
- 2) Cuando se trate de construir una sobrecarpeta, deberán efectuarse previamente todos los trabajos que se requieran, tales como relleno de grietas, baches, renivelaciones u otros en la carpeta existente.
- 3) La aceptación de los materiales pétreos, su producción, acarreo y forma de almacenarlo deberá sujetarse a los siguientes lineamientos:
 - a) Deberá recurrirse al laboratorio para verificar que los materiales pétreos y asfálticos cumplan con lo indicado en las Especificaciones. Cuando un solo material pétreo no llene las características granulométricas requeridas, se

- emplearán dos o más materiales, que se mezclarán entre sí, en seco.
- b) El material pétreo suelto se colocará sobre los acotamientos y deberá acamellonarse dentro de las veinticuatro (24) horas siguientes a su colocación en el camino.
 - c) El material suelto colocado en la carretera nunca deberá ser obstáculo para el libre tránsito por la misma, por lo que, si los acotamientos son angostos deberá acamellonarse el material a medida que se va avanzando en el tiro. Se dejará como mínimo un ancho libre de circulación de cinco punto cincuenta (5.50) metros.
 - d) En las curvas, el material deberá acamellonarse en la parte inferior de la corona.
 - e) En tramos urbanos, sinuosos con poca visibilidad, o con volumen de tránsito superior a mil quinientos (1500) vehículos por día, el material pétreo deberá quedar a más de cincuenta (50) centímetros fuera de la carpeta asfáltica. Si no puede conseguirse esta condición, se elaborará la mezcla en plataforma de trabajo, fuera de la corona del camino.
 - f) Deberán colocarse las señales necesarias, de acuerdo con lo indicado en el "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito", para prevenir a los usuarios de la existencia de material sobre el camino. Además, sobre los montones o sobre el camellón se colocarán piedras encañadas cada diez (10) metros.
- 4) Para la mezcla deberán usarse asfalto de fraguado rápido o emulsiones de fraguado medio o lento. El laboratorio indicará en cada caso la dosificación que se requiera,

de acuerdo con los materiales pétreos y asfálticos disponibles.

- 5) El asfalto debe incorporarse por etapas al material pétreo, para facilitar y hacer más uniforme el mezclado y el desfluxado, así como para evitar pérdidas de asfalto por escurrimiento.
- 6) El asfalto deberá calentarse hasta la temperatura especificada para su aplicación, como se indica en la tabla I (pág. 69).
- 7) El material pétreo deberá estar de preferencia seco en el momento de la aplicación del asfalto. Si contiene cierto grado de humedad pero menor a la de absorción y no se considera económico eliminarla, podrá usarse mediante el empleo de un aditivo que se incorpore al asfalto. El máximo de humedad permisible, así como el tipo y porcentaje del aditivo, serán los que recomienda en cada caso el laboratorio.
- 8) Sobre la base impregnada, o sobre la carpeta existente, debidamente limpia de polvo y materia extraña, se dará un riego de liga en toda la superficie que quedará cubierta por la carpeta, con petrolizadora, utilizando un producto asfáltico de fraguado rápido y a la temperatura especificada. Para condiciones normales se usará una dosificación de cero punto cinco (0.5) a cero punto setenta y cinco (0.75) litros de asfalto por metro cuadrado. Esta dosificación podrá aumentarse, cuando se trate de riego de liga sobre carpeta de textura muy abierta y/o agrietada, o bien disminuirse si se trata de carpeta con exceso de asfalto y/o textura muy cerrada.
- 9) Cuando el asfalto del riego de liga haya adquirido la viscosidad adecuada, se iniciará el tendido de la mezcla con el mínimo de pasadas de la motoconformadora, para evitar que el material pétreo se clasifique por tamaños.

- 10) Inmediatamente después de tendida la mezcla se procederá a su compactación, utilizando un rodillo liso tipo tándem, de siete (7) a once (11) toneladas, continuándola con un compactador neumático con peso de cuatro (4) a siete (7) toneladas, hasta alcanzar una compactación del noventa y cinco por ciento (95%) como mínimo; después se volverá a usar el rodillo liso tipo tándem para borrar las huellas que deje el compactador neumático. Para obtener un mejor acomodo de las partículas que forman la carpeta se procurará realizar el planchado a las horas en que la temperatura ambiente o la acción de los rayos solares favorezcan esta operación.

La compactación se hará paralela al eje, iniciándola en las tangentes de las orillas hacia el centro y en las curvas del lado interior hacia el exterior.

Cuando haya desviación y se considere necesario, se hará la compactación diagonalmente al eje del camino, para disminuir o eliminar huellas o juntas y mejorar la compactación de la mezcla.

- 11) Cuando la carpeta quede compactada se procederá a efectuar un recorte con talud de cuarenta y cinco grados (45°) aproximadamente en las orillas de la misma, con objeto de ajustar el ancho y alineamiento conforme al proyecto, teniendo cuidado de que al efectuarlo no se dañe la base. El material producto del recorte se retirará de la corona, taludes y/o cunetas de la carretera.
- 12) Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verificará que el alineamiento, el perfil, el espesor, ancho y acabado, se hayan construido de acuerdo con el proyecto y dentro de las tolerancias que

se indican en las Especificaciones Generales de Construcción.

13) Deberán ejecutarse las diversas etapas de la construcción de la carpeta en forma tal que ocasionen las menores molestias al tránsito. Ello se logra tanto al reducir en lo posible los tiempos destinados a cada etapa, como, principalmente, al disminuir los lapsos intermedios entre la ejecución de etapas sucesivas. Lo ideal es, por ello, que tan pronto se complete el tiro de material pétreo de un tramo se inicie la incorporación de asfalto, y tan pronto se termine la elaboración de la mezcla se inicie su tendido.

E) *Carpeta de concreto asfáltico.* Se construye mediante el tendido y compactación de mezclas asfálticas elaboradas en una planta estacionaria, utilizando materiales pétreos clasificados y dosificados y cemento asfáltico.

El procedimiento de construcción que se seguirá, las características del equipo que deberá emplearse, así como las tolerancias que se permiten en espesores y anchos, están descritas en el Capítulo LVII de la Parte Cuarta de las Especificaciones.

F) *Defectos que se observan frecuentemente.* Las fallas de las carpetas, en cualquiera de sus tipos, comúnmente pueden ser ocasionadas por defectos de diseño o construcción. Algunos de los que se observan con frecuencia y que deben ser evitados, son:

1) La carpeta existente tiene defectos que no pueden remediarse con la construcción de una sobrecarpeta, y al hacerla falla en un lapso breve. Dichos defectos pueden ser por:

a) Mala calidad y/o mala compactación de las terracerías, sub-rasante, sub-base y base.

- b) Carpeta existente inestable, especialmente por exceso o escasez de asfalto o clasificación del material pétreo.
 - c) Exceso de humedad en las capas subyacentes por defectos o falta de sub-drenaje, excesiva permeabilidad de las capas superiores o filtraciones laterales desde las cunetas.
- 2) El material pétreo no cumple lo asentado en las Especificaciones. Es frecuente encontrar defectos en granulometría, así como en la afinidad entre el material pétreo y el asfalto. En este caso, es necesario recalcar la necesidad de muestrear y analizar el material con la suficiente frecuencia para detectar cualquier cambio en sus características.
 - 3) El material pétreo se deja mucho tiempo acamellonado antes de iniciar la elaboración de la mezcla y sufre contaminaciones, o bien se pierde parte del material y se altera su granulometría.

Esto con frecuencia no se corrige al elaborar la mezcla, e incluso muchas veces se incorpora el mismo volumen de asfalto que requería el volumen del material original, ocasionando, además de espesores menores que los de proyecto, excesos de asfalto en la mezcla.
 - 4) El asfalto con que se cuenta no es el de proyecto, ya sea por no haberse surtido el asfalto solicitado o por haber sufrido alteraciones durante su transporte y/o almacenamiento. Es por ello indispensable que el laboratorio verifique el tipo y calidad de los asfaltos y en caso necesario indique las variaciones en dosificación y/o en procedimientos.
 - 5) Es frecuente construir carpetas bajo condiciones climáticas inadecuadas, tales co-

mo lluvia o temperatura ambiente inferior a la conveniente.

- 6) El asfalto no se usa a la temperatura especificada. Es frecuente que, por descompostura o falta de petrolizadora, se continúen trabajos regando asfalto con pipas o nodrizas que no cuentan con equipo de calentamiento ni con bomba para regar a presión.
- 7) No se desfluxa adecuadamente la mezcla antes de extenderla, principalmente cuando se adiciona todo el asfalto en un solo riego.
- 8) No se compacta adecuadamente la mezcla, ya sea por utilizar equipo de menor peso que el especificado, por no dar las pasadas necesarias, o por baja temperatura en la mezcla.

5-05 SUB-BASES Y BASES

5-05.1 GENERALIDADES. Las obras de reconstrucción de caminos que requieren sub-base o base son de dos tipos generales:

- A) Refuerzo de un pavimento existente.
- B) Ampliación del ancho de corona.

En el primer caso, mediante el auxilio del laboratorio, se deberá verificar que ésa es la solución adecuada al problema.

En el segundo caso, se recurrirá asimismo al auxilio del laboratorio para el diseño de espesores, pero éstos deberán ser como mínimo iguales a los del pavimento existente.

5-05.2 MATERIALES PETREOS. Los materiales pétreos usados en sub-bases deberán cumplir íntegramente lo asentado en las Especificaciones, y en especial en cuanto a granulometría, plasticidad, dureza y cementación.

Los materiales para base, además de ser de mejor calidad que los de sub-base, ya que reciben más directamente los impactos de las cargas del tránsito,

deberán tener afinidad con el asfalto del riego de impregnación para evitar que el agua los desaloje.

Cuando un material, tal como se extrae de un banco, no llena las Especificaciones en cuanto a granulometría, es en general posible lograr que las cumpla sometiéndolo a alguno de los siguientes procesos:

Disgregado

Cribado

Trituración parcial y cribado

Trituración total y cribado.

Asimismo, en ocasiones, es necesario utilizar algún material que en sus condiciones originales no cumpla con las Especificaciones, generalmente en lo que se refiere a plasticidad o cementación; en esos casos se recurre a la mezcla de dos o más materiales o a estabilizaciones con asfalto, cal o cemento para obtener las características requeridas.

Se considera responsabilidad conjunta del Jefe de la obra y del Jefe del laboratorio el efectuar un estudio exhaustivo de localización de bancos para lograr que los materiales que se empleen sean los más adecuados, tanto en calidad como en costos de producción y acarreo.

5-05.3 EQUIPO. El equipo más usual para construcciones de sub-bases y bases es el siguiente:

- A) *De producción de material pétreo.* Varía con el proceso requerido por el material y podrá consistir en alguna o algunas de las unidades que a continuación se citan:

Equipo de barrenación.

Equipo de trituración. Quebradora primaria y/o secundaria.

Cribas. Rotatoria, vibratoria o fija.

- B) *Carga y acarreo.* Camiones de volteo o vagonetas, auxiliadas por cargadores frontales o pala mecánica.

- C) *Construcción.* Para el mezclado y tendido de los materiales pétreos se usan motoconformadoras o mezcladoras móviles. Para la adición del agua se usan pipas.

Para las bases estabilizadas con asfaltos, además del equipo antes descrito, se requieren petrolizadoras para la adición del asfalto.

Para las bases estabilizadas con cal o cemento, se puede usar equipo especial para la dosificación, adición y revoltura del agente estabilizador, o bien incorporarlo, debidamente cubicado, sobre el camellón de material pétreo y revolverlo mediante motoconformadoras o mezcladoras móviles.

5-05.4 PROCEDIMIENTO

- A) La construcción de la sub-base o la base se iniciará cuando las terracerías o la sub-base, según sea el caso, estén terminadas dentro de las tolerancias fijadas en las Especificaciones.
- B) La descarga de los materiales que se utilicen en la construcción de sub-bases o bases deberá hacerse sobre la sub-rasante o la sub-base, según sea el caso, controlando que los volúmenes depositados por estación de veinte (20) metros, estén en función de los de proyecto.
- C) El espesor de proyecto para cada capa de sub-base o base, será determinado por el laboratorio, pero no deberá ser inferior a doce (12) centímetros compactos.
- D) El material pétreo suelto se colocará en una orilla del camino, en las curvas, en la parte exterior, y deberá acamellonarse a la brevedad posible.
- E) Deberán colocarse las señales necesarias de acuerdo con lo indicado en el "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito", a efecto de anunciar debidamente la existencia de material sobre el camino. Asimismo, deberán colocarse sobre el camellón piedras encajadas a distancias de diez (10) metros.
- F) Con objeto de evitar pérdidas de material y disminuir en lo posible las molestias al tránsito, nunca deberá existir un camellón con-

- tinuo de más de cinco (5) kilómetros de material pétreo, ni deberá transcurrir un lapso superior a quince (15) días entre el acameillonado y el tendido.
- G) Cuando se empleen dos (2) o más materiales, siempre deberán colocarse los de menor volumen sobre los de mayor volumen, ya que es inevitable que haya una pequeña pérdida del material que se encuentra abajo y es preferible que la misma corresponda al material de mayor volumen. Estos materiales deberán revolverse entre sí en seco, y acameillonarse nuevamente.
 - H) Si se van a construir varias capas de sub-base o base, no deberá acameillonarse el volumen total, sino únicamente el parcial de cada capa y acarrear el siguiente cuando esté tendida y compactada la capa inferior.
 - I) Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado, se extenderá el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad que haya sido fijada y obtener homogeneidad en la misma, evitando la clasificación del material. A continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sueltos, cuyo espesor no deberá ser mayor de quince (15) centímetros.
 - J) Cuando se emplee otro equipo para el mezclado, se deberán estudiar las características del mismo, para que se obtenga una mezcla homogénea con el grado de humedad óptimo.
 - K) Cada capa se compactará hasta alcanzar el grado mínimo especificado, sobreponiéndolas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto.
 - L) En las tangentes, la compactación se hará desde las orillas hacia el centro y en las curvas, desde la parte interior de la curva hacia la parte exterior.
 - M) Se tendrá cuidado de evitar que se produzca el defecto llamado "encarpetamiento", que se

origina por tender el material en varias etapas y espesores pequeños, o por efectuar una compactación previa y después afinar, quedando una capa superficial delgada, misma que fácilmente se desprende por la acción del tránsito.

N) En la reconstrucción de carreteras, en términos generales, la secuencia de las operaciones necesarias en la ejecución de las subbases y bases es la siguiente:

1) Si se va a aprovechar el material de la carpeta asfáltica existente se procede en la siguiente forma:

a) Se escarificará la carpeta y, en caso de que así se apruebe, un espesor determinado de la base existente. Se disgregarán perfectamente ambos materiales y se mezclarán hasta obtener su homogeneidad.

b) Este material se acamellonará de tal manera que quede descubierta la mayor superficie posible de la base existente, la que se conformará y compactará debidamente.

c) Se pasará el material acamellonado a la superficie que se compactó, para a su vez conformar y compactar la que ocupaba el material suelto.

d) Si el proyecto así lo indica, se procederá a añadir un nuevo material de base, el que se incorporará al producto antes indicado, construyendo la subbase o base en la forma especificada, por capas, hasta alcanzar el espesor fijado en el proyecto.

2) Si el material de la carpeta asfáltica existente se va a desechar, se escarificará y recogerá, transportándolo al sitio que se señale. A continuación se conformará y compactará la superficie expuesta de la base existente y se procederá a la construcción de la nueva.

- 3) En caso de que solamente exista revestimiento y por su calidad y cantidad se determina que puede aprovecharse como parte de la sub-base, se procederá como sigue:
 - a) Se escarificará la parte aprovechable del revestimiento, cuidando de que no se contamine con el material de la terracería, y se acamellonará, de tal manera que quede descubierta la mayor superficie posible de dicha terracería, la que se conformará y compactará debidamente.
 - b) A continuación se pasará el material suelto del revestimiento a la superficie compactada, para a su vez conformar y compactar la superficie que ocupaba el material suelto.
 - c) En seguida se procederá a añadir el nuevo material, mezclándolo con el de revestimiento y construyendo la sub-base como se especifica, por capas, hasta alcanzar el espesor de proyecto.

5-05.5 BASES ESTABILIZADAS. La escasez de materiales pétreos adecuados para la construcción de sub-bases o bases, obliga algunas veces a utilizar los materiales disponibles que se encuentran cercanos a la obra, y que por sí solos no reúnen características físicas satisfactorias para dichos fines. En esos casos, mediante la adición de un producto estabilizante, se logra disminuir su plasticidad y aumentar su resistencia.

Los casos más frecuentes de estabilizaciones, de acuerdo con el tipo de estabilizante empleado, son los siguientes:

A) *Estabilización con asfalto.* Es una solución muy empleada en el caso de construcción de bases en caminos en operación, ya que presenta las siguientes ventajas:

- 1) Pueden emplearse materiales pétreos cuya granulometría no sería adecuada

para base. Ello es muy importante en algunas zonas del país, en que es preciso utilizar bancos de material cercanos a la zona de trabajo, pues de otra manera se encarece mucho la obra.

- 2) Provoca menos molestias a los usuarios, en los casos de caminos en que no es económico hacer desviaciones. Cuando se elabora una base no estabilizada con asfalto, se produce polvo, o lodo, y además las interrupciones al tránsito son más prolongadas.
- 3) Su espesor, en general, es menor que el requerido para base sin estabilizar, aproximadamente en un treinta y tres por ciento (33%). El disminuir el espesor y utilizar en consecuencia un volumen menor de material pétreo es especialmente conveniente cuando se trata de materiales con un alto costo de extracción y/o tratamiento, o que requieren acarreos largos. Frecuentemente en estos casos, el abatimiento del costo del material pétreo compensa el costo del producto asfáltico que requiere.

Sin embargo, no todas son ventajas en el uso de bases estabilizadas con asfalto, ya que con frecuencia se tiene dificultad para disponer oportunamente de las cantidades necesarias de productos asfálticos por problemas de adquisición, acarreo y almacenamiento. Asimismo, las grandes cantidades de productos asfálticos requeridas para las estabilizaciones podrían limitar la construcción de carpetas, sobrecarpetas y riegos de sello.

Por lo anterior, es indispensable estudiar con detalle las condiciones de bancos de materiales en la zona, así como el diseño del pavimento en sí, para poder escoger la mejor solución técnica y económica.

En cuanto a procedimiento de construcción, las bases estabilizadas tienen el mismo que las carpetas, de acuerdo con lo indicado en la cláusula anterior, con las siguientes diferencias básicas:

- a) De preferencia el acabado superficial deberá tener textura abierta, para que se logre una buena adherencia con la carpeta, especialmente si ésta es de riegos.
- b) Una vez compactada, deberá tener un espesor no menor de ocho (8) centímetros.
- c) Cuando el espesor sea superior a doce (12) centímetros, deberá construirse en dos o más capas, cuidando de que el tamaño máximo del material pétreo no sea mayor del sesenta y seis por ciento (66%) del espesor de la capa que lo contiene.

B) *Estabilización con cemento.* Pueden ser de dos tipos:

- 1) Estabilización del tipo flexible. Se logra empleando únicamente la cantidad necesaria de cemento para neutralizar la arcilla por acciones físico-químicas, sin llegar a alcanzar la aglutinación suficiente para producir una masa rígida. Aun cuando se utilizan porcentajes relativamente bajos de cemento, puede producirse una cierta rigidez en la capa compactada, que es perjudicial cuando las deformaciones en la terracería ocasionadas por cargas, producen en la capa estabilizada esfuerzos mayores que los que ésta puede resistir. Esto puede dar lugar a la formación de fisuras y grietas e inclusive a la desintegración de la capa estabilizada. Para evitar esta rigidez, es necesario que transcurra un período mínimo de tres (3) días entre la incorporación del cemento y el agua y la compactación del suelo estabilizado.

Durante este período deberá removerse la mezcla dos (2) veces al día. Será conveniente ampliar dicho lapso, si por el tipo de cemento empleado, o por alguna otra causa, se observan contracciones elevadas en el camellón al finalizar el período de tres (3) días.

- 2) Estabilización del tipo rígido. Difiere de la anterior en que el cemento no solamente neutraliza la actividad de la arcilla, sino que también proporciona al suelo una elevada resistencia que le permite, una vez compactado, trabajar en forma semejante al pavimento de concreto hidráulico. La cantidad de cemento que se utiliza varía en función de la finura, granulometría y plasticidad del suelo y es generalmente entre seis y catorce por ciento (6 y 14%) del peso del suelo seco.

El procedimiento de construcción en una estabilización de tipo rígido es el mismo que el usado para bases no estabilizadas, hasta el momento en que se tiene el camellón de material pétreo homogéneo en seco.

Una vez que se tiene el material pétreo homogéneo se abre el camellón en canal en forma de "V", se deposita el cemento en la parte interior de dicho canal, de acuerdo con la dosificación señalada por el laboratorio, y se procede a revolver ambos materiales en seco y a iniciar su mezclado por medio de motoconformadoras o de mezcladoras móviles.

Tan pronto se logre una mezcla homogénea, se procederá a incorporarle agua hasta obtener la humedad óptima que recomiende el laboratorio.

A continuación se procederá a su tendido y compactación. Para esta última se usará un compactador neumático y posteriormente un rodillo metálico de diez (10) a doce (12) toneladas.

Debido a la cantidad elevada de cemento que se utiliza, se pueden producir grietas de contracción, que es necesario evitar o disminuir, protegiendo la capa compactada de la evaporación, curándola en forma similar a la acostumbrada para losas de concreto hidráulico. Para ese efecto, puede colocarse una capa de arena o paja o cualquier otro material que conserve la humedad durante el período de curado, o bien aplicar una película asfáltica, recomendándose específicamente para esto el uso de emulsiones.

Una vez terminado el curado de la base se deberá proceder a la brevedad posible a su impregnación y a la construcción de la carpeta, eliminando previamente la capa asfáltica si se usó emulsión para el curado.

- C) *Estabilización con cal.* Se usa fundamentalmente para abatir plasticidad en los suelos que la tienen en exceso. Los resultados obtenidos varían mucho con las características del suelo y de la cal, tanto en el momento de elaborar la mezcla como con el trascurso del tiempo.

Aun cuando, en general, los resultados que se obtienen son satisfactorios, se han presentado casos en los que la plasticidad de los suelos prácticamente no sufre reducción al añadirles la cal, o bien acusa un aumento con el tiempo y en ocasiones llega a tener el valor original de plasticidad. Por ello, es necesario antes de hacer la estabilización efectuar investigaciones preliminares con los materiales que vayan a usarse, las que requieren normalmente un lapso de varios meses. Dichos estudios deberán definir el porcentaje óptimo de cal y el procedimiento de construcción a seguir, en caso de que su resultado sea satisfactorio.

El procedimiento de construcción, en general, es el mismo que en el caso de bases sin

estabilizar, pero debe tenerse la precaución de tender el material inmediatamente después de terminado el mezclado.

Dado que la manipulación de la cal es siempre arriesgada y puede producir irritaciones en la piel, vías respiratorias y ojos, el personal deberá llevar guantes y anteojos de seguridad y si se levanta polvo de cal, caréatas protectoras.

Las bases de mezcla estabilizada con cal presentan muy poca resistencia al desgaste superficial, por lo que deberán impregnarse y protegerse con carpeta, a la brevedad posible.

3-01 GENERALIDADES

3-01.1 DEFINICION. Derecho de vía es la faja de terreno cuyo ancho corresponde determinar a la Secretaría y la cual se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección, y, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares. Es, por lo tanto, un bien de dominio público sujeto al régimen legal correspondiente.

ZONAS LATERALES DEL DERECHO DE VIA. Son las porciones del mismo, no ocupadas por la estructura del camino.

3-01.2 ANCHOS. En general el ancho es de veinte (20) metros a cada lado del eje de las carreteras, aunque, por condiciones especiales se fijan anchos mayores o menores, según convenga.

3-01.3 BASES LEGALES. Las principales bases legales que norman el derecho de vía de las carreteras y consecuentemente, las zonas laterales del mismo, son las siguientes:

- 1) El derecho de vía es propiedad de la Nación, inalienable, imprescriptible y no debe ser usado para fines distintos de su naturaleza.
- 2) El uso del derecho de vía será exclusivamente el derivado de la operación del camino. Está por ello prohibido, que los colindantes a la carretera u otras perso-

nas o entidades lo ocupen para cualquier otro fin. Asimismo se prohíbe ejecutar dentro del derecho de vía cualquier tipo de construcción ajena al camino.

- 3) Sin la autorización expresa de la Secretaría, está prohibido extraer materiales del derecho de vía a entidades o personas ajenas a dicha dependencia federal.
- 4) Para hacer cualquier clase de construcciones adyacentes al derecho de vía o para deslindar propiedades limítrofes al mismo, se requiere el permiso de la Secretaría. Concedido el permiso, en caso de que éste proceda, la Secretaría determinará el alineamiento oficial correspondiente.
- 5) Los perjuicios que se causen al camino, directa o indirectamente por los trabajos que se ejecutan en los predios colindantes, serán pagados por los dueños de dichos predios, salvo caso fortuito o de fuerza mayor.
- 6) Cuando se necesite hacer en los caminos nacionales obras que exijan su ocupación o rotura, previamente deberá solicitarse por escrito permiso a la Secretaría, la cual podrá otorgarlo por tiempo determinado. El interesado afectará la carretera solamente hasta tener la autorización escrita de la Secretaría, contestando la solicitud anterior. El interesado deberá cubrir, además del importe de la obra en cuestión, el correspondiente a la reposición del camino a su estado original.
- 7) Se prohíbe conducir aguas por el derecho de vía y paralelas al eje de la carretera, así como ocupar con ellas sus cunetas o zanjas de desagüe.

Las aguas de cualquier clase, procedentes de terrenos vecinos a los caminos, sólo podrán hacerse pasar por éstos de confor-

midad con el reglamento respectivo y por cuenta de los dueños de las aguas.

- 8) Todo el que ejecute obras ajenas a los caminos, pero que de alguna manera puedan afectarlos, está obligado a mantener dichas obras siempre en buen estado de conservación. En caso de no cumplir esta obligación, la Secretaría hará por cuenta de los interesados los trabajos que sean necesarios, para evitar que las obras sigan causando perjuicios al camino.
- 9) Se prohíbe el establecimiento de vías férreas o tranvías a lo largo de los caminos y en su derecho de vía; sin embargo, podrán subsistir los que ya existan amparados por concesión anterior.

3-02 DESMONTE

3-02.1 DEFINICION. Despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de materia vegetal en el cuerpo de la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría. Comprende la ejecución de alguna, algunas o todas las operaciones siguientes:

- A) Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.
- B) Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- C) Desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con todo y raíces y cortando éstas.
- D) Limpia y quema, que consiste en retirar el producto del desmonte al lugar que indique la Secretaría, estibarlos y quemar lo no utilizable.

3-02.2 OBJETO. Deberá efectuarse periódicamente el desmonte de las zonas laterales del derecho de vía, principalmente las operaciones de tala y roza, ya que la existencia de árboles y hierbas, excepto en

los casos que después se detallan, se considera inconveniente por las siguientes razones:

- 1) Resta visibilidad al usuario del camino.
- 2) Tapa parcial o totalmente el señalamiento, reduciendo su eficiencia o anulándolo.
- 3) Propicia el incremento de la humedad del suelo, lo cual suele ser perjudicial.
- 4) Causa pésima impresión en el usuario, quien lo interpreta como signo de descuido en la conservación del camino.
- 5) Propicia las invasiones al derecho de vía por los propietarios de predios colindantes.

3-02.3 NORMAS. Deberán efectuarse las labores de desmonte con la periodicidad necesaria, para lograr lo siguiente:

A) *Roza*

- 1) En ningún caso deberá permitirse la existencia de hierba en los acotamientos.
- 2) La hierba no deberá sobrepasar de treinta (30) centímetros de altura en una faja de cinco (5) metros colindantes a la corona del camino.
- 3) La hierba no deberá sobrepasar de un (1) metro de altura en el resto del derecho de vía.
- 4) Cuando el proyecto incluya pasto, plantas de ornato o seto vivo en camellones, glorietas o isletas, éstas deberán conservarse adecuadamente, sin que tengan para estos casos validez las normas anteriores.

B) *Tala.* Deberán quitarse de las zonas laterales del derecho de vía los árboles y arbustos en las siguientes condiciones:

- 1) Que estén ubicados a una distancia menor de cinco (5) metros del extremo del talud, tanto en casos de corte como de terraplén.

- 2) Que la proyección vertical de sus ramas quede sobre la corona del camino.
- 3) Que disminuyan la visibilidad del usuario, sobre todo en el caso de árboles situados en la parte interior de curvas horizontales.
- 4) Que presenten el peligro, dentro de una posibilidad lógica razonable, de caer sobre la corona del camino.
- 5) Si se efectúan nuevas plantaciones de árboles o arbustos en las zonas laterales del derecho de vía, éstas deberán ser hechas de preferencia en los extremos exteriores, buscando que formen una barrera natural que marque el límite del derecho de vía.

3-02.4 PROCEDIMIENTOS

A) *Roza*

- 1) Si se encuentra hierba en los acotamientos, deberá arrancarse de raíz.
- 2) El corte de la maleza, hierba, zacate, así como árboles o arbustos que inician su crecimiento, deberá efectuarse tan al ras como la conformación del terreno lo permita.
- 3) Para poder cumplir con la norma correspondiente, se recomienda alternar deshierbes de todo el ancho de las zonas laterales, con deshierbes de los cinco (5) metros aldaños a la corona.
- 4) El producto del deshierbe deberá removerse y depositarse dentro de las zonas laterales del derecho de vía, en donde no pueda ser acarreado por las aguas a las obras de drenaje. De ser posible, deberá quemarse, tomando las precauciones necesarias para que el fuego no pueda propagarse.
- 5) Queda expresamente prohibido el quemar directamente la hierba o la maleza para

evitar su corte, por los peligros que presenta de que se propague el fuego.

- 6) Cuando se requiera sembrar zacates u otras especies vegetales para ayudar a estabilizar un talud, deberá buscarse de preferencia, una variedad que no crezca más de cincuenta (50) centímetros.

B) *Tala*

- 1) Previamente a cualquier trabajo de tala de árboles y arbustos en un desmonte, deberá recabarse la autorización correspondiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- 2) Todo el material aprovechable deberá ser estibado en los sitios adecuados dentro del derecho de vía. Dicho material quedará en beneficio del propietario afectado o bien si éste no existe, pasará a poder de la Dependencia del Ejecutivo que le corresponda, según las disposiciones legales en vigor.
- 3) Deberán tomarse las precauciones necesarias para que no caigan ramas o troncos sobre la corona del camino. En caso de que exista la posibilidad de que esto suceda, deberá regularse la circulación con bandereros, para evitar accidentes.

3-03 OBRAS MARGINALES

3-03.1 DEFINICION. Son aquellas obras situadas en las zonas laterales del derecho de vía, que contribuyen a una mejor utilización del camino por los usuarios.

Las obras marginales más frecuentes son:

- A) *Acceso.* Los accesos pueden corresponder a obras de tipo particular como gasolineras, restaurantes, hoteles u otros, o bien, a obras de uso general como son accesos a poblados o entronques con otros caminos.
- B) *Paraderos.* Son estructuras diseñadas para permitir a las personas que esperan un auto-

bús, guarecerse del sol o la lluvia mientras llega el vehículo correspondiente.

- C) *Miradores*. Son zonas de estacionamiento, anexas a los caminos ubicados en lugares desde los cuales se pueden admirar bellezas naturales.

3-03.2 NORMAS. Cualquier obra marginal que exista, o que se proyecte construir, deberá cumplir con las siguientes condiciones básicas:

- A) No interferir con la correcta operación y conservación del camino.
 B) Tener un aspecto decoroso, que no desmerezca la apariencia general de la carretera.

3-03.3 PROCEDIMIENTOS

- A) *Accesos*. En cada caso particular, la porción del acceso situado dentro del derecho de vía podrá estar o no, al cuidado de quienes conservan el camino. Esto deberá quedar definido cuando, al tramitar la autorización, se expidan los permisos correspondientes.

Si el acceso, en la zona del derecho de vía, está al cuidado de quienes conservan el camino, se deberá prestarle la misma atención que a éste y conservarlo de acuerdo con las normas correspondientes dadas en este Manual.

Si el acceso está al cuidado de otras personas o entidades, se deberá exigirles que le presten la atención debida, para que no interfiera la correcta operación y conservación del camino y que se cumpla, en todo momento, con las normas de este Manual.

- B) *Paraderos*. Los paraderos deberán ser conservados, cuidando los siguientes aspectos:
- 1) Deberán repintarse periódicamente, para que presenten un aspecto decoroso.
 - 2) Deberán limpiarse tanto el paradero como la zona de estacionamiento, recogiendo la basura y desperdicios que hayan tirado los usuarios. Esta limpieza se deberá efectuar por lo menos una vez a la semana.

- 3) Deberá cuidarse expresamente el drenaje en la zona de estacionamiento.

Los paraderos deberán cumplir los requisitos que a continuación se señalan:

- 1) Deberán ubicarse suficientemente alejados del eje del camino, para permitir que el autobús se estacione fuera de la corona del mismo.
- 2) Deberá construirse un acceso a la zona de estacionamiento del paradero, encauzando el tránsito mediante isleta o camellón que separe esa zona de la corona del camino.
- 3) Deberán colocarse en lugares con buena visibilidad. Como mínimo deberá existir una tangente de cien (100) metros antes y después del paradero.
- 4) Deberá colocarse el señalamiento adecuado.

Los paraderos que no cumplan con los requisitos anteriores, deberán modificarse para lograrlo.

C) *Miradores.* La conservación de los miradores, se sujetará a los siguientes lineamientos generales:

- 1) Deberá prestarse la atención adecuada a la superficie de rodamiento, para que cumpla las normas correspondientes.
- 2) Las isletas o camellones y las guarniciones o muros, deberán pintarse de blanco y repintarse periódicamente para que presenten un aspecto decoroso.
- 3) Deberá efectuarse una limpieza de la basura y desperdicios, por lo menos una vez a la semana.
- 4) El deshierbe de la zona aledaña al estacionamiento, deberá efectuarse con la periodicidad necesaria para que la hierba no sobrepase de treinta (30) centímetros de alto en los cinco (5) metros contiguos.

- 5) Deberá prestarse atención especial al drenaje del estacionamiento.

Los miradores deberán satisfacer los requisitos que a continuación se señalan:

- 1) Deberá existir una separación, delimitada con isletas o camellón, entre la corona del camino y la zona de estacionamiento del mirador.
- 2) Deberá colocarse el señalamiento adecuado.
- 3) Deberán contar con muros o guarniciones que delimiten el extremo exterior de la zona de estacionamiento.
- 4) De preferencia, deberá empedrarse su superficie de rodamiento. Si esto no es posible, deberá ser de carpeta de un riego. En ningún caso podrán abrirse miradores con superficie de rodamiento de terracerías.

Los miradores que no cumplan con los requisitos anteriores, deberán modificarse para lograrlo.

3-04 RASTREOS

3-04.1 DEFINICION. Reacomodo del material superficial de las zonas laterales del derecho de vía.

3-04.2 OBJETO. Se efectúan para lograr los siguientes fines:

- 1) Rellenar pequeños deslaves y evitar que éstos se agranden o aumenten en número.
- 2) Extender pequeños volúmenes de material depositado, producto de limpieza de obras o de deshierbes.
- 3) Deshierbar y/o facilitar ese trabajo en lo sucesivo, principalmente porque un terreno uniforme permite cortar la hierba más al ras o usar deshierbadora mecánica.
- 4) Obtener una superficie sensiblemente plana y uniforme, que tiene las siguientes ventajas:
 - a) Propicia un mejor drenaje superficial, evitando que se produzcan deslaves al dismi-

nuir la velocidad de escurrimiento del agua.

b) Mejora el aspecto general del camino.

3-04.3 PROCEDIMIENTO. Los rastreos se efectuarán de acuerdo con los siguientes lineamientos generales:

- 1) Se harán con motoconformadora o tractor ligero.
- 2) Deberá evitarse depositar el material arrastrado en las contracunetas o canales.
- 3) Deberá evitarse alterar el cauce y la sección de contracunetas o canales.
- 4) Deberá buscarse mejorar el drenaje del camino. Será muy importante lograr que al término del rastreo se obtengan superficies con la pendiente y dirección adecuadas, que eviten los escurrimientos hacia el camino.

1. INTRODUCCION

Las técnicas de pavimentación donde se utiliza el asfalto como agente ligante han estado en constante desarrollo con la finalidad de mejorar la calidad y el periodo de vida de los caminos, así como facilitar el trabajo del constructor.

Durante mucho tiempo los asfaltos obtenidos del subsuelo fueron diluidos con solventes derivados del petróleo para obtener un producto más manejable, sin embargo, estos solventes son cada vez más difíciles de obtener y por consecuencia más caros, teniendo además el inconveniente de producir una considerable contaminación ecológica, así como riesgos en el trabajo.

Debido a lo anterior, actualmente se utiliza el agua como solvente, logrando una compatibilidad con el asfalto por medio de la aplicación de técnicas de emulsificación, siendo además esta opción, una buena respuesta a la crisis mundial de energía y a la preservación del medio ambiente.

2. TEORIA DE EMULSIONES ASFALTICAS

2.1 GENERALIDADES

Las emulsiones asfálticas comenzaron a utilizarse para la construcción y mantenimiento de carreteras a principios de este siglo. Al inicio, su crecimiento fue lento debido a la falta de conocimientos sobre su aplicación, sin embargo, actualmente el uso de las emulsiones asfálticas comprende una gran variedad de aplicaciones, desde tratamientos superficiales, mantenimiento de carreteras (bacheo), carpetas asfálticas, slurry seal y riegos de gravillas entre otros.

Para obtener excelentes resultados en la aplicación de una emulsión asfáltica es necesario seleccionar la emulsión adecuada para cada agregado pétreo y el equipo de aplicación apropiado.

Las emulsiones asfálticas son versátiles, económicas y no contaminantes, además de su fabricación y aplicación se obtiene un importante ahorro de energía. Pueden ser utilizadas en frío e incluso con materiales pétreos húmedos.

2.1.1 *Asfalto*

El asfalto es una mezcla de hidrocarburos que incluye grupos alifáticos saturados o parafinas, grupos nafténicos o cicloparafinas, grupos compuestos de anillos aromáticos y grupos alifáticos con enlaces dobles olefinicos.

Existen además numerosos componentes en el asfalto, tales como compuestos de nitrógeno, azufre, oxígeno y varios metales.

Típicamente los constituyentes del asfalto se dividen en asfaltenos (constituyentes sólidos, de alto peso molecular) y los maltenos (aceites de bajo peso molecular).

Los asfaltenos aportan la dureza al asfalto, mientras que los maltenos aportan las propiedades de ductilidad y adhesividad. Los aceites y resinas que están presentes influyen en la viscosidad o en las propiedades de flujo del asfalto. Debido a la compleja interacción de las diferentes sustancias en el asfalto es prácticamente imposible predecir con exactitud su comportamiento, especialmente en las emulsiones asfálticas.

En esencia, el asfalto es una estructura coloidal o una emulsión donde los maltenos son la fase continua y los asfaltenos son la fase discontinua. Existen también algunos constituyentes aromáticos que se encuentran dispersos en la fase de los maltenos.

Como se mencionó anteriormente la consistencia, la fuente y la composición del asfalto son variables, lo cual afecta directamente el funcionamiento del asfalto como interfase con el agregado.

En las emulsiones asfálticas, un factor muy importante es la calidad del asfalto utilizado ya que comprende más del 60 % del producto final. El asfalto y el emulsificante deben de visualizarse como un sistema que en conjunto funciona como agente ligante. Ya que el asfalto debe de enlazarse con el agregado, es también un punto crítico la selección apropiada del agregado.

Las mezclas bituminosas usadas para la construcción de caminos están constituidas básicamente por un sistema de dos fases, el asfalto (agente ligante) y el agregado. En tal sistema, la función principal del asfalto es la de formar un enlace adhesivo con el agregado, lo cual se logra mediante una interacción mecánica o química.

Una interacción mecánica es el enlace de dos componentes a través de una interfase o superficie. Este tipo de acción es importante cuando una de las sustancias es porosa y la otra puede penetrar los poros y solidificarse. Un segundo tipo de interacción mecánica depende de la resistencia friccional debida a la presión ejercida de un componente alrededor del otro.

Un enlace químico en la interfase se desarrolla al humedecer una superficie sólida con un líquido (el asfalto puede considerarse como un líquido). Una vez que se obtiene el contacto molecular las dos fases pueden interactuar a través de fuerzas intermoleculares. La fuerza de la interacción depende del tipo de enlace químico formado. El enlace químico se puede clasificar en un enlace primario o un enlace secundario. Un enlace primario puede ser iónico, covalente o metálico.

El enlace iónico se forma debido a interacciones electrostáticas entre átomos altamente electronegativos y electropositivos. Un elemento electronegativo dona electrones a los átomos electropositivos formando iones que son responsables del enlace electrostático.

El enlace covalente se obtiene cuando un electrón es compartido por dos átomos. La capa electrónica de los átomos pierde su identidad y forma un orbital molecular alrededor de los núcleos de los átomos que están interactuando.

Un enlace metálico es similar al enlace covalente en donde los electrones son compartidos por los núcleos de varios átomos.

La calidad o durabilidad del enlace dependerá de las propiedades del asfalto, del agregado y de las condiciones bajo las cuales se forma el enlace.

2.1.2 Emulsificantes

Las propiedades de una emulsión asfáltica dependen en gran medida del emulsificante a utilizar. Un emulsificante es un agente tensoactivo que modifica la tensión superficial en la interface entre las partículas de asfalto y de agua, por lo que mantiene los glóbulos de asfalto estables en suspensión y controla el tiempo de rompimiento.

Un producto químico que sea utilizado como emulsificante debe tener en su estructura química dos zonas perfectamente definidas, una parte hidrófoba o apolar (repelente al agua) y una parte hidrófila o polar (afin al agua). Este comportamiento permite obtener una dispersión estable del asfalto en el agua, obteniendo así la emulsión deseada.

La parte polar de la molécula del emulsificante asfáltico presenta cargas libres muy positivas o muy negativas, por lo que los emulsificantes deberán encontrarse en forma de sales para obtener su funcionamiento como tales.

La mayoría de los emulsificantes catiónicos son principalmente aminas grasas, además de amidoaminas e imidazolininas.

Las aminas son principalmente convertidas en sales mediante la reacción con ácido clorhídrico.

Las sales cuaternarias de amonio son utilizadas normalmente como aditivos, son sales solubles en agua, que no requieren la adición de ácido, presentan estabilidad y son efectivas.

De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que la emulsión asfáltica es una dispersión de una fase orgánica o aceitosa líquida (asfalto) en otra fase líquida (agua) en forma de pequeños glóbulos (Fig. 1).

Esta dispersión se obtiene por medios mecánicos (molino coloidal) y por medios fisicoquímicos que consisten en la adición de agentes emulsificantes.

La presencia del agente emulsificante facilita la dispersión inicial del asfalto en el agua y evita que las partículas formadas vuelvan a unirse. Cuando este fenómeno ocurre, se dice que la emulsión ha roto.

Existen muchos factores que pueden afectar la estabilidad de las emulsiones, sin embargo, en la práctica la rotura de la emulsión ocurre al contacto de ésta con las superficies minerales de los materiales pétreos y/o a la evaporación del agua de la emulsión (Fig. 2).

Una vez rota la emulsión, el asfalto queda firmemente adherido al material pétreo debido a la acción del agente emulsificante ya que éste forma un puente químico entre ambas superficies.

El rompimiento de una emulsión es el proceso de deposición del asfalto en la superficie del material de construcción.

Debido a que todos los materiales presentan características superficiales distintas, se requiere de una emulsión diferente en cada caso.

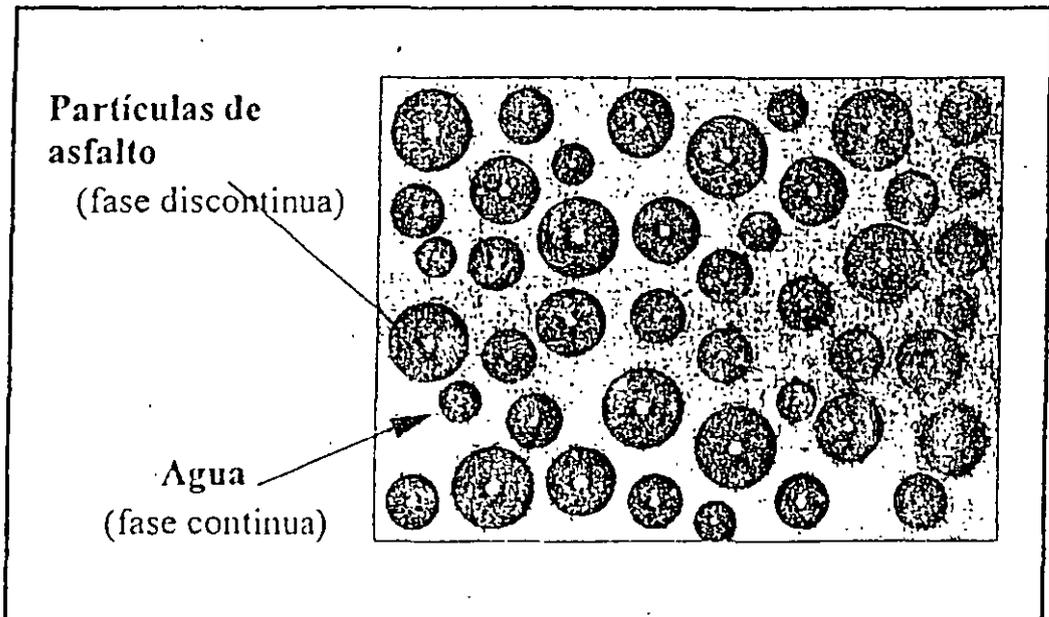


Figura 1.- Emulsión asfáltica

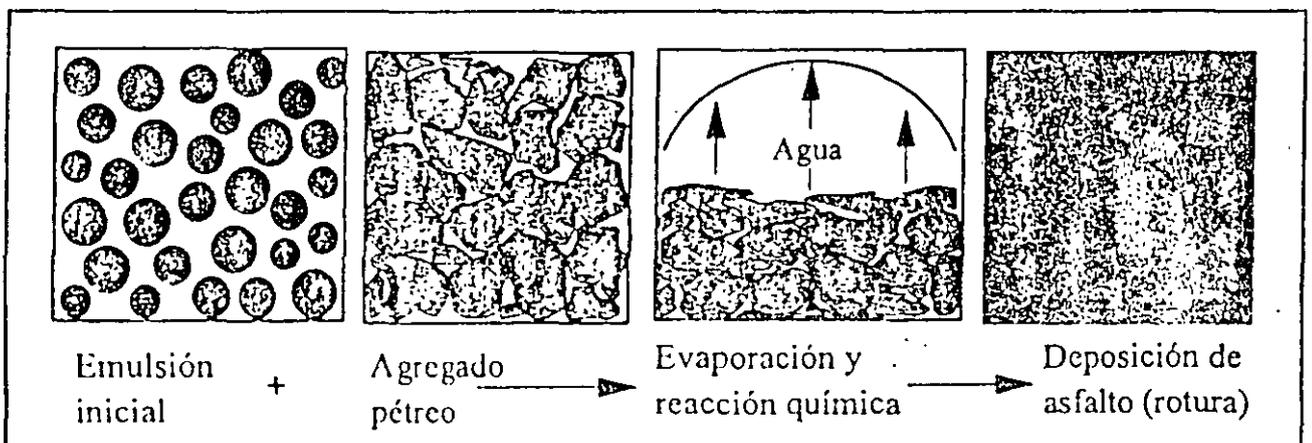


Figura 2.- Rompimiento de una Emulsión Asfáltica

2.1.3. Agregados Pétreos

Los materiales pétreos se combinan con asfaltos para preparar mezclas con diversas aplicaciones. Como los agregados constituyen normalmente el 90% en peso o más de estas mezclas, sus propiedades tienen gran influencia sobre las del producto terminado.

Los pétreos más empleados son piedra y escoria partida, gravas, arenas y fillers. En la construcción de pavimentos asfálticos el control de las propiedades de los pétreos es tan importante como el del asfalto.

Los agregados pétreos utilizados en la construcción de carreteras, al igual que otras sustancias, poseen cargas superficiales que se encuentran en desequilibrio generando cierta energía superficial. Cuando la superficie del agregado se cubre con un líquido de polaridad opuesta se satisfacen las demandas de energía y se forma un enlace. Debido a lo anterior, los agregados pueden ser hidrofílicos o hidrofóbicos.

Se considera que los agregados con carácter ácido son hidrofílicos y los agregados básicos son hidrofóbicos. Las rocas ácidas generalmente proporcionan mejor adhesión que las rocas básicas que contienen cuarzo y otra clase de feldespatos (Tabla 1).

TIPO DE PETREO	% CUARZO	CARACTER ACIDO/BASE
Rocas Igneas		
Granito	30	Acido
Riolita	32	Acido
Rocas Metamórficas		
Cuarcita	84	Acido
Pizarra	29	-
Micacita	37	Acido
Rocas Sedimentarias		
Arenisca	79	Acido
Arenisca Caliza	35	-
Horsteno	93	Acido
Piedra caliza	6	Básico
Dolomita	5	Básico

Tabla 1.

2.1.4. Emulsión Asfáltica y Agregado Pétreo

Como se ha mencionado anteriormente, una emulsión asfáltica químicamente está compuesta por emulsificante, asfalto y agua.

El agua es el segundo mayor componente en la formulación de una emulsión, por lo que debe de tomarse en cuenta la calidad del agua que se utiliza, ya que puede tener un gran impacto en el funcionamiento de la emulsión. Además, el agua en general, afecta directamente la relación entre el asfalto y el agregado.

Las reacciones químicas que ocurren entre la superficie del agregado y las emulsiones determinan las propiedades de adhesión, cohesión, estabilidad, compatibilidad, asentamiento, curado, etc. de la mezcla. Anteriormente se consideraba a los agregados calizos como electropositivos y a los silicosos como electronegativos. Esto puede ser cierto siempre y cuando el agregado esté perfectamente seco. Cuando están húmedos ambos agregados tienen carga negativa.

Los materiales calizos o de naturaleza básica, que son fragmentos de roca con alto contenido de carbonato de calcio, al ser humedecidos presentan una ionización en su superficie, generando cargas electrostáticas del tipo negativo y compuestos básicos (Figura 3). Por otra parte, los materiales ácidos o silicosos, que son fragmentos de roca ácida con alto contenido de sílice, al ser humedecidos producen una ionización en la superficie del material, formando iones de carga negativa (Figura 4).

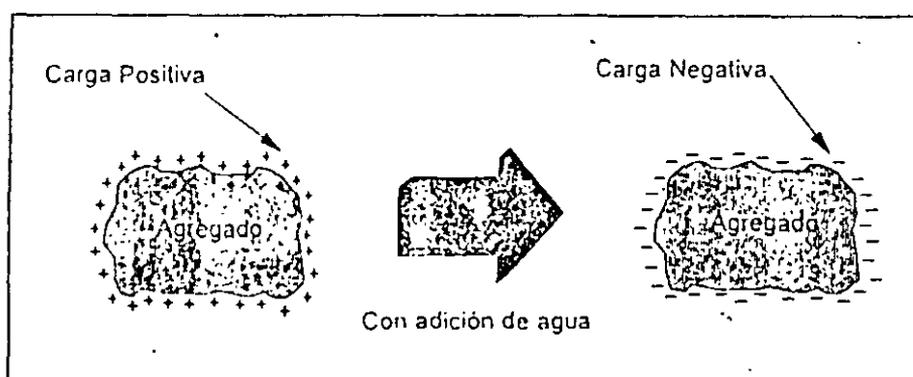


Figura 3.- Agregados pétreos calizos o de naturaleza básica.

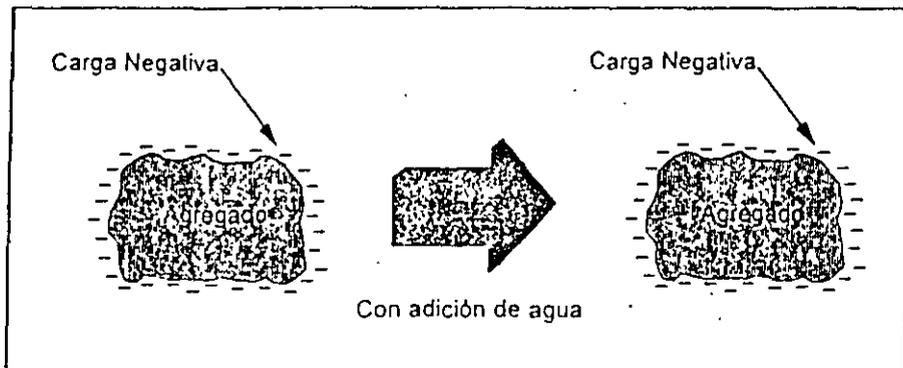


Figura 4.- Agregados pétreos ácidos o silicosos.

Las características físicas del agregado pétreo, al igual que las características químicas, deben de tomarse en cuenta, ya que juegan un papel importante para el adecuado funcionamiento de las emulsiones asfálticas en la fabricación y mantenimiento de carreteras.

Cuando la superficie de un agregado pétreo presenta rugosidad, puede haber agua o aire atrapado entre las hendiduras de la superficie, ocasionando un mojado inadecuado.

La presencia de poros, hendiduras y capilares en la superficie de la roca ocasiona la penetración del asfalto dentro de los mismos, y consecuentemente, la formación de una interacción física del asfalto y el agregado.

La presencia de polvo en la superficie del agregado pétreo reduce la velocidad de difusión y de mojado del asfalto. En algunos casos puede llegar a formarse un enlace inadecuado entre el asfalto y el polvo.

2.2 CARACTERISTICAS Y CLASIFICACION DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

De acuerdo con su naturaleza iónica, las emulsiones asfálticas se clasifican en iónicas (catiónicas y aniónicas) y no iónicas. Las del tipo no iónico prácticamente no son utilizadas.

Las emulsiones aniónicas se obtienen empleando emulsificantes del tipo aniónico, tales como las sales sódicas o potásicas de ácidos grasos o resínicos, mismas que actúan como jabones ($\text{RCOO} \cdot \text{Na}$) ionizándose en el agua en Na^+ y en RCOO^- . Los aniones RCOO^- se adsorben en los glóbulos de asfalto confiriéndole a dichas partículas polaridad negativa, mientras que los cationes Na^+ son adsorbidos por el agua.

Este tipo de emulsiones tienen un carácter básico debido a que se trabajan con valores de pH mayores a 7 (normalmente entre 11 y 12).

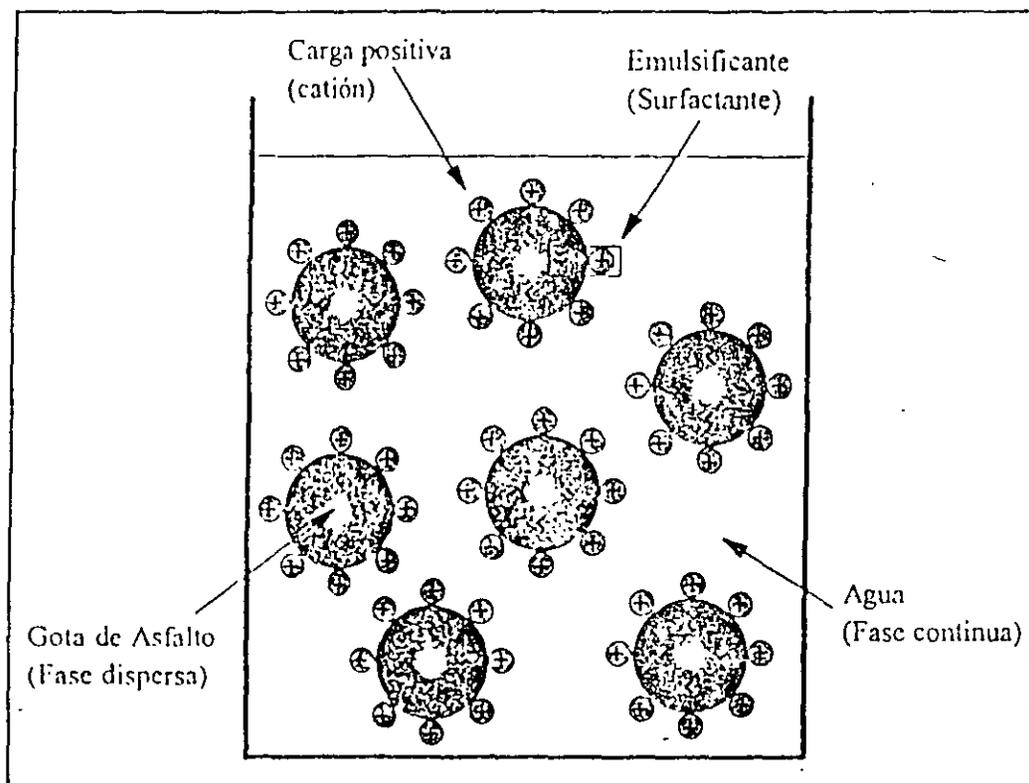


Figura 5.- Emulsión catiónica

Por su parte, las emulsiones catiónicas se obtienen empleando emulsificantes del tipo catiónico, siendo comúnmente sales de compuestos orgánicos electropositivos como sales de amonio cuaternario, clorhidratos de diaminas y poliaminas grasas, amidoaminas e imidazolininas derivadas normalmente del sebo animal o del tall oil.

Los clorhidratos de diamina ($R_1NHR_2NH_2 \cdot 2HCl$) se ionizan en el agua en cationes $R_1NH_2R_2NH_3^+$ y en aniones $2Cl^-$. Estos últimos son adsorbidos por el agua, mientras que los cationes son adsorbidos por los glóbulos de asfalto confiriéndoles una polaridad positiva (Fig. 5).

Las emulsiones catiónicas presentan un carácter ácido ya que se trabajan con valores de pH menores a 7 (normalmente entre 1.5 y 4.0).

Las emulsiones se clasifican también dependiendo de la velocidad de separación del asfalto respecto al agua y su posterior deposición al material pétreo. Los términos de rompimiento rápido, medio, lento y rompimiento superestable se utilizan para simplificar y estandarizar esta clasificación. (Tabla 2).

Tipo de Rompimiento	Características	Tiempo de Descarga	kg emulsif. por ton emulsión	% de Cemento Asfáltico	pH Solución Jabonosa	Aplicación
Rápido	Gran carga efectiva Poca sedimentación Gran adhesividad	0-10 min.	2.0 - 3.5	63 - 65	2.0 -3.5	Riego de gravilla Riegos de liga
Medio	Buena adhesividad Carga efectiva Poca sedimentación	15-25 min.	4.0 - 7.0 *8.0 dependiendo del pétreo	60 - 62	1.8-2.5	Mezclas asfálticas
Lento	Poca carga efectiva Buena adhesividad Sedimentación alta	30-60 min.	8.0 - 10.0	60 - 62	1.8-2.5	Mezclas asfálticas
Superestable	Asentamiento considerable	60 min.- 24 horas	10 - 18	60 - 62	1.8-2.5	Mezclas asfálticas, Lechadas asfálticas o Slurry Seal Microsuperficies

Tabla 2.- Clasificación de las emulsiones según el tipo de rompimiento.

Se ha comprobado que en las emulsiones de rompimiento medio y lento fabricadas con más de 0.6% de emulsificante tipo poliamina se presenta un asentamiento más marcados. Este fenómeno es reversible y se soluciona recirculando la emulsión cada tercer día en caso de tener que ser almacenada por algún periodo de tiempo. Otra opción para evitar el asentamiento consiste en modificar la viscosidad de la fase dispersante mediante la adición de polímeros.

Es también recomendable recircular las emulsiones de rompimiento superestable cada tercer día, ya que presentan un asentamiento considerable.

Además de la selección del agente emulsificante, otro factor importante que influye en la calidad final de la emulsión asfáltica es el trabajo efectuado por el molino coloidal. Este tipo de equipos está compuesto por un rotor y un estator cuya separación es regulable, determinándose de esta manera la abertura de dicho molino.

La abertura del molino determina el tamaños de los glóbulos (granulometría de la emulsión) y esto incide directamente en la estabilidad de la emulsión.

2.3 VENTAJAS DEL USO DE EMULSIONES ASFALTICAS SOBRE LOS REBAJADOS ASFALTICOS Y MEZCLAS EN CALIENTE

1. La presencia del agua y el emulsificante en la emulsión asfáltica favorece el mezclado del cemento asfáltico con los materiales pétreos, obteniéndose mejores cubrimientos de éstos.
2. Las adhesividades pasiva y activa que se obtienen mediante el uso de una emulsión asfáltica son superiores a las obtenidas con rebajados asfálticos. La presencia del emulsificante asegura una unión química asfalto-agregado con lo que se obtiene mejor cubrimiento y adherencia.
3. Se obtiene un ahorro energético al evitarse totalmente el calentamiento de solventes ya que en la emulsión lo que se pierde es agua.
4. Se evita contaminación ambiental al no efectuarse la evaporación de solventes mencionada.
5. La emulsión asfáltica es el método más práctico para el transporte, almacenamiento y aplicación del asfalto en forma líquida.
6. El empleo de las emulsiones puede llevarse a cabo controlando el factor atmosférico, mientras que el trabajo con rebajados exige la presencia de un clima favorable.
7. En la actualidad prácticamente todos los trabajos de construcción, reparación y mantenimiento de carreteras puede efectuarse con el uso de las emulsiones, con excepción de la fabricación de concreto asfáltico.

SEAMAN GUNNISON

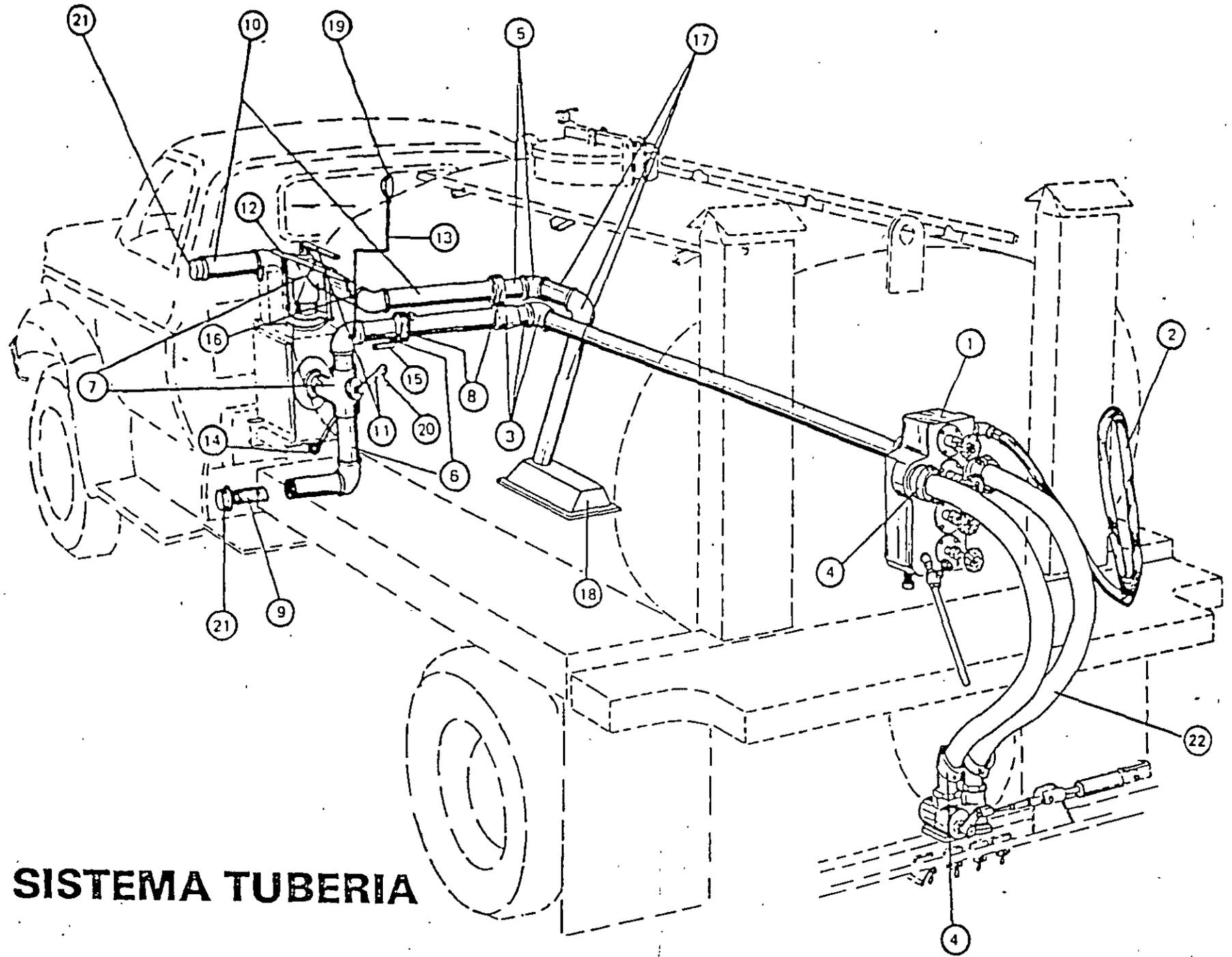
TABLA DE APLICACION DE ASFALTO PARA PETROLIZADORA

EQUIPADA CON BARRA DE 3.66 MTS. (12"). LAS CIFRAS QUE APARECEN DENTRO DE LA TABLA,
SON LAS RPM A LAS QUE DEBERA FUNCIONAR EL MOTOR AUXILIAR.

LITROS POR METRO CUADRADO

VELOCIDAD DEL CAMION EN METROS POR MINUTO	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
360			19																					
340	11																							
320																								
300	10	13	16	19																				
280	9	12	15	18																				
260		11	14		19																			
240		10	13		18																			
220					16																			
200		9		13	15	17	19		23															
180		8						19																
160			9	10	12			17																
140				9	10	12	14	15	17	18														
120				8	9	10	11	13	14		18	19												
100									12	13	14	15	16	17		19	20							
80									9	10	11	12	13	14			16	17	18					
60										8		9	10		11		12	13	14		15			16
40																8			9	10			11	

EJEMPLO: 1 - LITRO POR METRO CUADRADO R.P.M. 15 = 140 METROS POR MINUTO



SISTEMA TUBERIA

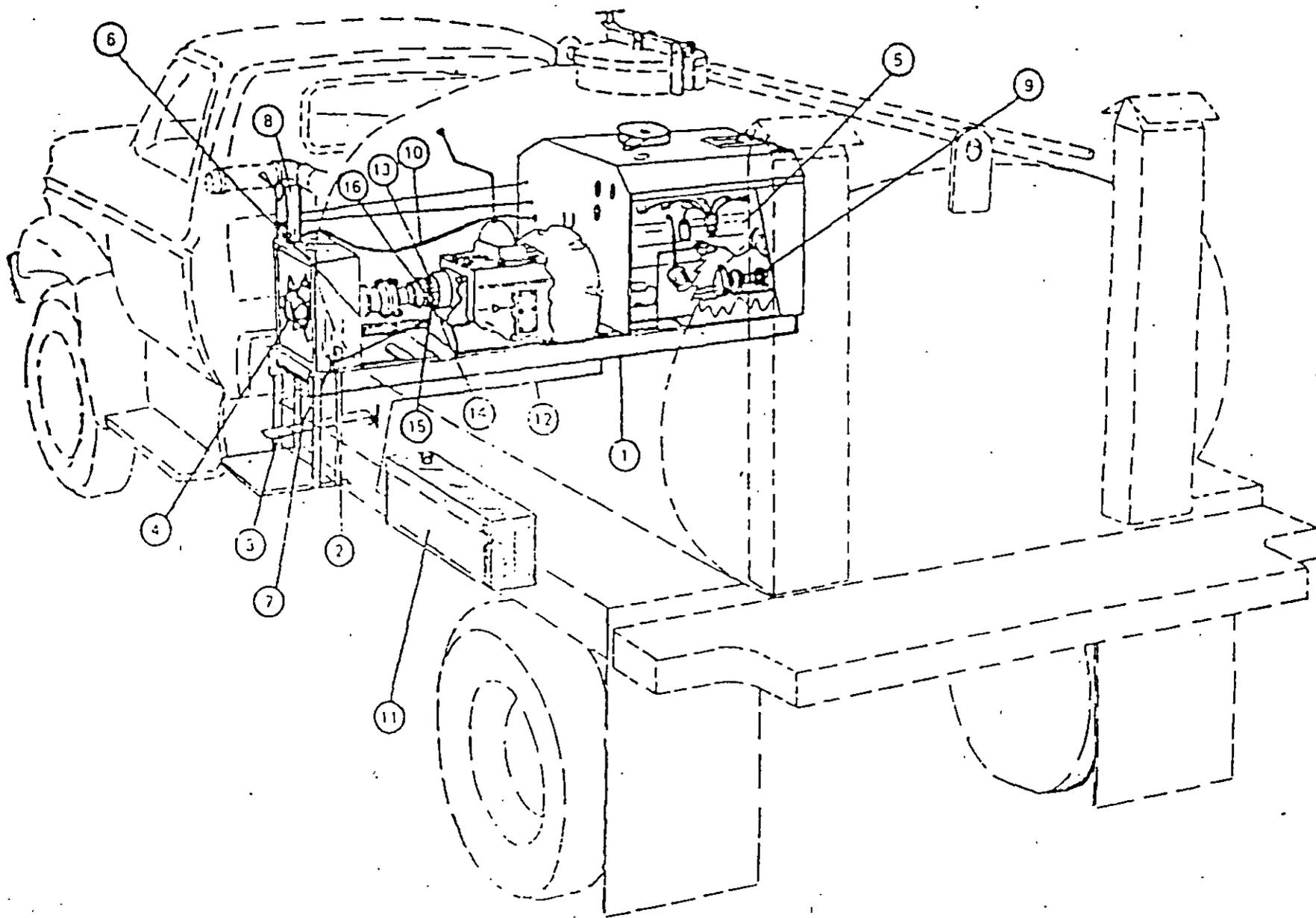
OBJETIVO: En la presente evaluación el participante describirá las partes o componentes de la distribución de la quinta rueda sobre el chasis de la petrolizadora.

INSTRUCCIONES: En el siguiente cuadro anote los nombres de los componentes de medición de la quinta rueda, que le corresponda según la figura que se muestra a continuación.

LISTA DE PARTES

REF.	CANT.	DESCRIPCION
1	1	
2	1	
3	1	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	
9	1	
10	1	

SISTEMA MOTRIZ



OBJETIVO: El participante describirá las partes del sistema motriz de una petrolizadora.

INSTRUCCIONES: En el siguiente cuadro anote los nombre de los componentes del sistema motriz, según corresponda con la figura que se muestra a continuación.

LISTA DE PARTES

REF	CANT	DESCRIPCION
1	1	
2	1	
3	1	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	
9	1	
10	1	
11	1	
12	1	
13	1	
14	1	
15	1	
16	1	

EJERCICIO No.1

INSTRUCCIONES:

Lea detenidamente y seleccione la respuesta correcta, colocándola en el paréntesis de la derecha.

1) Tiene por objeto prevenir a las personas sobre la existencia de un peligro en el camino()

- | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| a)Señales
restrictivas | b)Señales
preventivas | c)Señales
informativas |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|

2) Tienen por objeto guiar a los conductores en forma ordenada y segura, de acuerdo con los cambios temporales necesarios en las obras()

- | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| a)Señales
restrictivas | b)Señales
preventivas | c)Señales
informativas |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|

3) Indican a los conductores la existencia de ciertas limitaciones físicas o prohibiciones()

- | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| a)Señales
restrictivas | b)Señales
preventivas | c)Señales
informativas |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|

4) La altura ideal de los conos para uso en carreteras es de()

- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| a) 75 cm. | b) 45 cm.. | c) 25 cm. |
|-----------|------------|-----------|

5) Consisten en postes cilíndricos de 1m. de longitud, pintados con una franja perimetral de 15 cm. en la parte inferior y una franja reflejante de color naranja cerca de su extremo superior()

- | | | |
|----------|-----------------------------------|----------------------------------|
| a) Conos | b) Indicadores de
alineamiento | c) Indicadores
de obstáculos. |
|----------|-----------------------------------|----------------------------------|

6) Los mecheros y linternas son()

- a) Dispositivos luminosos b) Señales manuales c) Luces eléctricas.

7) Son portátiles de color ámbar que emiten destellos de corta duración()

- a) Mecheros y linternas b) Lámparas de destello c) Luces eléctricas

8) Sirven para iluminar la zona o tramo que se encuentra en construcción o reparación y se colocarán de tal manera que no deslumbren al conductor()

- a) Mecheros y linterna b) Lámparas de destello c) Luces eléctricas

9) En una señal manual que se usa durante el día, es de tela color rojo reflejante de 60 X 60cm. sujeta a una asta de 100cm. de longitud.()

- a) Barreras b) Banderas c) Indicadores de alineamiento

10) La forma de las señales preventivas es()

- a) Cuadrada b) Rectangular c) Redonda

11) La forma de la mayoría de las señales restrictivas son()

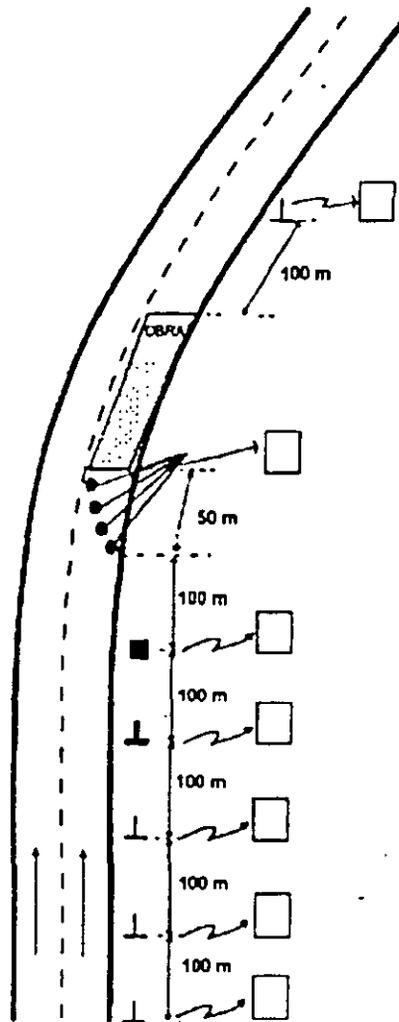
- a) Cuadrada b) Rectangulares c) Redondas

EJERCICIO No.2

INSTRUCCIONES:

Seleccione la señal adecuada y coloque el número correspondiente en los cuadros respectivos del esquema.

El esquema representa una carretera de un sentido de 2 carriles, de los cuales se cierra uno.



- 1) PRINCIPIA TRAMO EN REPARACION A 600m
- 2) Traffic cone
- 3) (Bandero)
- 4) TERMINA TRAMO EN REPARACION
- 5) Right turn arrow
- 6) Worker with shovel
40m
- 7) Lane reduction
50m

B I B L I O G R A F I A

autor

CONSERVACION Y RECONSTRUCCION _____ S.A.H.O.P.
DE CARRETERAS.

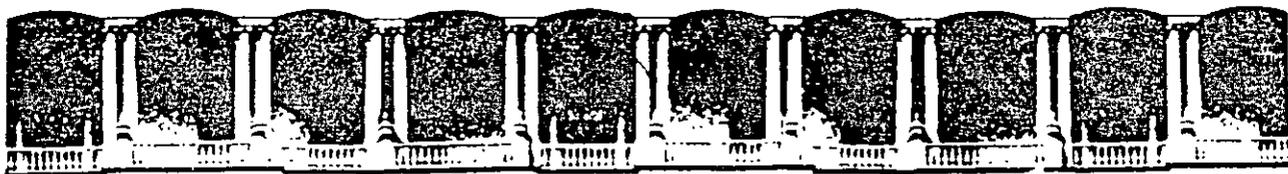
TEORIA DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS _____ ing. TONATIUTH FLORES.

MANUAL DE ALCANTARILLAS Y PUENTES. _____ S.C.T

PROCEDIMIENTOS DEL CONCRETO. (MANUAL). _____ CEMENTOS TOLTECA.

MANUAL DE INGENIERIA Y TRANSITO. _____ S.C.T

MANUAL DE LA PETROLIZADORA. _____ SEAN, GUNISON, DE MEX.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

BACHEO, RENIVELACIÓN Y RIEGO DE SELLO
Programa de Capacitación CAPUFE 1998

Evaluación Diagnóstica

Pedro Sánchez Pulido
1998.

EVALUACION DIAGNOSTICA

"CURSO"

ACTUALIZACION PARA CABOS Y SOBRESTANTES

NOMBRE _____ PUESTO _____
DEPENDENCIA _____ HORARIO _____
INSTRUCTOR _____ FECHA _____

la presente evaluacion permitira al instructor, evaluar su grado de conocimientos en relacion con los temas del curso, asi mismo le recordamos lea detenidamente cada pregunta antes de contestar anotanda en las rayas su respuesta.

1.- MENCIONE QUE ES UNA CONSERVACION RUTINARIA, EN LOS INCISOS DE LA IZQUIERDA MARQUE LA RESPUESTA CORRECTA CON UNA (X)

- ()- MENSUAL)
- ()- QUINCENAL)
- ()- SEMANAL)
- ()- DIARIO)

2.- MENCIONE QUE ES UNA CONSERVACION PERIODICA EN LOS INCISOS DE LA IZQUIERDA MARQUE CON UNA (X) SU RESPUESTA CORRECTA.

- ()- CUANDO SON CARRETERAS NUEVAS)
- ()- CUANDO EMPIEZAN A FALLAR LAS TERRAZERIAS)
- ()- CUANDO YA FALLARON)
- ()- O CUANDO EMPIEZAN A MANIFESTARSE)

3.- DURANTE EL PRIMER PROCESO DE SEPARACION, LAS REFINERIAS-
SEPARAN EL CRUDO DE PETROLEO EN 5 PRODUCTOS CUALES SON.-
ANOTE SU RESPUESTA CORRECTA EN LOS PARENTISES DE -
IZQUIERDA.

1.- _____

2.- _____

3.- _____

4.- _____

5.- _____

6.- _____

4 . PARA LOS TRABAJOS DE RECONSTRUCCION SE NECECITAN HERRAMIENTAS-
MENCIONE CUALES SON:

HERRAMIENTAS

EQUIPO

5.- LAS EMULSIONES SE LES PUEDE CALENTAR, MENCIONE A CUANTOS-
GRADOS.

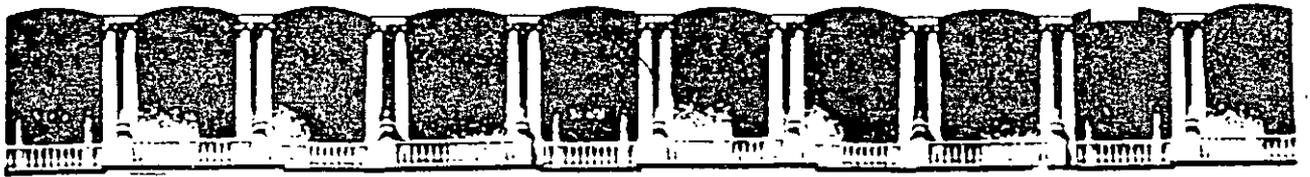
ANIONICAS

CATEONICAS

6.-MENCIONE LOS TIPOS DE SEÑALIZACION QUE SE COLOCA EN LAS -
CARRETERAS.

EVALUACION: _____

PSP' lri



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

BACHEO, RENIVELACIÓN Y RIEGO DE SELLO
Programa de Capacitación CAPUFE 1998

Evaluación Diagnóstica

Pedro Sánchez Pulido
1998.

EVALUACION DIAGNOSTICA

"CURSO"

ACTUALIZACION PARA CABOS Y SOBRESTANTES

NOMBRE _____	PUESTO _____
DEPENDENCIA _____	HORARIO _____
INSTRUCTOR _____	FECHA _____

La presente evaluacion permitira al instructor, evaluar su grado de conocimientos en relacion con los temas del curso, asi mismo le recordamos lea detenidamente cada pregunta antes de contestar anotanda en las rayas su respuesta.

1.- MENCIONE QUE ES UNA CONSERVACION RUTINARIA, EN LOS INCISOS DE LA IZQUIERDA MARQUE LA RESPUESTA CORRECTA CON UNA (X)

- ()- MENSUAL)
- ()- QUINCENAL)
- ()- SEMANAL)
- ()- DIARIO)

2.- MENCIONE QUE ES UNA CONSERVACION PERIODICA EN LOS INCISOS DE LA IZQUIERDA MARQUE CON UNA (X) SU RESPUESTA CORRECTA.

- ()- CUANDO SON CARRETERAS NUEVAS)
- ()- CUANDO EMPIEZAN A FALLAR LAS TERRAZERIAS)
- ()- CUANDO YA FALLARON)
- ()- O CUANDO EMPIEZAN A MANIFESTARSE)

3.- DURANTE EL PRIMER PROCESO DE SEPARACION, LAS REFINERIAS-
SEPARAN EL CRUDO DE PETROLBO EN 5 PRODUCTOS CUALES SON.-
ANOTE SU RESPUESTA CORRECTA EN LOS PARENTISES DE -
IZQUIERDA.

1.- _____

2.- _____

3.- _____

4.- _____

5.- _____

6.- _____

4 . _PARA LOS TRABAJOS DE RECONSTRUCCION SE NECECITAN HERRAMIENTAS-
MENCIONE CUALES SON:

HERRAMIENTAS

EQUIPO

5.-IAS EMULSIONES SE LES PUEDE CALENTAR, MENCIONE A CUANTOS-
GRADOS.

ANIONICAS

CATEONICAS

6.-MENCIONE LOS TIPOS DE SEÑALIZACION QUE SE COLOCA EN LAS -
CARRETERAS.

EVALUACION: _____

PSP'lrí