

3 300 615 7



UNIVERSIDAD LA SALLE

23
2ej

**ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**"PERFILADO EN FRIO Y RECICLADO
EN CALIENTE DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA SAN
LUIS POTOSI-GUADALAJARA. TRAMO SAN JUAN DE
LOS LAGOS-ZAPOTLANEJO, JALISCO"**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

RIGOBERTO TAPIA GARCIA

ASESOR:

M. en I. FRANCISCO JAVIER RIBE MARTINEZ DE VELASCO

MEXICO, D.F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E.

	PAG.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. PAVIMENTOS	3
1.1 Definición	3
1.2 Tipos	3
1.3 Componentes	4
1.3.1 Asfalto	4
1.3.1.1 Antecedentes	4
1.3.1.2 Oxidación	7
1.3.1.3 Segregación, causas y rompimiento	11
1.3.1.4 Acarreo	26
1.3.2 Agregados	40
1.3.2.1 Control de calidad	43
1.4 Mantenimiento	44
CAPITULO II. PERFILADO DE PAVIMENTOS	46
2.1 Antecedentes	46
2.2 Tipos	47
2.3 Equipos	50
2.4 Economía y Productividad	51
CAPITULO III. RECICLADO DE PAVIMENTOS	53
3.1 Antecedentes	53
3.2 Métodos y Equipos	56
3.3 Control de Calidad	71
3.4 Problemática	76
3.5 Análisis Financiero	77
3.6 Perspectivas	78
CAPITULO IV. EL CONTROL ECOLOGICO EN LA ELABORACION DE PAVIMENTOS	80
CAPITULO V. OBJETIVOS	82
CAPITULO VI. ANTECEDENTES DE EQUIPO Y METODOS	83
CAPITULO VII. DETERMINACION DE EQUIPO Y METODOS	86
7.1 Tipología del Pavimento	86
7.2 Selección del Tipo de Perfilamiento. Corte en frío	86
7.3 Obtención de la Mezcla Optima para el Reciclado	87
7.4 Elección de la Maquinaria	88

CAPITULO VIII. RECURSOS NECESARIOS	90
8.1 Análisis de los Recursos Necesarios	91
CAPITULO IX. PROGRAMA DE OBRA	104
9.1 Programa de Erogaciones.....	105
9.2 Programa de Maquinaria	106
CAPITULO X. COMPARATIVA DE PROCEDIMIENTOS TRADICIONALES Y MODERNOS EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS	108
10.1 Determinación de Presupuesto	133
CAPITULO XI. ALCANCE DE LOS TRABAJOS	138
CAPITULO XII. ANALISIS DE RESULTADOS	140
CONCLUSIONES	142
BIBLIOGRAFIA	144

INTRODUCCION

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

El desarrollo económico de un país está en función de su infraestructura, gran parte de la cual se basa en los medios de comunicación que la Nación posee. Las carreteras son parte esencial ya que permiten establecer comunicación entre poblaciones y satisfacer, por tanto, las diversas necesidades de cada entidad. Sin embargo, su funcionalidad y calidad son de vital importancia, ya que de estos dependerá el grado de bienestar de la población que las utilice.

En los últimos años, la reducción del presupuesto destinado a la construcción de caminos en México ha provocado un deterioro significativo de los mismos y un consecuente decremento en la construcción de más kilómetros. Aunado a lo anterior, el aumento en los costos de materiales usados en la construcción de carreteras ha instado a las entidades a mejorar los caminos ya existentes, siendo su mantenimiento la solución más viable al problema.

No obstante el enfoque gubernamental en éste ámbito ha comenzado a cambiar, en los próximos años el ritmo de construcción de caminos será menor que el de tiempos pasados. Es por ésto que las constructoras se han visto en la necesidad de crear técnicas para mejorar la calidad de las carpetas; procedimientos como el perfilado y el reciclado de pavimentos han demostrado ser la opciones con mejores resultados tanto económicos como de calidad.

La finalidad del presente trabajo es demostrar la

eficiencia que estas técnicas tienen sobre los métodos tradicionales, aún cuando no son muy utilizados debido al escaso conocimiento y comprensión que de ellas se tiene.

El reciclado de los pavimentos asfálticos comúnmente requiere una consideración especial, ya que el aglutinante con frecuencia se endurece convirtiéndose en quebradizo. Los modificadores del asfalto se utilizan para reblandecer éstos aglutinantes viejos y así producir mezclas con propiedades similares a la de los materiales asfálticos convencionales. El método, objeto de éste trabajo permite seleccionar los tipos y cantidades de los modificadores asfálticos para producir la mezcla deseada incluyendo modificadores tales como agentes rejuvenecedores, suavizantes, aceites fluidificantes y cementos asfálticos suaves.

Se piensa que ambos procedimientos tendrán una fuerte aceptación debido a que contribuyen considerablemente en la preservación del medio ambiente, ya que la emisión de gases de los equipos utilizados es mínima y el daño causado con la extracción de materiales disminuye satisfactoriamente.

C A P I T U L O I

CAPITULO I.

1. PAVIMENTOS

1.1 Definición

Se denomina así a la estructura superficial formada artificialmente por varias capas de diversos materiales, con la finalidad de conseguir un piso sólido y llano, para permitir el tránsito de vehículos en forma cómoda, segura y eficiente.

Dicha estructura deberá reunir las siguientes características:

- Proporción adecuada de la mezcla.
- Resistencia a esfuerzos de diseño.
- Diseño acorde con su futuro uso.
- Elevada interacción vehículo-pavimento.
- Reducción en costos de operación.

1.2 Tipos

De acuerdo a su estructura, se reconocen dos tipos de pavimento:

a) Flexible: Carpeta elaborada a base de conglomerados bituminosos y agregados pétreos (figura 1A).

b) Rígida: Se emplea cemento en lugar de destilados de hidrocarburos sólidos o líquidos (figura 1B).

Cada uno de los elementos que integran un pavimento tiene una función específica; tal es el caso de la sub-base cuyo

objetivo es transmitir esfuerzos a la capa subrasante, reducir efectos de cambios volumétricos y rebote elástico, reducir costo de pavimento y es la transición entre la base y la subrasante. La base esencialmente se encarga de soportar adecuadamente las cargas y distribuir esfuerzos a las capas subyacentes en forma adecuada. La carpeta por su parte proporciona una superficie estable, uniforme, impermeable y de textura adecuada.

1.3 Componentes

1.3.1 Asfalto

Se denomina así al hidrocarburo formado por moléculas de hidrógeno y carbono en proporción no determinada por ser el resultado final de la refinación del petróleo crudo.

1.3.1.1 Antecedentes

Durante los últimos años la industria del asfalto se ha visto afectada debido a que su producción resulta cada vez más incosteable, los suministros de combustible y materiales resultan cada vez más complicados y los controles ambientales se han vuelto demasiado estrictos, lo que ha provocado una disminución en la producción de este material.

La inflación aunada a los costos de los equipos, la mano de obra y los materiales, han provocado un aumento en el costo del producto final. Esto ha tenido como consecuencia la disminución en la inversión para la construcción de carreteras desde 1967.

Los conflictos relativos a la explotación del petróleo han sido otro punto importante en el encarecimiento del asfalto.

Debido a las condiciones actuales que presentan las carreteras resulta primordial el mantenimiento, la rehabilitación y el recubrimiento de sus pavimentos, quedando en segundo término la construcción de nuevos caminos a consecuencia de su elevado costo. Este cambio de enfoque provocado esencialmente por aspectos económicos ha traído como consecuencia cambios tecnológicos notables en la producción de asfalto, colocación y acabado.

Todos los indicadores señalan hacia una continua y gran demanda de asfalto en ambos segmentos de la industria de construcción de carreteras, tanto en la rehabilitación como en la elaboración lo que nos conduce a buscar una nueva tecnología como lo es el reciclado de asfalto.

Una innovación importante en la producción de asfalto ha sido la planta de mezcla en tambor que vino en sustitución de la tradicional de tubo vertical, que a pesar de haber sido desarrollada antes de la década de los setenta ya es obsoleta. En busca de alternativas la industria volvió hacia la planta de mezcla de tambor que ofrecía un aumento potencial en la productividad y una reducción de costo, manteniendo la calidad del producto.

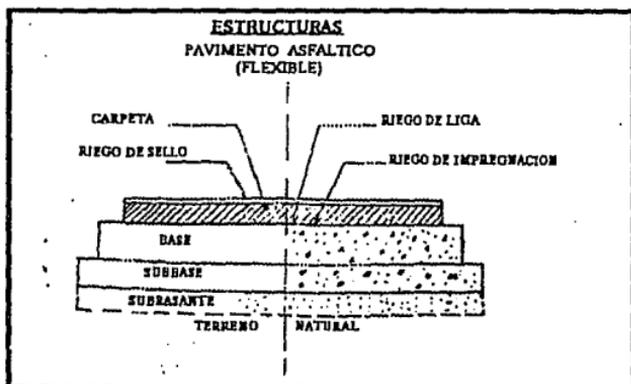


Figura 1a.

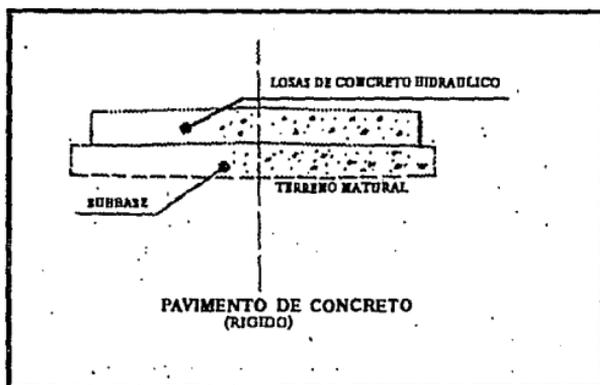


Figura 1b.

1.3.1.2 Oxidación

Proceso por el cual se combina una sustancia con oxígeno. Cuando el asfalto se oxida ocurre un envejecimiento de éste, lo cual conlleva a una caída en sus niveles de penetración. Si el asfalto está expuesto al oxígeno ocurrirá una reacción química (oxidación), prácticamente a todas las temperaturas. El grado de la reacción es extremadamente sensible a la temperatura y se duplicará cada 25° por arriba de 200°F (figura 2).

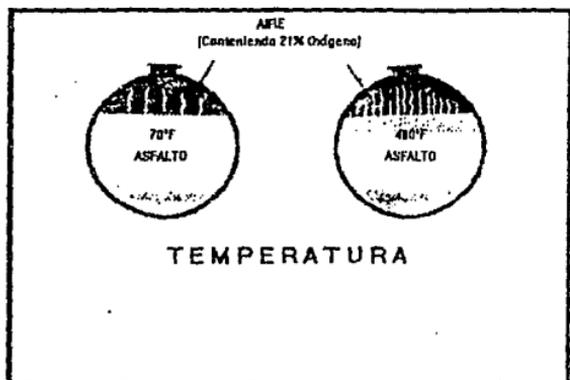


Figura 2.

Como el oxígeno es un gas y el asfalto un líquido, a mayor superficie de asfalto expuesta al aire, mayor será el rango de reacción química. Básicamente la reacción ocurre en la superficie de interfase y depende del tiempo de exposición con el oxígeno.

Existen varios factores que pueden afectar la reacción entre los que se pueden mencionar los metales traza, que en ocasiones combinados con la radiación solar pueden causar un rápido deterioro del asfalto.

Existen cuatro puntos críticos en el manejo del asfalto, en los cuales se debe tener especial cuidado para evitar su oxidación que son:

a) En el sistema de manejo del líquido en la planta, ya que al rebasar el asfalto el nivel inferior de los serpentines de calentamiento la pequeña película de éste, que rodea al serpentín se endurece al entrar en contacto con el oxígeno; al repetirse dicho proceso, la capa que envuelve al serpentín se vuelve más densa, provocando un efecto aislante haciendo ineficaz el sistema de calentamiento. Para evitar este fenómeno se aconseja colocar la línea de succión de asfalto por encima del sistema de calentamiento del tanque (figura 3).

b) En el proceso de mezclado el tiempo del mismo debe ser el menor posible y la temperatura no debe ser muy alta ya que el tiempo de exposición de la mezcla con el oxígeno esta en función de la duración del amasado entre agregados y asfalto. Se debe evitar el constante traslado de la mezcla de un contenedor a otro, ya que esto provoca que queden atrapadas partículas de oxígeno trayendo consigo un aceleramiento prematuro en el proceso de oxidación del asfalto (figura 4).

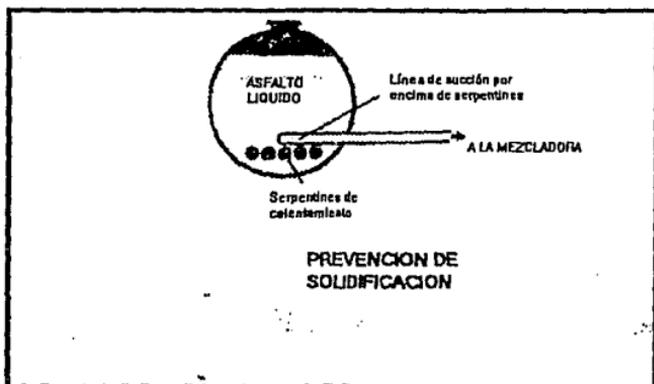


Figura 3.

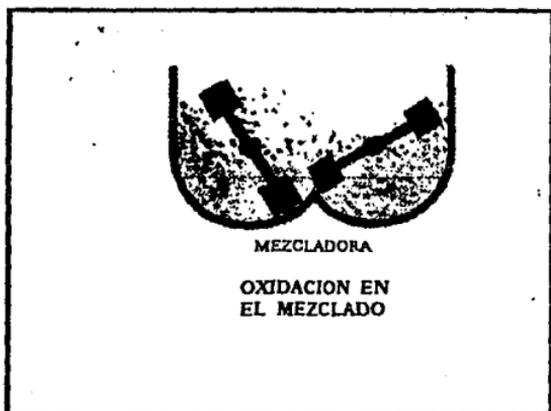


Figura 4.

c) En las carreteras y superficies del pavimento se debe cuidar que el grado de compactación sea el adecuado, ya que de lo contrario existirán muchos huecos donde el oxígeno puede alojarse, lo cual puede ir en detrimento de la carretera debido a que las capas internas sufrirán una oxidación que puede agrietar la misma (figura 5).

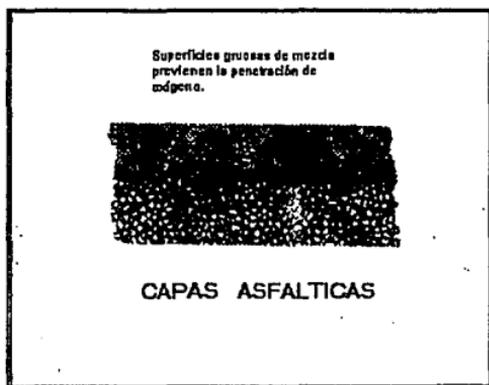


Figura 5.

d) En los tanques de almacenamiento de la mezcla en caliente se reconocen grandes avances tecnológicos, sin embargo no se ha encontrado solución adecuada para evitar la oxidación en ellos, ya que aquí confluyen los factores antes mencionados.

La exposición de la mezcla al aire es el único factor que ha podido contrarrestarse con procesos de sellado adecuados, debido a que tanto la temperatura como el aire atrapado en los vacíos de

la mezcla están en función de la conductividad térmica de la roca y las irregularidades de la misma. El traslado de la mezcla no representa un grave problema en la oxidación de la mezcla, ya que el aire adquirido por este proceso no es el suficiente como para dañarla.

Se han desarrollado dos métodos para evitar la entrada del oxígeno al tanque de almacenamiento. El primero funciona a base de gas inerte, con el cual una vez que la mezcla entra en el tanque se presuriza. Puede utilizarse como gas inerte vapor de agua pero debe tenerse cuidado en su manejo ya que de entrar en contacto con superficies frías, éste se condensará (figuras 6 y 7). El segundo método y más reciente consiste en un sellado de la puerta de descarga a base de un líquido no evaporable contenido en un recipiente cóncavo, en el cual se ahogará la zona de descarga evitando así la entrada del oxígeno exterior, la entrada superior del tanque no requiere de tratamiento especial debido a que al entrar en contacto la superficie de la mezcla con el aire, éste reacciona formando dióxido de carbono y siendo éste más denso que el aire forma una capa protectora sobre la mezcla, evitando una oxidación posterior.

1.3.1.3 Segregación, causas y rompimiento

La segregación es el principal problema en la resistencia de una mezcla asfáltica, ya que la falta de uniformidad en sus agregados provoca la existencia de masas de un sólo tamaño, lo que produce que se presenten a la hora de su tendido diferencias

en la resistencia de la carpeta. La segregación es el producto del manejo de los materiales y procesos que confluyen en la elaboración, manejo y tendido de la mezcla.

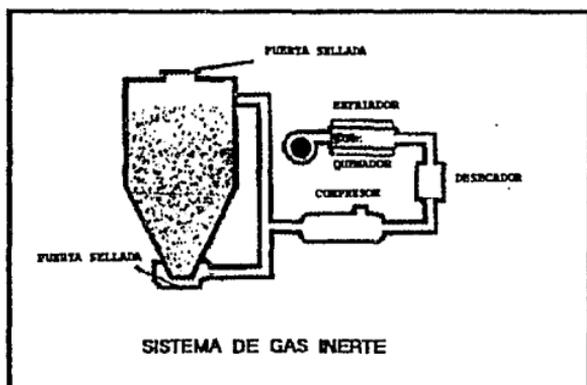


Figura 6.

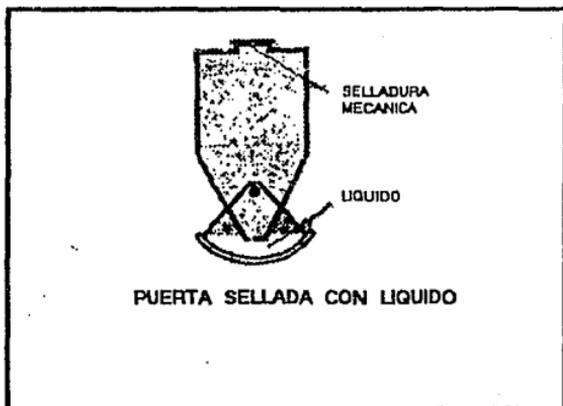
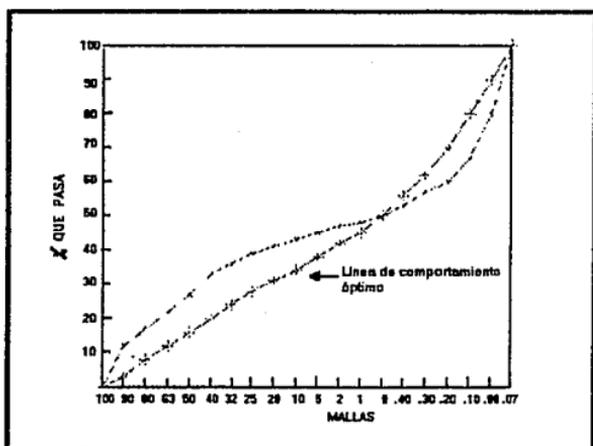


Figura 7.

Se puede señalar como primera causa el proceso de cribado de los materiales, ya que si el banco escogido no es el adecuado en el momento de efectuar dicho proceso existirán índices granulométricos inadecuados, es decir, que no existe heterogeneidad en los tamaños de los agregados. La gráfica 1 muestra la línea de comportamiento óptimo en la gráfica de cribado de los materiales.



Gráfica 1.

Del análisis de la gráfica podemos decir que es necesario tener la mayor cantidad de puntos de la misma, así podremos interpretar mejor su comportamiento.

Una vez efectuado el cribado, se recomienda separar en dos tolvas los materiales, una para finos y otra para gruesos con la

finalidad de que al abastecer el tanque de mezclado existan estos dos tipos de materiales. Lo anterior no pasaba cuando todo el material cribado se apilaba junto (figura 8), ya que al formar la pila mediante la banda transportadora, los agregados gruesos quedaban en la parte inferior y los finos en la superior, lo que provocaba que al abastecer la planta mezcladora con el material éste no cumpliera con los índices granulométricos adecuados para el diseño.

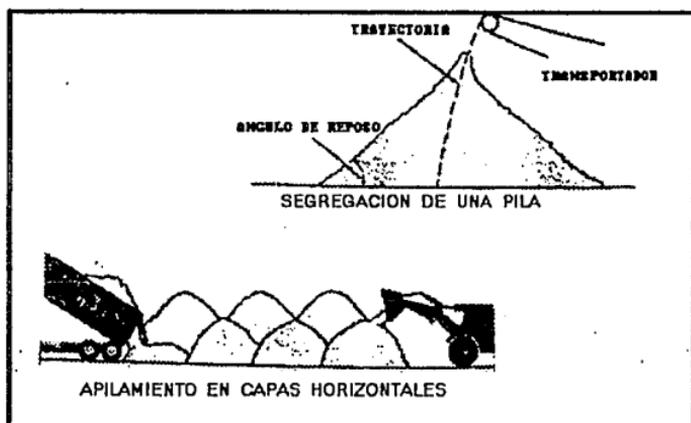


Figura 8.

En las tolvas donde se descargan los materiales debe tenerse especial cuidado porque de lo contrario al vaciar el contenido de las tolvas sobre las bandas, el material se puede segregar por la forma de éstas.

Tambores Mezcladores.

Dadas las condiciones de alimentación de material hacia el tambor mezclador, la segregación puede contrarrestarse si el flujo del agregado se realiza continuo, porque de lo contrario en los intervalos de encendido y apagado del tambor las partículas grandes fluirán a través del tambor, más rápido que las pequeñas, provocando segregación en la mezcla.

Cuando se realizan mezclas con agregados fisurados, se vuelve un problema complejo el lograr un recubrimiento adecuado de las partículas, es decir, si no se logra que el material reciba la suficiente cantidad de asfalto, aunado a la falta de penetración en otro, puede existir segregación de éste, sin embargo, esto puede evitarse prolongando el tiempo de mezclado o ampliando la longitud de la línea de alimentación de asfalto. En materiales difíciles de recubrir se emplean tambores con aletas traseras de escalón (figura 9), o la inserción de un contenedor en forma de dona para ampliar el tiempo de mezclado (figura 10). Con el mismo fin puede disminuirse la inclinación del tambor, sin embargo esta solución es dependiente del tipo de motor que tenga el tambor.

Se debe evitar tener agregado muy fino (malla 200), debido a que el abuso de éste material provoca que en el agregado grueso los espacios que tendrían que estar ocupados por el asfalto, lo estén por agregado fino provocando que al elaborar la mezcla el pétreo no reciba la cantidad de asfalto necesaria para cumplir con el diseño.

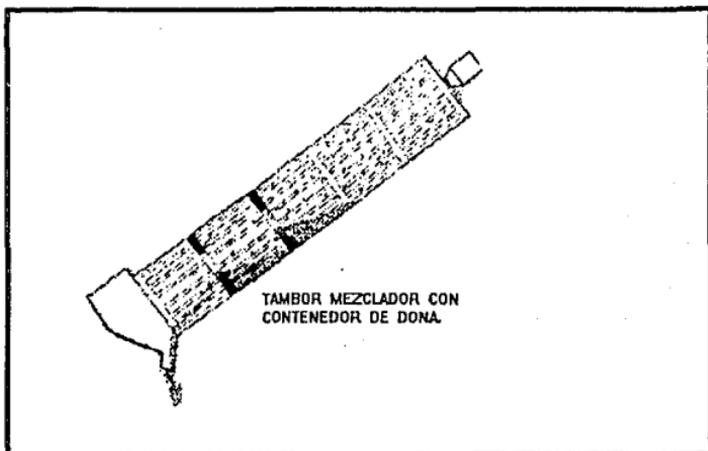


Figura 9.

Para optimizar el diseño por lo tanto, debemos tener especial cuidado en lograr una granulometría uniforme, además de cuidar los índices como: relación de vacíos, humedad y absorción. Es necesario cuidar estos índices ya que en caso de no tomar en cuenta la humedad se podrían tener problemas con la unión entre las partículas de la mezcla; así como, en caso de hacer a un lado la absorción, se tendrían problemas con la cantidad de asfalto que se obtuvo en el diseño, ya que si se tiene una piedra demasiado porosa, ésta podría tener ocupada esos espacios con agua, causando que el asfalto que se incorpora a la mezcla no ocupe los espacios que debe y ésta no alcance la cohesión necesaria entre sus partículas.

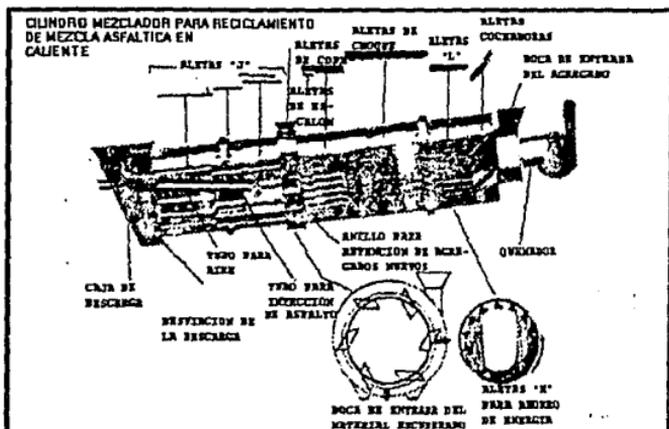


Figura 10

Cuando se descarga la mezcla ya sea sobre el tanque de almacenamiento o en una banda transportadora, debe tenerse cuidado de no dejarse caer la mezcla de gran altura, debido a que en la caída se separa el material grueso del fino, provocando segregación, sin embargo esto se puede solucionar colocando deflectores en la zona de descarga, así como rebajando la altura en que se efectúa el vaciado (figura 11).

Tambores de Almacenamiento y Agitación.

Banda Transportadora: En caso de que la banda transportadora tenga una pendiente deberá contar con aletas para acarrear el material, ya que de lo contrario el material pesado tenderá a segregarse. También debe tenerse un aditamento que

mantenga la banda caliente y evitar así cambios de temperatura en la mezcla, además dicha banda debe de estar fabricada con un material al cual no se adhiera el asfalto.

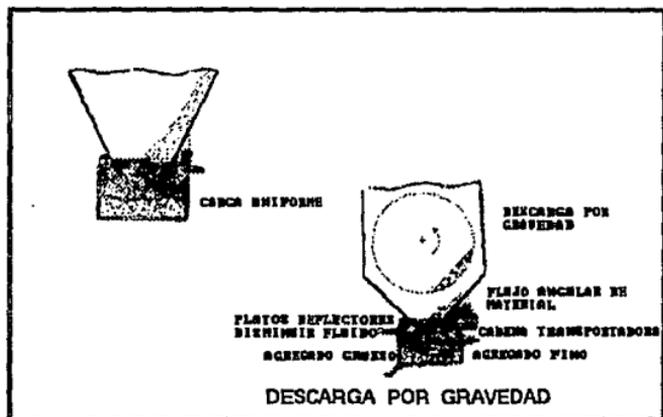


Figura 11.

Tanques de almacenamiento: Existen dos sistemas efectivos para el llenado de los tanques de almacenamiento, los conductos rotatorios y las bachas.

- Conductos rotatorios: En éstos sistemas una vez descargada la mezcla sobre él, se empieza a rotar de manera uniforme para efectuar el vaciado sobre el tanque de almacenamiento. Debe tenerse especial cuidado en el tubo de descarga final ya que éste tiene que efectuar el vaciado de la mezcla de una manera vertical. Si se observa la figura 12 se puede resaltar el especial cuidado que debe ponerse en este conducto, ya que si no

se le da el mantenimiento adecuado y no tiene la resistencia apropiada, el sistema deja de ser eficiente debido a que la mezcla saldría por otra parte y de manera horizontal, impactándose contra las paredes del tanque, lo que tiende a provocar que los materiales finos queden en las orillas y el agregado grueso se vaya al centro.

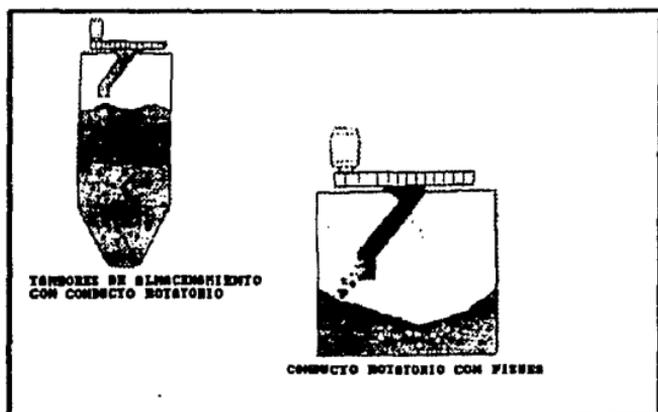


Figura 12.

- Bachas: Este es el sistema más utilizado en el vaciado de mezcla en los tanques de almacenamiento, experiencias de operadores muestran que debe tenerse especial cuidado con:

a) La bacha debe tener una capacidad aproximada a las 5,000 lb, además de contar con un diámetro de descarga lo suficientemente amplio para asegurar una descarga rápida.

b) La bacha debe de ser llenada en el centro y debe llegar en una manera vertical (figuras 13 y 14). El conducto que efectúa el llenado de la bacha debe tener un diámetro pequeño, ya que disminuye los elementos que provocan la segregación. Si existe segregación en la bacha, existirá por consecuencia en los tanques de almacenamiento.

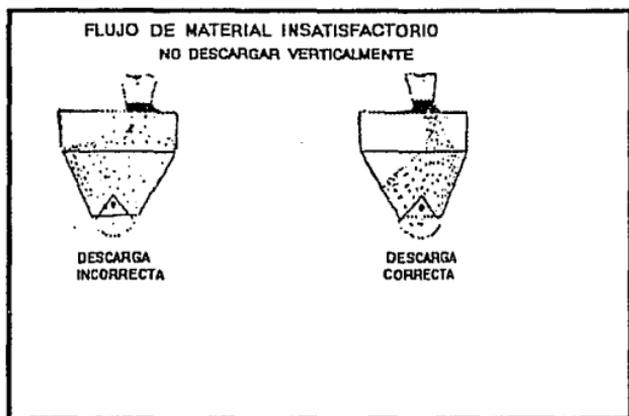


Figura 13.

c) La bacha debe estar llena para realizar el vaciado en el tanque, además debe de contar con dos indicadores que aseguren la descarga, en caso de que las puertas no abran, se debe contar con un dispositivo manual que las abra, sin embargo, la experiencia demuestra que los operadores prefieren mantener las puertas abiertas, lo cual provoca que se pierda el objetivo fundamental del sistema.

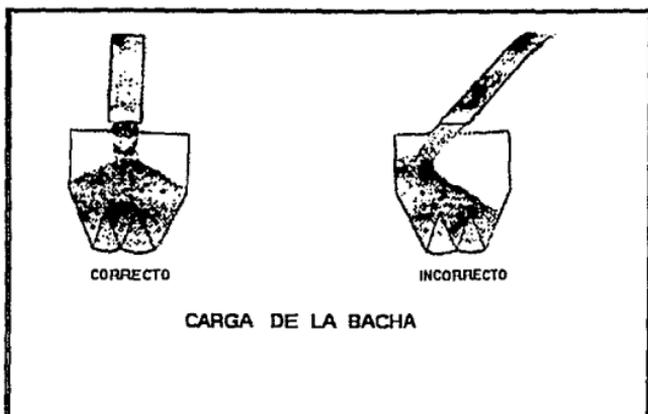


Figura 14.

d) La bacha debe contar con un dispositivo de tiempo que controle la abertura y el cerrado de las puertas, ya que no es apropiado que la bacha sea vaciada completamente.

e) Para lograr que se distribuya en forma uniforme la mezcla en el tanque de almacenamiento, es aconsejable tener una altura razonable de manera que al caer el material éste se pueda esparcir uniformemente dentro del tanque, pues de lo contrario se producirá un apilamiento el cual no es aconsejable si se desea evitar una segregación (figura 15).

- Descarga del tanque de almacenamiento o tambor: Se debe evitar que la mezcla llegue a los límites inferiores del cono de descarga, además el vaciado de mezcla hacia el camión debe de realizarse rápidamente, ya que esto disminuye la segregación,

salvo que la mezcla haya sufrido éste fenómeno en alguna otra parte de su recorrido, el vaciado del tanque de almacenamiento no influye en forma significativa.

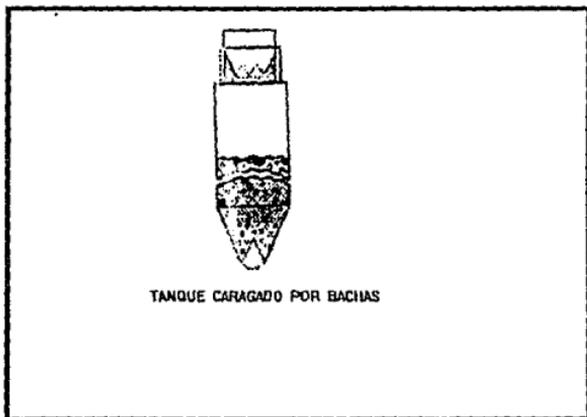


Figura 15.

Carga y Descarga del Camión.

Generalmente cuando se realiza la carga del camión, éste permanece inmóvil durante el proceso, sin embargo es recomendable que el llenado del camión se realice en varias zonas de la cama del mismo, para lo cual se requiere que el operador manibre el vehículo. Se aconseja que el vaciado de la mezcla en el camión se lleve a cabo en tres etapas, tal como se muestra en la figura 16.

Para asegurar que no se disgregue la mezcla en el momento de ser vaciada en la tolva del pavimentador, se recomienda que la caja contenedora se eleve a un ángulo lo suficientemente amplio

de manera que el material se descargue de tajo, sin poner en peligro la seguridad del vehículo. Un punto a cuidar es que la cama de la caja se encuentre perfectamente lubricada para evitar así la fricción de ésta con la mezcla.

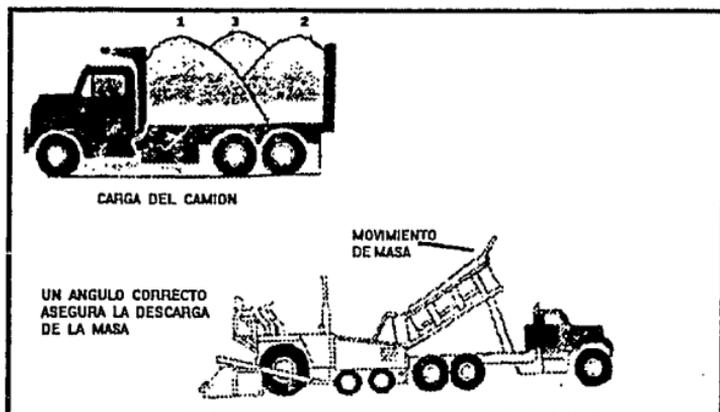


Figura 16.

Pavimentación.

Aún cuando se efectúe un proceso exitoso a lo largo de las diferentes etapas del manejo del asfalto como lo son el tambor de alimentación en frío, la planta y el tambor de almacenamiento y agitación, y a pesar de una carga uniforme del camión, el fenómeno de segregación puede llegar a presentarse durante el proceso de pavimentación. Para evitar problemas en el mismo debe de tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- a) La tolva no debe estar en ningún momento vacía durante la

pavimentación, esto es debido a que de encontrarse así el material grueso tiende a irse a los costados de la tolva.

b) El material que se encuentra en la tolva no debe rebasar el nivel mínimo necesario para evitar que se forme un valle en la misma, ya que de lo contrario se haría presente la segregación como se observa en la figura 17.

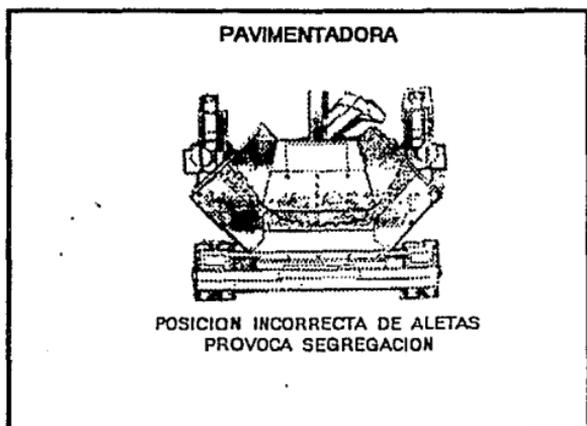


Figura 17.

c) Las aletas de la tova debe tener la mayor apertura posible para así alimentar con una mezcla uniforme y constante la barrena, logrando una capa estándar de mezcla sobre la terracería.

d) Establecer lo mejor posible los tiempos de alimentación de la mezcla a la pavimentadora para evitar que la máquina

detenga su producción y pueda dejar una capa uniforme sobre la terracería. La velocidad de la pavimentadora y del barrenador espaciador debe ser constante. Para optimizar el proceso debe ajustarse la velocidad y el espesor del flujo.

e) Cuando se manejan velocidades muy elevadas en el barrenador la parte central de la capa queda muy pobre, lo cual traerá problemas con la resistencia final de la carpeta.

f) En caso de tener una alimentación deficiente en el rodillo, el problema se puede solucionar modificando suavemente la extensión del espaciador de la capa de mezcla.

Vehículos de transferencia de material (Vagones de traspaso).

La dificultad que existe durante la descarga de la mezcla del camión a la pavimentadora es que ésta debe permanecer en constante movimiento, lo cual ha obligado a desarrollar recientemente un dispositivo de transferencia de mezcla, el cual permite que el camión se detenga a una distancia razonable delante de la pavimentadora y después pueda descargar la mezcla entera, y dada la capacidad del vagón de transferencia no es necesario interrumpir la producción. Este "Vagón de Traspaso" podrá cargar de 30 a 35 toneladas.

La banda transportadora del vagón es lo suficientemente ancha para contener en su totalidad e ininterrumpidamente la mezcla transferida del camión a la tolva de almacenamiento situada en el vagón de traspaso. El vehículo cuenta con un mezclador el cual deposita la mezcla en una banda que transporta

el material hasta descargarlo en la tolva de la pavimentadora.

Existen vehículos que cuentan con tolvas de almacenamiento con una capacidad de 20 toneladas, que además de mezclar el material, tienen un dispositivo de traspaso que puede lograr alimentar la tolva de la pavimentadora con una línea adyacente (figura 18).

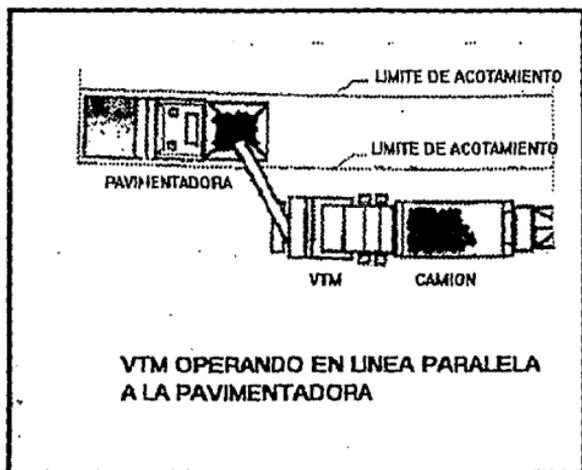


Figura 18.

1.3.1.4 Acarreo.

El acarreo o transferencia de la mezcla de la planta de asfalto a la banda de entrega es uno de los puntos de menor control en el costo total de la fabricación de mezcla caliente de asfalto añadiéndole consideraciones de valor.

Desde 1970 la cantidad de tráfico en los caminos de los Estados Unidos ha incrementado cerca del 72%. Al mismo tiempo, el costo del acarreo ha aumentado cerca de 3 o 4 veces el doble debido al incremento en el costo del equipo, combustible y mano de obra.

Además de estos factores adicionales de costo, el tipo de pavimentación trabajada en los Estados Unidos ha cambiado drásticamente. A principios de los 70 aproximadamente 40% de todo el pavimento era de construcción nueva, mientras que ahora aproximadamente el 90% es mantenido y rehabilitado, siendo usado para trabajar bajo condiciones de tráfico intenso.

Recientemente las Leyes Federales de Caminos y Puentes han sufrido modificaciones que permiten la circulación de camiones con menos peso. Algunos estados han delimitado el uso de camiones, pero desde 1989 la mayoría de los camiones transportadores de mezcla caliente han sido restringidos a los nuevos requerimientos de peso controlados por estas leyes.

Coincidiendo con este cambio en las leyes, se han puesto demandas del público usuario ejerciendo presión adicional para la construcción de caminos más duraderos y eficientes.

Estas nuevas leyes han restringido la cantidad de mezcla que podía ser transportada en un camión tándem de uno y tres ejes de 22 y 25 toneladas respectivamente, permitiendo solamente llevar 14-14.5 toneladas. Este decremento en los límites de peso trae la necesidad de considerar el uso de trailers con aparejos más largos y con ejes más separados para transportar mezcla caliente

de asfalto. Estos equipos al ser más largos, son más difíciles de maniobrar en tráfico y en caminos abruptos, sin embargo deben ser usados por cuestiones económicas cuidando que las áreas donde van a ser empleados cuenten con el espacio suficiente tanto en altura como en nivelación. De esta manera se evitará golpear puentes (figura 19) o volcaduras cuando se encuentran en la posición de descarga (figura 20).



Figura 19.

Cuando los trailers son descargados en empedrados regularmente puede haber algún choque contra éste creando marcas en el camino, las cuales terminan siendo abultamientos ásperos en el pavimento que pueden ser detectados fácilmente por motoristas, en especial cuando se van manejando automóviles pequeños.

Al comparar el costo del acarreo de mezcla caliente en

camiones tándem de un eje con el costo del acarreo del agregado en el mismo camión, se observa que éste último es considerablemente menor, razón por la cual es necesario implementar algún recurso para que el costo del acarreo de la mezcla en caliente descienda. A continuación se mencionan algunas de las técnicas existentes y recientes que pueden ayudar significativamente a este fin, sin embargo debe tomarse en cuenta que los recursos disponibles deben ser aplicados apropiadamente para lograr el objetivo y no aumentar el costo.

El punto crítico dentro de la planta de asfalto para un manejo adecuado es en la carga y descarga, por lo tanto poniendo atención en éstos, podrá tenerse un acarreo casi totalmente controlado.



Figura 20.

- Análisis del ciclo de acarreo.

Para poder analizar apropiadamente el costo del acarreo es necesario una completa y adecuada comprensión del ciclo. La figura 21 muestra una operación de acarreo en una planta de asfalto típica, en la cual todas las maniobras y procedimientos que se realicen deben tener el mayor cuidado posible para evitar pérdidas innecesarias de material y tiempo que repercutirán marcadamente en el costo del producto. En una planta de bachas este punto es crítico ya que existen etapas múltiples en donde puede haber pérdidas considerables.

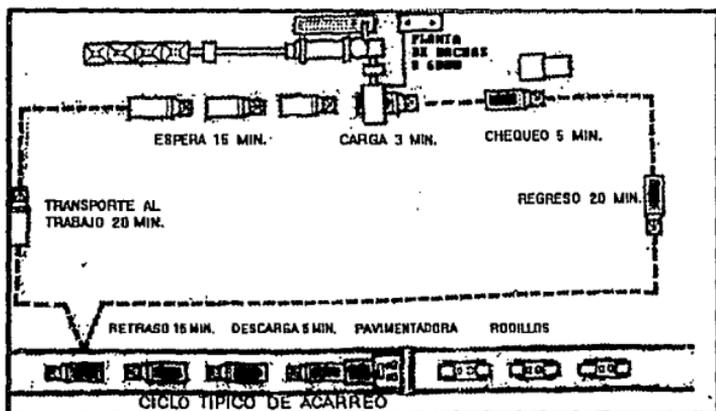


Figura 21.

- Planta de Tambores Mezcladores

Por años los camiones han sido usados para mantener en operación constante las plantas de asfalto, sin embargo desde la

instalación de los tambores mezcladores, una planta puede mantenerse así llenando los camiones con material siendo cargados de una manera rápida.

Con la instalación de los tambores y al hacerse más espaciosos los camiones utilizados en la actualidad, uno sólo puede cargarse aproximadamente con media tonelada más de su peso normal sin rebasar los límites permitidos por las Leyes Federales.

Cuando los tambores mezcladores son utilizados correctamente se hace evidente que pueden ofrecer importantes ahorros en el acarreo. Para esto es necesario comparar el volumen de producción de los tambores mezcladores existentes en la planta y la capacidad de los silos de almacenamiento, con la finalidad de mantener estos últimos en un nivel intermedio evitando tiempos muertos de los camiones de acarreo o un exceso de producción como se observa en la figura 22.

Con las tendencias económicas existentes en la actualidad, los tambores mezcladores son esenciales en una planta productora de asfalto, ya que estos ofrecen ventajas como:

- Operación continua de la planta.
- Capacidad de almacenar la totalidad de la producción de las bachas trabajando al máximo de su eficiencia todo el tiempo.
- Mínimo grado de manutención debido a la eliminación de la operación encendido/apagado.

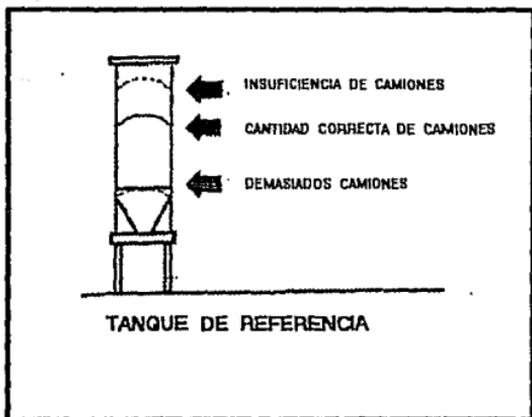


Figura 22.

- Silos de almacenamiento

Los silos de almacenamiento pueden definirse como una aplicación especial de los tambores mezcladores. La capacidad de éstos para almacenar mezcla durante 1-3 días da al operador de la planta una flexibilidad considerable. A pesar de que los silos deben ser operados en un día normal de trabajo como tambores mezcladores (manteniendo el silo lleno a la mitad de su capacidad), éstos presentan la ventaja de que pueden ser llenados a su máxima capacidad la tarde anterior no obstante el clima. Esto ayuda considerablemente a la operación de la planta que por las mañanas tiende a ser muy agitada y baja su ritmo por las tardes.

Con la ayuda de los silos de la planta puede trabajar continuamente todo el día, terminando para la mitad de la tarde y

permitiendo que el personal de la planta pueda dar mantenimiento periódico al equipo, siempre quedando los silos llenos y listos para el día siguiente.

La figura 23 muestra gráficamente una planta con silos de almacenamiento múltiple los cuales permiten guardar varias mezclas para diferentes trabajos.

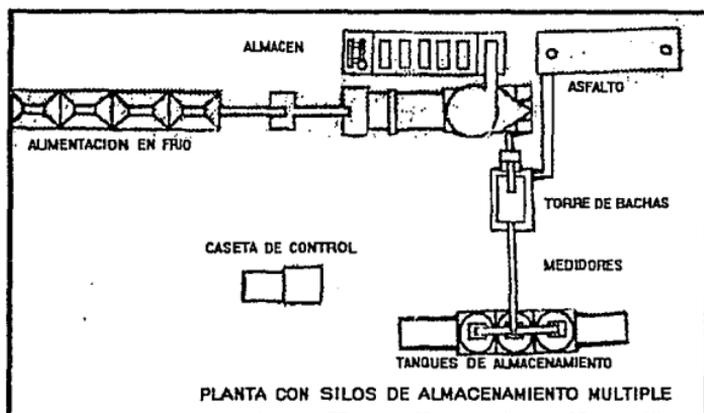


Figura 23.

La capacidad de guardarlas por largos períodos de tiempo en condiciones óptimas, se vuelve necesaria y de vital importancia para el buen funcionamiento de la planta productora de asfalto. De no llevarse a cabo un almacenamiento idóneo, las mezclas almacenadas podrán sufrir deterioro causado principalmente por el

clima trayendo como consecuencia la oxidación del producto y su subsecuente desecho. En caso de que no se tire el total de la mezcla, éste se guardará corriendo el riesgo de obtener un producto envejecido prematuramente y con una vida restante de tan sólo 5 o 10 años y de ínfima calidad. Además, el trabajo que se ha adelantado el día anterior al haber llenado los silos a su máximo, como se mencionó anteriormente, no servirá de nada y será incluso un obstáculo para acelerar la operación de vaciado de los mismos cuando la mezcla se vea deteriorada.

Los inconvenientes de un almacenamiento inadecuado se ven reflejados en la baja producción de mezcla y en el incremento del costo del producto. Sin embargo, a pesar de los cuidados que han de tenerse en una planta que cuente con silos de almacenamiento, éstos resultan de gran utilidad para cumplir el objetivo de bajar el costo del acarreo. La tabla 1 muestra las diferencias significativas de costo en acarreos de mezcla al emplear y no tanques de almacenamiento y tambores mezcladores en una planta productora de asfalto.

Los silos de almacenamiento pueden ser resumidos como sigue:

- Aseguran un uso continuo del tambor mezclador.
- Permiten el almacenamiento de diversas mezclas por largos períodos de tiempo para ser usadas cuando sea necesario.
- Incrementan el rendimiento de la planta.
- Permiten alcanzar un máximo de eficiencia reduciendo el mantenimiento de la planta.

T A B L A 1.

	MEZCLADORA	TAMBORES MEZCLADORES	SILOS DE ALMACENAMIENTO
ENTREGA EN PLANTA	15	0	0
TIEMPO DE DESCARGA	5	1	1
CHEQUEO Y CONTROL	5	5	5
TRANSPORTE AL AREA DE TRABAJO	20	20	20
ENTREGA EN EL AREA DE TRABAJO	15	15	15
DESCARGA	5	5	5
REGRESO A LA PLANTA	20	20	20
TOTAL	85 MIN	66 MIN	66 MIN
TONELADAS POR DIA	1344	1620	1890
NUMERO DE VIAJES POR CAMION (T/12 hr)	8.45	11	11
NUMERO DE VIAJES REQUERIDOS	96	116	135
NUMERO DE CAMIONES REQUERIDOS (CAP.14 ton)	12	11	13
COSTO POR DIA	\$9,631.20	\$8,828.60	\$10,433.60
COSTO POR TONELADA	\$ 7.17	\$ 5.45	\$ 5.52

- Vehículos de Transferencia de Mezcla (VTM)

Circunstancias similares a las mencionadas en los puntos anteriores deben ser tomadas en cuenta al hablar de la

transportación de la mezcla al lugar de la pavimentación. Un receso en la construcción de los caminos traerá como consecuencia una calidad deficiente de los mismos siendo ésto un impedimento para cumplir y mantener los parámetros establecidos de compactación y rodamiento. Buscando continuidad en la transportación de la mezcla hacia la pavimentadora, se crearon vehículos transferidores de mezcla, los cuales cuentan con un tanque de almacenamiento que los capacita para recibir las descargas de los camiones de acarreo, y para satisfacer en forma continua la necesidad de alimentación de mezcla del equipo pavimentador.

Otros motivos que influyeron en la creación de éstos vehículos fueron:

- Restricciones en el tonelaje de los camiones de acarreo.
- La evolución de la industria automotriz exige caminos con una superficie de rodamiento lisa y suave, con la finalidad de lograr en el conductor la sensación de comodidad que le debe proporcionar la suspensión del vehículo.
- La compactación es la siguiente operación del extendido de la mezcla y si ésta se realiza de manera continua se logra una compactación uniforme, con lo cual se reduce la segregación del material y se logra una superficie de rodamiento lisa y más durable.

La figura 24 muestra el esquema típico para efectuar una pavimentación, la que consiste en un camión de acarreo descargando material a la pavimentadora mientras otros dos o tres

vehículos esperan; precediendo a la pavimentadora se encuentran tres rodillos lisos que llevan a cabo la compactación. Los vehículos que se encuentran en espera evitan que la producción se interrumpa por falta de material sin embargo, si se analiza el proceso se observa que éste será deficiente como consecuencia de los tiempos perdidos generados por la espera. Para evitar esta deficiencia se crearon los VTM con los cuales se logra que los vehículos de acarreo descarguen su material completamente y éste se almacene en su tanque, el cual podrá satisfacer siempre la necesidad de material de la pavimentadora, logrando con esto continuidad en el proceso, evitando juntas y eliminación de tiempos perdidos.



Figura 24.

Al ser más eficiente el sistema sería posible reducir la velocidad de pavimentación, de ésta manera se podría adaptar un pisón metálico en forma de plancha, que eliminaría el uso de dos o tres rodillos, ya que conforme se fuera extendiendo la mezcla ésta se iría compactando logrando porcentajes comprendidos entre 90 y 95%, utilizando solamente un rodillo para el sellado final de la carpeta (figura 25).



Figura 25.

En caso de pavimentar un camino demasiado sensible como la pista de un aeropuerto, en donde se debe evitar provocar deformaciones en él debidas al peso de los camiones de volteo o el propio VTM, éste último cuenta con un conducto de descarga giratorio el cual permite que el vehículo pueda avanzar a un costado de la pavimentadora y se realice la transferencia del

material.

El VTM tiene también un desempeño exitoso al pavimentar una carretera común ya que permite que el camión se pare a cierta distancia y determinado nivel de la pavimentadora y descargue todo el material sin necesidad de moverse, no permitiendo ningún retraso en la operación (figura 26).

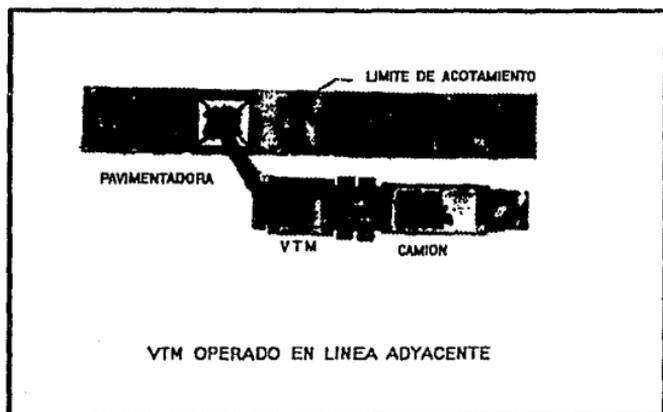


Figura 26.

En resumen, las tres etapas esenciales en la construcción de pavimentos, la producción, transportación y descarga del asfalto dan oportunidad para una discontinuidad en el proceso. Este fenómeno conlleva a un costo adicional, reducción en la producción y un producto de baja calidad. Si se logra abatir esta discontinuidad podrá obtenerse un material de alta calidad, mediante la utilización de tambores mezcladores o silos de

almacenamiento en la operación de la planta, y tambores mezcladores móviles o vehículos de transferencia de material en la operación de descarga. Con esto puede optimizarse el costo de producción y la calidad de la pavimentación. Los costos de acarreo de la mezcla pueden reducirse a costos similares del acarreo de los agregados. Al utilizar tambores mezcladores o silos de almacenamiento en las plantas se podrá obtener una operación continua llevando a tener una mejor calidad, menor mantenimiento y reducido el costo de la mano de obra.

Las características de los VTM o tambores mezcladores móviles reducen significativamente el costo de acarreo, permiten una operación continua, evitan las demoras y facilitan la utilización de vehículos de acarreo de más capacidad.

La combinación de estos equipos permite asegurar y controlar la producción de mezcla evitando así pérdida de tiempo en la espera de los vehículos y de esta manera tener la posibilidad de establecer los parámetros de control para conseguir una mezcla de alta calidad con un mínimo costo financiero.

1.3.2 Agregados

Los agregados pétreos son fragmentos duros y resistentes, libres de materiales contaminantes conforme a las especificaciones granulométricas que se mencionan a continuación (materiales utilizados en obras civiles).

Generalmente para pavimentos flexibles los materiales se producen por vía seca por ser un método más económico y además

produce los finos que le darán continuidad a la curva granulométrica indispensable en materiales para base y carpeta.

Los tamaños recomendados son:

Materiales de sub-base	2"	--	0
Material de base	1 1/2"	--	0
Material de carpeta	3/4"	--	0
Mateiral de sello	3/8"	--	3/16"

La materia prima (material en greña) para la producción de agregados pétreos se obtiene de bancos de roca o de yacimientos de agregados naturales de río o de depósitos de aluvión, conglomerados, etc., fundamentalmente. En mucha menor proporción de escorias de alto horno, así como de productos sintéticos provenientes de la cocción de horno rotatorio de materiales sílico-aluminosos.

Antes de obtener los agregados debemos conocer las características de la materia prima que como se mencionó generalmente es la roca.

Para conocer las características de la roca que se piensa emplear, es necesario hacer algunas pruebas como son: Esfuerzos de compresión, gravedad específica, absorción, dureza de Dorry y de abrasión por medio de las pruebas Deval y Los Angeles, siendo ésta última la más usual.

La prueba de Los Angeles evalúa la resistencia a la abrasión a partir del incremento en material fino que se produce al golpear los agregados con balas de acero dentro de un recipiente. La prueba se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Se carga un tambor como el que se muestra en la figura 27 con 5000 g de material limpio y seco (A) cuya granulometría sea muy parecida o en su caso igual a la que se pretende utilizar.

2. A continuación se coloca un peso normalizado de esferas de acero, las cuales habrán de actuar como carga abrasiva. El tambor se hace girar 500 veces a una velocidad de 30 a 33 rpm; el agregado se saca y repasa por una criba del #12, el material retenido se lava, se seca y se pesa (B) para calcular el porcentaje de desgaste.

$$\text{Porcentaje de desgaste} = [(A - B)/A] \times 100$$

Entre más bajo sea este coeficiente, más dura es la roca.

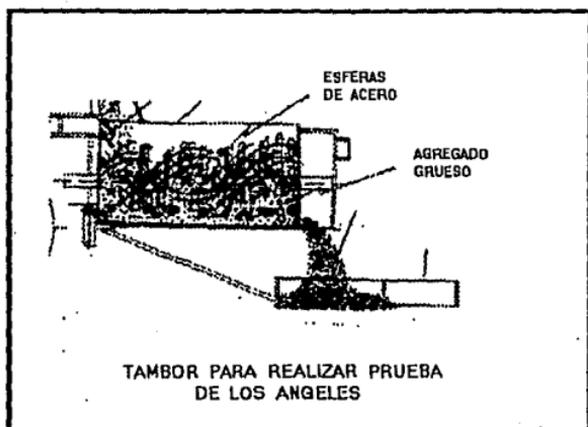


Figura 27.

1.3.2.1 Control de calidad

- Propiedades de los agregados

Los agregados recuperados se deben probar por granulometría, durabilidad (como las pruebas de abrasión y Los Angeles) y valor de pulido, si es apropiado. Si las propiedades de los agregados no son adecuadas para la mezcla final especificada, entonces se necesitará agregado adicional para combinarse con la mezcla vieja para cumplir estos requerimientos. Típicamente, la graduación no será adecuada si los pavimentos viejos están constituidos de capas múltiples y diversos tipos de mantenimiento.

- Agregados nuevos

Los agregados nuevos pueden adicionarse a la mezcla para uno o más de los propósitos siguientes:

- 1) Requerimientos para satisfacer la gradación.
- 2) Requerimientos de resistencia al deslizamiento de la carpeta.
- 3) Problemas de contaminación del aire asociados con el calentamiento.

Para proporcionar la resistencia al deslizamiento inicial y en forma duradera para las carpetas asfálticas recicladas, puede ser necesario combinar el agregado grueso sin pulir con el pavimento reciclado. Parece que 40% en volumen de la fracción retenida en la malla No. 4 que está pulida proporciona la buena textura contra el deslizamiento en las carreteras con volumen de tránsito moderado a alto.

Las normas para la calidad del aire en las operaciones en caliente o en planta central necesitan el uso de aproximadamente

30% en volumen de agregado nuevo. Este requisito se reducirá gradualmente según se mejoren las operaciones de reciclado en caliente presentadas por los fabricantes de equipo o por los contratistas.

1.4 Mantenimiento

La finalidad de la rehabilitación de los pavimentos es en esencia corregir los deterioros existentes en la estructura del mismo, así como prevenir los que pudieran existir en un futuro.

Es importante adaptar también las carreteras al ritmo del crecimiento de las necesidades de la población.

Existen varios procedimientos para llevar a cabo el mantenimiento del pavimento entre los que se pueden mencionar:

1. Tratamientos superficiales.
2. Sobrecarpetas (asfálticas, concreto hidráulico, base hidráulica y carpeta).
3. Ampliaciones.
4. Obras de drenaje.

Estos tienen por objeto proporcionar una adecuada superficie de rodamiento, resistencia al derrapamiento, capacidad estructural adecuada para soportar el tránsito futuro y mejorar las condiciones geométricas del camino (tabla 2).

T A B L A 2.

<u>Tipos de mantenimiento</u>	<u>Aplicación</u>
- <i>Tratamientos superficiales</i>	
<i>Ranurado</i>	<i>Corregir textura y mejorar</i>
<i>Rebajado</i>	<i>resistencia al derrapamiento.</i>
<i>Productos químicos</i>	
<i>Calafateo</i>	<i>Relleno de grietas.</i>
<i>Slurry seal</i>	<i>Corregir textura y derrapamiento.</i>
<i>Riegos de sello</i>	<i>Impermeabilizar, mejorar apariencia.</i>
- <i>Bacheo Superficial</i>	<i>Corregir fallas de carpeta.</i>
<i>Profundo</i>	<i>Corregir áreas débiles.</i>
- <i>Renivelaciones</i>	<i>Corregir deformaciones.</i>
- <i>Reciclado</i>	<i>Corregir fallas de carpeta, rejuvenecerla y reforzarla.</i>
- <i>Sobrecarpeta</i>	<i>Refuerzo estructural y contra fatiga.</i>
- <i>Modernizaciones</i>	<i>Adecuar para tránsito más importante, ampliaciones y rectificaciones. Mejorar drenaje.</i>
- <i>Reconstrucción</i>	<i>Adaptación para un tránsito más pesado.</i>

CAPITULO IX

C A P I T U L O I I .

2. P E R F I L A D O D E P A V I M E N T O S

2.1 A n t e c e d e n t e s

En virtud de los problemas financieros presentes en la mayoría de los países la construcción de carreteras nuevas que sustituyan a las ya existentes, ha dejado de ser prioritaria. A pesar de lo anterior, se sigue destinando una fuerte partida presupuestal a este sector, que ahora es empleada en la reparación y ampliación de las carreteras.

Este cambio de enfoque en los métodos tradicionales de mantenimiento como el parchado, sellado y recubrimiento de sobrecapa ha traído como consecuencia el surgimiento del llamado perfilado de pavimento.

El perfilado de pavimentos es el molido en frío de las superficies de pavimento, controlado automáticamente con una maquinaria altamente productiva para poder restaurar la superficie a las rasantes y pendientes especificadas, remover los promontorios, baches y demás imperfecciones de la carpeta dejando la superficie texturizada a nivel de las elevaciones y más resistente al patinaje y al hidrocepillado.

El perfilado tiene su origen en 1964 cuando lo introdujo la construcción de carreteras de perfilado automatizado en la cumbre del programa para carreteras interestatales en Estados Unidos. Se buscaba poder construir mejores carreteras controlando

automáticamente la rasante y la pendiente de la sub-base, la base y los niveles subsiguientes de pavimento. La construcción de carreteras de perfilado automatizado y las CMI autogradas que la pusieron en práctica todavía siguen siendo la norma de la industria.

El perfilado remueve solamente lo necesario para cumplir con los requerimientos de la obra en particular. La superficie resultante puede ser abierta al tráfico inmediatamente o sobrecubierta con una capa delgada de asfalto o concreto.

2.2 Tipos

La aplicación del perfilado ha demostrado ser el método más eficiente para el mantenimiento, restauración y recubrimiento de carreteras. De las utilidades que se le han encontrado al método podemos mencionar seis categorías:

1. Nivelación y adhesión.- El perfilado permite la colocación de una capa delgada y compactada en forma pareja de pavimento nuevo en una superficie nivelada con características de adhesión sobresalientes. Existen kilómetros de calles y carreteras con superficies ásperas causadas, ya sea por huellas de ruedas, fracturas o por baches que han sido parchados repentinamente. La sobrecapa de asfalto ha sido la solución tradicional, esta no ha demostrado ser lo eficiente y económica que se pensaba. El uso del perfilado logra reducir los espesores de la sobrecapa haciéndola más económica y eficiente, ya que se tiene una adherencia entre las dos capas, superior al método.

tradicional.

2. *Reacabado de superficie.*- En este procedimiento se perfila el pavimento áspero hasta una rasante y pendiente especificadas, entregando una nueva superficie de rodamiento sin tener que agregar materiales de pavimentos nuevos. Se recomienda aplicar este procedimiento cuando el pavimento empieza a ponerse áspero para el manejo o muestre señales de brillantéz.

3. *Reparación de superficie.*- La excavación de secciones de pavimento deterioradas antes de una nueva sobrecapa de pavimento. En este caso el perfilado de pavimento se utiliza para excavar el material deteriorado hasta la sub-base, si es que es necesario antes de agregar una sobrecapa de pavimento nuevo. Esta es una solución ideal para uno de los problemas más comunes en las carreteras interestatales y en otras rutas primarias, provocados por la perturbación severa en la vía de la mano derecha. La mayor parte de los camiones se quedan en la vía más lenta del lado derecho y también lo hacen muchos automóviles de pasajeros. Así pues, la vía de la mano derecha se deteriora con más rapidez. El perfilado proporciona una preparación efectiva para las reparaciones posteriores.

4. *Remoción de pavimento.*- El perfilado para corregir el ancho de la carpeta y así reducir los problemas de drenaje y alturas, evitando el reelevado del brocal. La acumulación provocada por la superposición de capas de pavimento en las calles y en carreteras para mantener la seguridad y disponibilidad de la carpeta, provoca que se entierren los

brocales y existan problemas de drenaje y bacheo por el mal acomodo de los mismos.

Dentro de los métodos que se han utilizado se encuentra el cepillado al calor (escarificación al calor), sin embargo este es muy costoso, de baja productividad y conlleva problemas de contaminación. Las máquinas tipo motoniveladoras de molido en frío son adecuadas para áreas aisladas de acumulación de pavimento, pero de baja productividad y el control poco satisfactorio del corte también hacen a este método poco práctico para largos tramos de pavimento.

El perfilado ha mostrado ser el método de más bajo costo, por lo que se ha convertido en el procedimiento estándar en este tipo de trabajos.

5. Retexturización de superficie.- La aplicación de una nueva textura altamente resistente al patinaje para suavizar las superficies de pavimento. Los accidentes serios aumentan en forma dramática cuando el pavimento se pone resbaloso. El problema es mucho más grave en las carreteras más transitadas debido a los cambios de vías y pavimentos mojados. La retexturización de pavimentos es el uso del perfilado para producir una superficie segura y altamente resistente al patinaje en pavimentos resbaladizos.

6. Extracción del pavimento.- Con el desarrollo de los equipos de perfilado el material de una superficie de pavimento puede ser recuperado eficientemente para su reprocesamiento, con ahorros sobresalientes si se compara con el costo de extraer

agregado nuevo y refinar asfalto líquido.

Antes del perfilado la única forma en que se podían remover grandes volúmenes de pavimento desgastado era a través del desgarramiento y de la trituración. Pero este método tenía serios problemas, ya que una vez retirada la superficie de pavimento y la base, la sub-base tenía que ser perfilada nuevamente y recompactada antes de agregarse el pavimento nuevo. Los materiales desgarrados del pavimento tenían que ser recogidos y llevados a una planta de trituración y ser luego reprocesado para que se pudieran volver a usar.

El perfilado permite recuperar el material sin dañar la base subyacente o la sub-base. Dependiendo de la edad, la condición del pavimento y el tamaño de la unidad perfiladora se pueden recuperar hasta 500 toneladas de material por hora, además la perfiladora permite ir almacenando dicho material. Dependiendo de las características del material recuperado, éstos se pueden utilizar en tres operaciones de reprocesamiento de carreteras: reprocesamiento de mezcla en frío, pavimento pobre y reprocesamiento de mezcla en caliente.

2.3 Equipos

A pesar de que este procedimiento es relativamente nuevo, los avances tecnológicos en materia de perfilado y equipos utilizados se han desarrollado rápidamente. De los equipos la ROTO-MILL es la que ha tenido mayor aceptación y es la base para el desarrollo de este tipo de trabajos.

La corporación CMI es reconocida como la empresa líder en el ramo. La primera CMI ROTO-MILL entró a ensayos en terreno a fines de 1975. Desde ese entonces una línea completa de máquinas de perfilado ha sido desarrollada, adaptada a varias aplicaciones y ambientes de trabajo.

La perfiladora de llanta de goma compacta (CMI PR-275 RT) con radio virable de apenas 279 mm, está diseñada para una gran maniobrabilidad y productividad en áreas de trabajo urbanas congestionadas. El ancho de corte va desde 2032 mm con un corte de 152 mm. El material se amontona hacia la parte trasera de la máquina. También trabaja bien como una unidad de acabado en combinación con equipos de perfilación más grandes.

La perfiladora de pavimento CMI PR-750 es la más grande del mercado, cuenta con un poderoso motor diesel de 750 HP y con un ancho de corte máximo de 3810 mm. Capaz de cortar una vía completa a una profundidad de 152 mm en una sola pasada, este tipo de unidad es ideal para una obra de alta producción en carreteras interestatales y en otras áreas muy transitadas. También es excelente para una operación de extracción de pavimento a toda profundidad y de alto volumen.

2.4 Economía y Productividad

El factor de costo ha jugado un papel importante en la aceptación y desarrollo del perfilado de pavimento. Existía una demanda crítica para nuevos métodos de mantenimiento de carreteras. El perfilado satisfizo esta necesidad.

La productividad determina el grado de economía del método. Un equipo con gran capacidad de producción diaria es imperativo para un perfilado con buen éxito.

Las CMI ROTO-MILLS han hecho posible el completar grandes volúmenes sin perjudicar la calidad. El perfilado se convirtió en una tecnología práctica debido a que es un equipo preciso y productivo. Estos elementos facilitará a los contratistas el entrar al campo del perfilado, además con una ROTO-MILL y una cantidad limitada de equipo auxiliar se puede incursionar en éste campo. Con una inversión razonable y una cantidad mínima de maquinaria, se pueden lograr cantidades increíbles de trabajo.

La operación de perfilado es rentable cuando la máquina perfiladora está avanzando y cortando. Para lo cual es necesario elaborar una planeación previa de la obra en la cual se debe contemplar la supervisión técnica, abastecimiento de insumos, mano de obra y equipo de apoyo necesario.

CAPITULO III

C A P I T U L O I I I .

3. *RECICLADO DE PAVIMENTOS.*

3.1 *Antecedentes*

Las necesidades de los municipios de vías de comunicación y el deterioro del sistema carretero mexicano, han provocado que las instituciones gubernamentales enfoquen su atención al mantenimiento y rehabilitación de las carreteras ya existentes sin dejar de construir nuevos caminos. Sin embargo, el presupuesto destinado a la construcción es relativamente bajo para cubrir las necesidades, por lo que en busca de optimizar los recursos se hace necesario introducir técnicas innovadoras en este concepto.

La combinación del perfilado y el reciclado de pavimento podría ser el sistema que resolviera el problema anterior. El perfilado ha demostrado ser eficiente, sin embargo su complemento (reciclado) no ha tenido la aceptación en el medio con todas las ventajas que ha aportado a otros países.

El sistema carretero mundial es considerado como un "Banco de Asfalto", ya que tiene una inversión aproximada de 50 billones de dólares en 14 billones de toneladas métricas de pavimento reprocesable. Todo esto como consecuencia de la utilización de técnicas inadecuadas que para asombro de muchos se siguen empleando para enriquecer el banco.

Con este análisis pretendemos demostrar la importancia de

innovar técnicas con las cuales se pueda extraer el material de este banco, reprocesarlo y tenderlo en carreteras, evitando el daño ecológico provocado por la explotación de bancos para conseguir agregados.

El parchado, el sellado y las capas superpuestas agregan aún más asfalto caro a los pavimentos existentes. Pero los tiempos han cambiado. Los problemas de la construcción de carreteras han creado nuevas prioridades. La industria ha comenzado a buscar la manera de recobrar y reprocesar los recursos del banco de asfalto.

La conveniencia pública exigía que las carreteras se mantuvieran abiertas para el tráfico. El control de la contaminación ambiental y la seguridad eran otras de las consideraciones vitales, por lo que al principio el reciclado no cubrió las necesidades, sin embargo la combinación del perfilado y el reciclado ha formado un sistema que optimiza los recursos existentes.

Con el pavimento extraído del perfilado pueden realizarse tres procesos; el reprocesamiento de mezcla en frío y el pavimento pobre que son operaciones de "reciclado en frío", y el reciclado de mezcla en caliente. Estas y otras operaciones de reciclado representan aplicaciones útiles del pavimento recobrado. Pero su alcance es limitado y no aprovechan totalmente el potencial de dicho material. El uso más práctico y económico del pavimento extraído esta en el campo del reprocesamiento de mezcla en caliente.

A continuación se mencionan algunas breves definiciones de las tres categorías básicas del reciclado de pavimento:

a) *Reciclado de la superficie.*- Cualquiera de los muchos procesos que tiene que ver con el perfilado, el molido o el cepillado a calor del pavimento en el mismo lugar y su posterior remezclado y colocación. En el caso de cepillado a calor el pavimento en el escarificado, remezclado, vuelto a colocar y consolidado con la adición de asfaltos, agentes ablandadores, cantidades mínimas de mezcla caliente de asfalto, agregados o combinaciones de éstos para obtener la mezcla y las características de la superficie deseada. El perfilado y el molido son procesos "en frío" y no requieren de ninguna etapa adicional. El producto de los métodos de reciclado de superficies se usa como la superficie de manejo final o con una capa de superficie de asfalto sobrepuesta.

b) *Reciclaje en frío.*- Cualquiera de los muchos métodos en donde toda la estructura de pavimento existente, incluyendo en algunos casos el material de base no tratado subyacente, se remueve y reprocesa en una planta central o en el mismo lugar. Los materiales se mezclan "en frío" y se vuelven a usar como una base de agregado, o asfalto y/u otros materiales son añadidos durante el mezclado para proporcionar una base de mayor resistencia. El reciclado en frío necesita el uso de una capa de superficie de asfalto adicional.

c) *Reciclado de mezcla caliente.*- Cualquiera de los muchos métodos en donde la mayor parte de la estructura existente de

pavimento, incluyendo en algunos casos, el material de base no tratado subyacente es removido, dimensionado y mezclado en caliente con agregado virgen y cemento de asfalto añadidos en una planta central. El proceso también puede incluir la adición de un agente ablandador. El producto final es usado como una base de asfalto de mezcla caliente, adhesivo o como una capa de superficie.

3.2 Métodos y Equipos

Las plantas de mezcla estacionaria de reciclado están restringidas en cuanto a cantidades de material recuperado que pueden utilizar y sus costos de operación que son elevados. Además las plantas de mezcla en tambor en este momento están vendiéndose más que las plantas de mezcla convencionales en proporción de 4 a 1. El futuro está en el reciclado a través de la mezcla en tambor, ya que en éste el incentivo es la economía.

Las plantas de mezcla de tambor cuestan menos en adquisición y operación; ofrecen altas capacidades de producción, mezclas de alta calidad no oxidadas a bajas temperaturas (ahorro de combustible) y pueden satisfacer los requisitos de calidad del aire a costos menores.

Sin embargo, el reciclado de mezcla en tambor presenta requisitos especiales. Debido al contenido de asfalto, los materiales recuperados tienen que ser protegidos de la llama del quemador. Al mismo tiempo, éstos tienen que absorber el calor suficiente como para derretir el asfalto y lograr el mezclado

eficiente.

La gradación y la calidad de la mezcla son otras interrogantes ya que es difícil determinar la edad y el contenido específico de los materiales recobrados por los métodos convencionales.

La mayor parte de los expertos están de acuerdo en que el reciclado de un 100 por ciento de material recobrado no es práctico. Por lo menos se necesita un porcentaje de material virgen para una producción de alto volumen de una mezcla de calidad.

- Proceso de calentamiento y mezclado.

En una operación corriente de planta dosificadora de mezcla, el agregado virgen es secado y calentado mediante una secadora de contraflujo, cribado en fracciones de varios tamaños, dispuesto proporcionalmente con cemento asfáltico caliente y mezclado completamente. Se han hecho varios intentos para recircular concreto asfáltico recobrado directamente con una secadora de este tipo de operación, obteniendo como resultado un exceso de humo debido a las temperaturas a que es sometido el material recuperado, y además, en algunos casos hay problemas de acumulación de material en la secadora, el montacargas en caliente y en la torre de cribado.

La única técnica que ha dado resultado en la circulación por medio de una planta dosificadora de mezcla, es mediante el método de transferencia de calor, en el que el agregado virgen es supercalentado en la secadora y transferido a la torre en forma

normal: el concreto asfáltico recuperado y que ha sido previamente reducido a un tamaño apropiado, es transferido a la tolva pesadora en la torre de mezclado por un sistema transportador auxiliar y luego es proporcionalmente vertido dentro del molino mezclador junto con el agregado virgen supercalentado el cual por medio de transferencia le transmite el calor. Ahí, según se mezclan los dos materiales se le incorpora el diferencial del cemento resultante del diseño así como un agente rejuvenecedor de asfalto, se almacena en la tolva y se descarga al equipo de acarreo.

El método de transferencia de calor reduce a un mínimo la posibilidad de contaminación del aire y los problemas de acumulación de material al no circular el concreto asfáltico recobrado por la secadora, el montacargas en caliente y la torre de cribado, asimismo evitan la formación de gases con el consabido peligro de explosión al aplicar directamente el quemador sobre el concreto asfáltico recuperado.

Mediante este sistema, el porcentaje de material recuperado que puede ser utilizado depende de los siguientes factores:

1. La temperatura a que se caliente el agregado virgen.
2. La temperatura y el contenido de humedad del concreto asfáltico recuperado cuando se combina con el agregado virgen supercalentado.
3. La temperatura a que se desea en la mezcla final.

- Mezcladoras de cilindro

En una operación de mezclado normal realizado en planta para

fabricación de mezcla asfáltica de producción continua, el material pétreo nuevo es dosificado en el alimentador en frío, luego es secado, calentado y mezclado con cemento asfáltico caliente con una secadora cilíndrica de flujo paralelo.

Como el agregado es introducido en el extremo superior del secador se somete a una exposición directa del quemador y en consecuencia temperaturas muy altas ocasionadas por la llama y los gases calientes: si se trata de recircular concreto asfáltico es conveniente que la recuperación se realice mediante cualquier método existente y en caso de utilizar equipo, que este no sufra alguna modificación para poder realizar esta actividad. Se encontrará que al exponer este tipo de material especialmente las partículas muy finas a muy altas temperaturas, se corre el riesgo de incendio o de explosión y en el menor de los casos existirá una producción de humo muy espeso que rebasará los límites de contaminación permisibles.

Se han propuesto varios métodos para poder cumplir con los requisitos del reciclado sin tener que sacrificar la economía, la capacidad de producción, el control de la contaminación del ambiente o la capacidad de producir tanto las mezclas convencionales como reprocesadas. Aquí se tienen los cinco métodos para reciclado más importantes.

a) Calentamiento Indirecto: El calentamiento indirecto fue el primer intento serio para lograr un reciclado de mezcla en tambor a gran escala. Este método usa un 100% de material recobrado. El material al atravesar toda la longitud del tambor

circula a través de la red de tubos de transmisión de calor.

Este enfoque es limpio, pero el calentamiento indirecto sacrifica mucho para lograr limpieza. Uno de los problemas es que su capacidad productora es baja; con el sistema de transmisión de calor, la mezcla queda en el tambor por mucho tiempo. Además este equipo es extremadamente costoso: es un arreglo elaborado de muchos tubos de acero. Por último, el sistema de calentamiento indirecto es demasiado lento para una producción práctica de la mezcla convencional (figura 28).

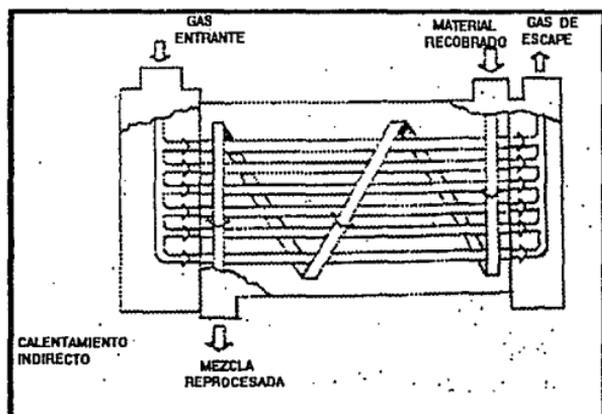


Figura 28.

b) Sistema de Difusión de Llama: El sistema de difusor de llama fue otro de los primeros intentos de reprocesar con mezcla caliente. Introduce tanto los materiales vírgenes como los

recobrados en el tambor, inmediatamente antes de la llama del quemador. El difusor de llama está diseñado para proteger el material recobrado de la llama. La mezcla continúa a través de toda la longitud del tambor.

El sistema de difusor de llama también tiene defectos serios. La productividad es baja. Aún la llama difundida es suficiente como para causar daño en la mezcla reprocesada creando humo azul. También, como el difusor de la llama está hecho de una aleación especial resistente al calor, este sistema es caro. Por último, no es flexible porque el difusor de calor tiene que ser removido para la producción convencional (figura 29).

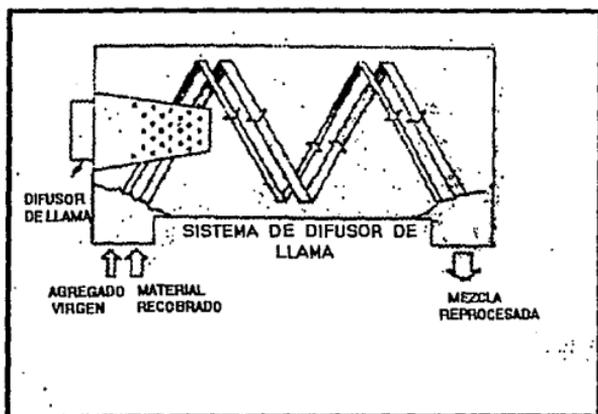


Figura 29.

c) Sistema de Alimentación de Arrastre Trasero Interno: Este sistema introduce material virgen en el extremo del quemador del

tambor y el material recuperado en el extremo opuesto. Un sistema de alimentación de arrastre trasero interno tira el material recuperado hacia atrás, hacia la mitad del tambor, en donde se mezcla con el material virgen (figura 30).

El rendimiento de este sistema de producción es más bajo que el de una planta de tamaño comparable sin el sistema de alimentación trasero de arrastre interno. Su limpieza es objetable. El sistema es caro y los costos de mantenimiento son altos porque el calor intenso dentro del tambor rápidamente desgasta los cojinetes y demás componentes. Y las unidades de alimentación especiales tienen que ser removidas antes de que la planta pueda producir asfalto convencional a plena capacidad. El sistema de alimentación de arrastre trasero interno fracasó en todas las pruebas de unidad de reprocesamiento práctico.

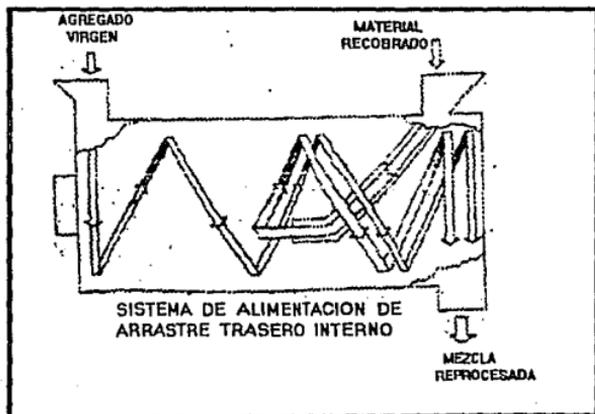


Figura 30.

d) Sistema de Tambor Dentro de un Tambor: Este sistema usa un tambor interior diseñado especialmente en el extremo del quemador de una mezcladora de tambor estándar. El agregado virgen entra al tambor interno y se calienta directamente a través de la llama del quemador. El material recuperado se introduce en el tambor exterior (estándar) lejos de la llama. Se mezclan más adentro, con el calor que se está transmitiendo desde el material virgen al recuperado.

De nuevo, el sistema sacrifica también demasiado para lograr limpieza. La producción reprocesada es de un 35 a un 40 por ciento más baja que la capacidad de producción estándar de la planta (figura 31).

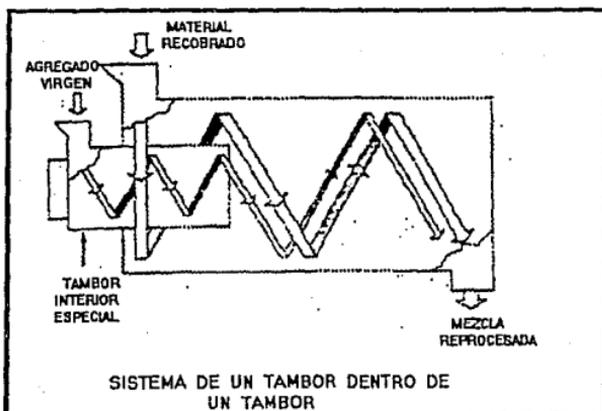


Figura 31.

Para cambiar de reciclado a producción convencional de capacidad plena, el tambor interior debe ser removido, lo que es un procedimiento lento.

e) Sistema de Alimentación Doble: El sistema de alimentación doble es el enfoque más práctico para el reciclado de mezcla caliente. En este sistema el agregado virgen se introduce dentro de la admisión del tambor estándar. Se agrega el material recuperado en una segunda admisión de alimentación que esté a medio camino dentro del tambor lejos de la llama del quemador y en una zona de alta temperatura. Los materiales vírgenes y recuperados son mezclados, ésta mezcla es tratada con una cantidad de asfalto líquido para alcanzar la obtenida por diseño, logrando la mezcla final que sale del tambor (figura 32).

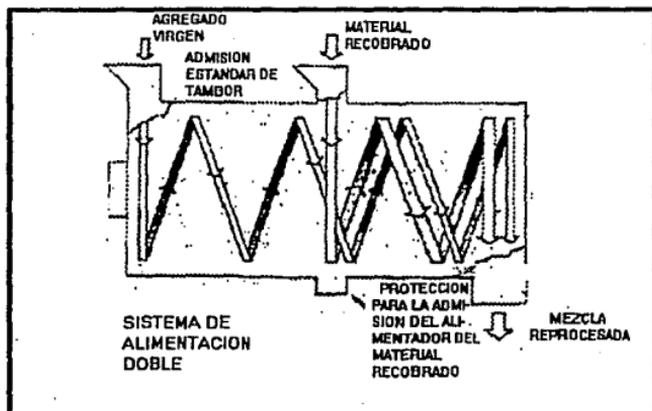


Figura 32.

El sistema de alimentación doble es limpio, económico y altamente productivo. También es extremadamente flexible. Para cambiar a la producción convencional el operador detiene la alimentación de material y despeja el tambor y la tolva de compensación de la mezcla reprocesada.

El CMI ROTO-CYCLER .- CMI ha desarrollado y perfeccionado el sistema de reciclado de alimentación doble. El CMI ROTO-CYCLER puede instalarse en cualquier planta de mezcla en tambor CMI y también en plantas existentes fabricadas por CMI y otras compañías.

El ROTO-CYCLER hace posible la producción de grandes volúmenes de mezcla caliente con apenas 30 por ciento de contenido virgen, mientras cumple con los requisitos EPA. El sistema no sacrifica las capacidades de producción convencionales de la planta.

El sistema ROTO-CYCLER consiste de un escalonamiento de tambor especial diseñado para el reciclado de mezcla caliente y un mecanismo de alimentación para el material recuperado. Una tolva extra en frío y el transportador para el material recuperado también son necesarios.

El mecanismo de alimentación ROTO-CYCLER se encuentra constituido por una serie de compuertas de vaivén con un collar de metal que calza alrededor del tambor. A medida que el tambor da vueltas estas compuertas se abren y cierran para dejar entrar al material recuperado. Cuando la planta se ha programado para una tirada larga de producción estándar las compuertas se pueden

asegurar en la posición cerrada, fácil y rápidamente. También permiten que la planta se cambie de una a otra cuando la obra necesite tanto las mezclas convencionales como las reprocesadas.

El escalonamiento ROTO-CYCLER, llamado Vari-Flight es tan ingenioso como lo anterior. Divide a todo el tambor en seis zonas bien claras de calentamiento y mezcla. Este escalonamiento apernado puede ser cambiado si fuese necesario para acomodar los diseños de mezcla convencional y los porcentajes variables de materiales vírgenes y recobrados en las mezclas reprocesadas (figura 33).

El proceso de reciclado ROTO-CYCLER en la zona A, indica el área de la llama del quemador en donde el agregado virgen entra al tambor. Esta zona tiene dos variedades de escalonamiento; escalones grandes ranurados con borde dentado y escalones en forma de L que empiezan a unas pocas pulgadas dentro de la zona.

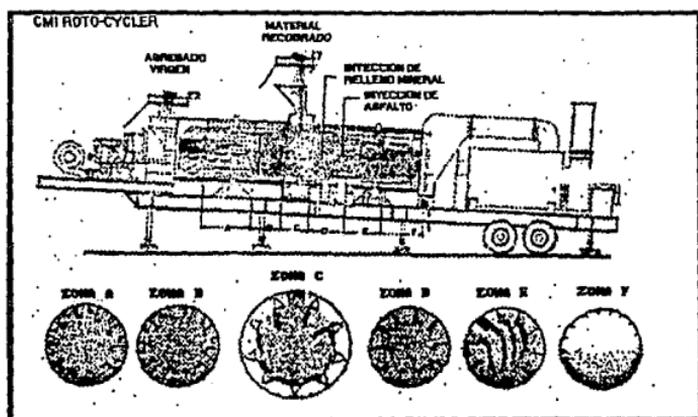


Figura 33.

Esta combinación hace que el agregado virgen se revuelva a través de la llama del quemador y de gases calientes por mucho más tiempo que en las plantas convencionales de mezcla en tambor.

El material virgen absorbe un calor intenso que a su vez transmitirá al material recobrado. El escalonamiento ranurado también promueve la absorción de calor al crear un flujo de material más parejo y al eliminar los vacíos de aire causados por el efecto de velo del material en las mezcladoras de tambor convencionales. El escalonamiento ranurado produce un efecto de filtro, con los gases calientes pasando en medio de las partículas individuales acarreadas en el aire, en vez de a través de los vacíos de aire.

Este mismo escalonamiento ranurado, como el que tiene forma de L, atraviesan toda la longitud de la zona B. El calor que se transmite desde la llama del quemador al agregado virgen continúa en esta área, con un aumento en densidad del material.

La zona C es el área en donde el material recobrado entra al tambor a través de las compuertas de vaivén en el collar de la alimentación. El material recobrado empieza a absorber calor del agregado virgen. Los materiales vírgenes y recobrados empiezan a mezclarse, pero debido a que el material recuperado es introducido a medio camino en el tambor, éste y su contenido de asfalto quedan protegidos en contra de la llama del quemador.

La transmisión de calor y la mezcla continúan en la zona D. La inyección del relleno de mineral y de asfalto líquido se llevan a cabo en esta área.

El escalonamiento de la zona E está diseñado para crear una acción de transición. La mezcla de los materiales vírgenes y recuperados continúa, pero empieza a fluir más rápidamente.

La zona F completa el reciclado. La mezcla final sale del tambor.

El desarrollo del CMI ROTO-CYCLER fue otro paso revolucionario para abrir el camino en el campo del reciclado. Fue el primer sistema de reciclado de mezcla caliente que pasó las cuatro pruebas de productividad, economía, limpieza y flexibilidad.

TABLA COMPARATIVA PLANTAS DE ASFALTO

MAQUINA	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	NUMEROS RELATIVA	TEMPERATURA MEZCLA	EQUIPO QUE CONTIENE	PRECIO DOLARES	TIEMPO ENTREGA
PLANTA DE ASFALTO	BARBER GREENE	800-66	65 TON/HR	5X	300 F	TAMBOR MEZCLADOR 4' X 20' (1.82X10M). TOYAS ALIMENTACION DE FRIOS 4 PEAS. CASITA DE CONTROL SILO PARA ALMACENAR MEZCLA CON CAPACIDAD DE 30 TON.	655,425 +10XIVA	10-12 SEMANAS TIALNEPANTLA MEXICO, D.F.
PLANTA DE ASFALTO	BARBER GREENE	80-100	100 TON/HR	5X	300 F	TAMBOR MEZCLADOR 5' X 25' (1.52X7.62M). TOYAS ALIMENTACION DE FRIOS 4 PEAS. SILO PARA ALMACEN MEZCLA 30 TON. SIN CASITA DE CONTROL.	815,740 +10XIVA	10-12 SEMANAS TIALNEPANTLA MEXICO, D.F.
PLANTA DE ASFALTO	BARBER GREENE	80-100	100 TON/HR	5X	300 F	TAMBOR MEZCLADOR 6' X 30' (1.83X9.14M). TOYAS ALIMENTACION DE FRIOS 4 PEAS. SILO PARA ALMACEN MEZCLA 30 TON. SIN CASITA DE CONTROL.	707,450 +10XIVA	10-12 SEMANAS TIALNEPANTLA MEXICO, D.F.
PLANTA DE ASFALTO	CMJ	UVM300	40 TON/HR	5X	300 F	TAMBOR MEZCLADOR 4' X 16' (1.22X4.88M). TOYAS ALIMENTACION 2 PEAS. COMPARTIMIENTO DOBLE CAPACIDAD PARA RECICLAJE	201,400	12-18 SEMANAS OKLAHOMA, CITY
PLANTA DE ASFALTO	CMJ	UVN-400	120 TON/HR	5X	300 F	TAMBOR MEZCLADOR 6' X 26' (1.83X7.92M). TOYAS ALIMENTACION 4 PEAS.	643,400	12-18 SEMANAS OKLAHOMA, CITY
PLANTA DE ASFALTO	CMJ	UVN-1200	250 TON/HR	5X	300 F	TAMBOR MEZCLADOR 7' X 32' (2.13X9.75M). TOYAS ALIMENTACION 4 PEAS. CASITA DE CONTROL. SILO ALMACEN MEZCLA 60 TON. PLANTA LUX CATERPILLAR TANQUE ALMACEN DE ASFALTO CAPACIDAD 86,000 LIT	825,000	Mc CALLEN

PLANTA DE
ASFALTO

BDM
ING.

100 TON/HR

5X

300 P

TAMBOR MECLADOR C T 2-4
(1.057 P.M.). TOLVAS ALI-
MENTACION FRIO 4 PEAS.
CASITA DE CONTROL. SELO
ALMACEN MIECLA 80 TON.
TANQUE ALMACEN DE ASFALTO
CAPACIDAD 70,000 LYS

413,000

8-10 SEMANAS
TIALFEPATELA
MEXICO, D.F.

3.3 Control de calidad

- Muestras de campo.

Se deben obtener muestras representativas de los pavimentos, realizar una evaluación visual, una revisión de los registros de construcción y mantenimiento para determinar diferencias significativas en el material que va a ser reciclado en la sección del pavimento. Las localizaciones dentro de un proyecto pueden determinarse al azar debiéndose usar cuando menos cinco localizaciones, y una mezcla compuesta total de aproximadamente 50 Kg se recomienda para la evaluación en el laboratorio. Se sugiere obtener corazones de prueba y usarse para comparación de las propiedades originales y recicladas tales como estabilidad y módulo resistente.

- Extracción y recuperación del asfalto y los agregados.

Las pruebas de extracción y recuperación deben realizarse en cada lugar muestreado. Los resultados de estas pruebas junto con las mediciones del espesor hechas en los corazones, deben ayudar a determinar la uniformidad de la sección bajo consideración para el reciclado. Se debe recuperar asfalto suficiente para permitir la combinación con los modificadores asfálticos para pruebas posteriores.

- Propiedades del asfalto.

El asfalto recuperado de las muestras se debe probar para determinar sus características: penetración a 25°C, viscosidad a 60°C y su concentración. Lo anterior debe efectuarse en todas las muestras extraídas. Estos datos pueden usarse para determinar la

uniformidad del pavimento en cuestión.

- Demanda de asfalto.

La cantidad de asfalto necesaria para lograr el reciclado de los materiales puede estimarse de la siguiente ecuación:

$$DT = VR DR + VN DN \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$$DR = DCKE = AR \quad (\text{Ecuación 2})$$

Y

DR = Asfalto requerido para recuperar el agregado reciclado, en por ciento.

$DCKE$ = CKE derivado de los agregados recuperados o reciclados, en por ciento.

AR = Contenido de asfalto de los agregados recuperados o reciclados.

DN = Valor del CKE de los agregados recuperados o reciclados, por ciento.

VR = Volumen de los agregados reciclados en las mezclas.

Debe hacerse notar que si no se van a utilizar agregados nuevos, la ecuación 1 se convierte en ecuación 2.

El asfalto necesario determinado de esta manera es una estimación confiable y debe utilizarse como punto de partida para diseñar la mezcla. Debe notarse también que el asfalto necesario se satisfará con el modificador que puede ser un agente suavizante, un rejuvenecedor, un aceite fluidificante, cemento

asfáltico suave o una combinación de los anteriores.

- Determinación del tipo y la cantidad de los modificadores.

El tipo y la cantidad de los modificadores puede seleccionarse utilizando monogramas junto con una definición de la penetración, o mejor aún de la viscosidad del aglutinante en el proceso de la mezcla reciclada y en un conocimiento de la demanda de la misma que se obtuvo con anterioridad, por ejemplo, considerar lo siguiente:

1) Valor del CKE obtenido del material recuperado o reciclado, DCKE = 5.0%.

2) Por ciento de asfalto en el material recuperado o reciclado, AR = 4.0%.

3) Viscosidad del asfalto envejecido 20,000 poises.

4) Agregado nuevo adicional, VN = 30%.

5) Valor del CKE en los agregados nuevos, DN = 6.0%.

6) Viscosidad deseada del asfalto reciclado = 2,000 poises.

Calculando la demanda de asfalto de la ecuación 1 y la ecuación 2, se tiene:

$$DT = VR DR + VN DN \quad (\text{Ecuación 1}).$$

$$DR = DCKE - AR \quad (\text{Ecuación 2}).$$

$$DR = 5.0 - 4.0 = 1.0$$

$$DT = (0.70) (1.0) + (0.30) (6.0)$$

$$DT = 2.5\%.$$

El máximo porcentaje de modificador por peso de aglutinante total en la mezcla reciclada es el siguiente:

$$[DT/(DR AR + DT)] \times 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$[2.5/(0.70 \times 4.9 + 2.5)] \times 100 = 47\%$$

Debe hacerse notar que el cemento asfáltico nuevo y el modificador asfáltico pueden utilizarse para formar el aglutinante nuevo. Si se seleccionó un cemento asfáltico suave y un modificador, será razonable considerar que un modificador de grado A sería seleccionado.

- Pruebas del modificador.

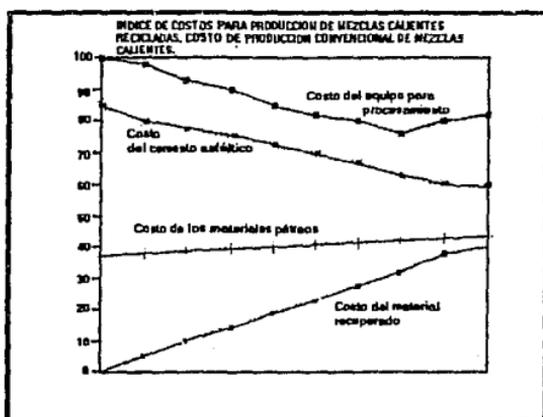
Se deben obtener muestras de los modificadores que van a ser utilizados y someterlas a pruebas para establecer su comportamiento con respecto a las especificaciones, así como determinar la viscosidad del modificador con objeto de obtener un contenido más real de dicho modificador.

- Mezcla del modificador con el asfalto recuperado.

Las combinaciones con un modificador pueden consistir de un cemento asfáltico y un suavisante, deben mezclarse con el asfalto recuperado y someterse a pruebas de viscosidad y penetración para determinar si la viscosidad prevista (penetración) de la mezcla fue la óptima. Se sugiere que se hagan dos mezclas, con una variación de 5% del total de agente reciclante determinado, aproximadamente debe utilizarse de 75 a 100 gramos de asfalto recuperado por cada mezcla. Una mezcla puede requerirse para confirmar la penetración o viscosidad deseada.

Algunos modificadores reciclantes pueden no ser compatibles con el asfalto recuperado. Por consiguiente, debe ejecutarse una

prueba de película delgada en la mezcla del asfalto recuperado modificado que sea seleccionada. Una relación de la viscosidad envejecida y la viscosidad original de menos de 5 indicará que el agente reciclante es compatible con el asfalto recuperado (gráfica 2).



Gráfica 2.

- Mezclas preliminares.

Se deben fabricar cinco mezclas diferentes de los agregados reciclados, agregados nuevos (si se desea) y un modificador. Se deben fabricar tres especímenes de cada muestra, determinar su estabilidad y el contenido de vacíos. Estas pruebas preliminares deben variar el porcentaje de cemento asfáltico virgen y/o el tipo y cantidad de agente suavizante, aceite fluidificante y rejuvenecedor. Es útil que un ingeniero experimentado esté

presente durante la operación de mezclado y moldeo así como en las subsecuentes mezclas de prueba que pueden depender de la apariencia de las primeras mezclas de prueba. Debe tenerse en cuenta que los modificadores comunmente tienen una reacción retardada para suavisar.

1. Evaluación de mezclas.

Las tres mejores mezclas evaluadas deben examinarse en detalle con respecto a las propiedades solicitadas por el diseño de espesores del pavimento y para consideraciones de durabilidad tal como la susceptibilidad al agua. La cantidad de pruebas dependerá de la confiabilidad del laboratorio que supervisa el proyecto de reciclado.

2. Selección del diseño óptimo de la mezcla.

El diseño óptimo de la mezcla debe basarse en los resultados obtenidos y en las consideraciones económicas y de energía.

3.4 Problemática

La industria del asfalto ha logrado un método efectivo para el reciclado del pavimento a través de plantas estacionarias de mezcla en caliente. Desde el comienzo el primer obstáculo fue el económico. Debido a numerosas razones, la producción de mezclas de reciclado resultó costosa. Dos factores contribuían a esa situación:

1. La remoción y restablecimiento del pavimento como paso inicial de todo proyecto de reciclado ha sido un concepto de trabajo muy costoso.

2. Los niveles de contaminación han sido considerablemente más altos que en la producción estándar.

La recuperación debe hacerse con métodos que permitan recuperar el material viejo rápida y cuidadosamente, con un costo inferior al de adquirir material nuevo. Esto debe efectuarse mientras se prepara la superficie para recibir la sobrecapa, teniendo cuidado de no dañar la sub-base, lo cual obligaría una reparación de alto costo, anulando de esa forma la economía del recubrimiento.

3.5 Análisis financiero

Los aspectos económicos del reciclado variarán substancialmente de una obra a otra, dependiendo del área geográfica y económica donde se localice.

No se puede establecer un costo básico en las operaciones con reciclado ya que todavía es una tecnología prácticamente nueva y en desarrollo. Pero si se basa en los hechos relacionados con la construcción de carreteras y reciclado, se tiene la siguientes expectativas:

1. Se han desarrollado tecnologías que permiten extraer y recuperar grandes volúmenes de material en menor tiempo, con un costo inferior. Esto hace al reciclado más económico en comparación con las técnicas tradicionales (sobrecapa), por lo que tanto las dependencias gubernamentales como las constructoras han comenzado a adoptar este procedimiento.

2. El reciclado permite cubrir grandes áreas de trabajo con

menos maquinaria con lo cual se obtienen resultados positivos en la economía de la obra.

3. A medida que los costos del asfalto líquido, los agregados y los demás materiales de construcción continúen aumentando, el reciclado de los pavimentos existentes se convertirá en procedimiento estándar en la industria de la construcción de carreteras del mañana.

3.6 Perspectivas

Por un razonamiento muy sencillo el factor determinante en la selección del tipo de procedimiento para la rehabilitación de una superficie de rodamiento es su costo total.

Para que el proceso de reciclado sea escogido, éste debe ser la tecnología menos costosa entre las disponibles. Sin embargo, como consecuencia de que no se ha realizado una evaluación sistemática para implantarla como proceso de rehabilitación, es común en un mercado con poca demanda que el costo del producto se encarezca y por lo tanto su uso no sea redituable.

Realizar inversiones o modificaciones en los equipos con que cuentan las constructoras obligarían al empresario a elevar sus costos. Además por ser un procedimiento poco empleado la amortización de los mismos sería a largo plazo, siendo esto poco rentable para las empresas. Sin embargo, una vez que el reciclado de pavimentos se convierta en una práctica común de rehabilitación, habrá en consecuencia una mayor demanda que hará redituable la inversión que se realice al adquirir estos equipos.

para poder competir en el mercado.

Mientras tanto, dentro del período de transición será necesario determinar con precisión los verdaderos ahorros que aporte el mencionado procedimiento.

El reciclado tendrá un papel importante en el futuro de la industria de la construcción. La economía inflacionaria y la escasez de energía e insumos, combinadas con los adelantos en equipos y métodos tienden a aumentar día con día el entusiasmo por el reciclado de mezcla en caliente.

En 1975 aproximadamente 50,000 toneladas de reciclado en caliente han sido producidas, en 1976 ese número aumentó a más de 100,000 toneladas, en 1977 subió a más de 500,000 toneladas. En 1978 se incrementó a dos millones de toneladas. Las proyecciones para 1989 promedian entre 150 y 200 millones de toneladas y para 1991, el reciclado superó las 250 millones de toneladas. El reciclado en caliente es hoy una realidad y seguirá afianzándose en un futuro inmediato.

ESTO TIENE QUE SER
CALLE DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO IV

C A P I T U L O I V .

4. EL CONTROL ECOLOGICO EN LA ELABORACION DE PAVIMENTOS.

La importancia que el deterioro ambiental ha cobrado en el diario acontecer ha instado a la industria de la construcción a crear técnicas que permitan reciclar materiales indispensables para este sector, así como a instalar dispositivos anticontaminantes en los equipos utilizados.

A continuación se mencionan algunos de los equipos para reciclado de pavimento:

1) *Colectores Húmedos Tipo Venturi.*- Para un control adecuado de emisiones de partículas procedentes de una planta de reciclados con tambor térmico es recomendable usar en muchos de los casos un colector húmedo tipo Venturi Barber-Greene. Estas unidades trabajan bajo el principio de humedecer las partículas de polvo que arrojan los gases atrapándolos con gotas de agua las cuales son drenadas del sistema en forma de una corriente de chorro.

Los colectores húmedos Barber-Greene están diseñados para contar con una gran eficiencia por su acción humedecedora. Grandes inyectores que no se obstruyen rocían las mínimas cantidades de agua de acuerdo a los requerimientos.

2) *Colectores con filtro para polvo de fábrica.*- Si la disponibilidad de agua o los dispositivos de drenado son un problema, los colectores con filtro de agua Barber-Greene, le

proporcionan un control económico y efectivo del polvo. Barber-Greene fue el primero en usar filtros de fábrica para el tambor de la planta mezcladora con recolector de polvo y tiene la más amplia experiencia en ésta área.

Las características incluyen un diseño avanzado con un sistema de limpieza de inyección para retirar el polvo, ventiladores del tipo radial de gran eficiencia, control remoto automático para reducir las demandas pico de arranque, una construcción totalmente sellada de fácil acceso para inspección y mantenimiento. Hay disponibles diferentes tamaños para modelos de plantas del tipo estacionario y del tipo portátil.

CAPITULO V

C A P I T U L O V.

5. OBJETIVOS.

1. ANALISIS INTEGRAL Y COMPARATIVO DE LOS METODOS TRADICIONALES A LOS ACTUALES CON ALTA TECNOLOGIA EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS CON BASE EN LOS PERFILADOS DE LOS MISMOS, PARA DEMOSTRAR LA NECESIDAD DE INCORPORARNOS A NIVEL NACIONAL DENTRO DEL AMBITO INTERNACIONAL CON ACTUALIDADES E INNOVACIONES TECNOLOGICAS RECALCANDO QUE DICHS PROCEDIMIENTOS TIENEN UN CARACTER ECOLOGICO FUNDAMENTAL.

2. SE REVISARAN LOS ANTECEDENTES DE LOS MATERIALES QUE SE CONFLUYEN EN DICHO PROCESO. ASI MISMO SE MOSTRARAN LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFILADO EN FRIO Y RECICLADO EN CALIENTE, COMO LA DETERMINACION DE LOS RECURSOS NECESARIOS, PROGRAMAS, EQUIPOS Y VENTAJAS DE LAS YA MENCIONADAS INNOVACIONES TECNOLOGICAS, MOSTRANDO COMPARATIVAS DE COSTOS Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN DICHA CARRETERA.

CAPITULO VI

CAPITULO VI.

ANTECEDENTES DE LA OBRA

El tramo de la carretera San Luis Potosí - Guadalajara es la principal vía de comunicación entre estos dos estados de la República Mexicana, debido a la cantidad de personas y alimentos que se transportan por ella.

A pesar de lo anterior, en los últimos años los transportistas que la recorren en el subtramo San Juan de los Lagos - Zapotlanejo principalmente, han demandado una rehabilitación urgente y a conciencia, basando sus peticiones en copias de comprobantes de las reparaciones efectuadas a sus vehículos el año pasado, con un importe superior a 200 mil millones de pesos. El deterioro que presenta dicho camino es alarmante, ya que al menos el 60% de este necesita desde reparaciones por bacheo hasta reconstrucción de terracerías.

El Gobierno Federal concesionó la autopista León - Lagos de Moreno con el fin de satisfacer las necesidades de ambos Estados, sin embargo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en colaboración con el Gobierno estatal, comprendieron la necesidad de mejorar las carreteras ya existentes, ayudando de esta manera a distribuir mejor el tránsito y optimizar su presupuesto al máximo.

Al elaborar la propuesta para la rehabilitación de esta carretera, la SCT buscó técnicas con las que se pudieran hacer

arreglos rápidamente y que no entorpecieran el tránsito de la vía; fue entonces cuando se pidió asesoría a la iniciativa privada, la cual desarrolló un planteamiento consistente en el reciclado de pavimento, en su mayoría.

Después de realizar estudios y llegar a la mezcla adecuada, la obra se concursó públicamente; el resultado no fue el esperado ya que la mayoría de las constructoras participantes no contaban con el equipo, lo cual encarecía sus presupuestos.

El punto principal de la obra consiste en la rehabilitación de 122 Km de carretera en un período de 23 meses: tiene una amplitud de 8 m dividido en dos carriles de circulación contraria; existe en el lugar la mano de obra suficiente para efectuar los trabajos que se requieren; el personal técnico tendrá que ser conformado en su totalidad por gente de la contratista.

El perfil topográfico de la carretera presenta en algunos lugares fuertes pendientes que dificultan la elección de la maquinaria por la exigencia de potencia y su dificultad de traslado. Además la señalización es de vital interés por la nubosidad que se tiene en algunas épocas del año. La temporada de lluvias que dura aproximadamente dos meses es un grave problema, ya que por la orografía donde se encuentra localizada la carretera existen deslaves y la avenida de aguas hace casi imposible el trabajo.

En general las condiciones del pavimento son regulares, debido a que los baches existentes pueden en su mayoría ser

tratados con un mortero para impermeabilizar y una mezcla asfáltica para nivelar. La piel de cocodrilo existente y los baches observan tratamientos de rehabilitación mal realizados, que afectaron la pendiente de desagüe de la carpeta, lo cual ha ocasionado el daño estructural de algunos tramos.

La distancia de los tiraderos no ha sido confirmada por la presión de grupos ecológicos que reclaman la contaminación de estas zonas.

CAPITULO VII

CAPITULO VII.

7. Tipología del Pavimento

Existe una carpeta de 15 cm de espesor, las fallas encontradas se deben principalmente al agotamiento del pavimento por las cargas a las que ha sido sometida. Aunque en algunos tramos existen daños estructurales provocados por una mala impermeabilización, en su mayoría los baches pueden ser tratados con mortero y mezcla.

Las pruebas que la SCT realizó al pavimento mostraron que el 80% del pavimento está en condiciones de ser reciclado. A partir de esta información los contratistas empezaron su estudio para dar con la mezcla que cumpliera con los requerimientos de diseño del nuevo pavimento.

La piel de cocodrilo se presenta en una proporción demasiado importante para el tipo de carretera.

La entidad exige el tratamiento de los baches en un sentido para que cuando se lleve a cabo la rehabilitación de la carpeta no se interrumpa el tránsito y sea más fluido, no importando el horario.

7.1 Selección del tipo de perfilado. Corte en frío.

El corte en frío o fresado de pavimento ha demostrado ser el método más eficiente para recuperar el material desgastado de una superficie. La superficie en cuestión requiere de una extracción

de 7.5 cm de espesor que renivelará la superficie dejándola en posibilidad de ser transitada mientras no se estén efectuando trabajos en ella.

Se eligió una ROTO-MILL PR-750 por el volumen, el tiempo y el tamaño del material que se quiere recobrar. El tiempo que dura la obra permite amortizar por completo la utilización de la maquinaria y su traslado.

El espesor de corte se obtuvo de las perforaciones de sondeo que se realizaron en la carpeta. La ROTO-MILL no se utilizará en los tramos en donde se demolerá por completo la terracería, ya que su principal uso será la obtención del material que se reciclará.

7.2 Obtención de la mezcla óptima para el reciclado.

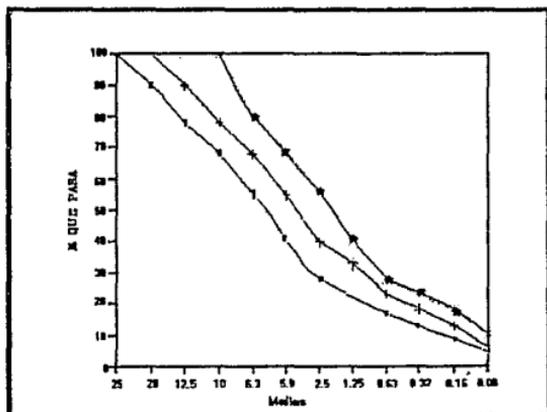
Se tomaron como base los porcentajes proporcionados por la SCT, los cuales recomendaban manejar una mezcla de 80% de material reciclado y 20% de material vírgen.

En el área de reciclado los mejores resultados se habían obtenido con mezclas 70-30, sin embargo, los rejuvenecedores existentes en el mercado proporcionan buenos resultados en mezclas con 100% de material recobrado.

El diseño era el siguiente:

- a) Se obtenía la granulometría del material reciclado
- b) El 80% del material anterior (tezontle negro 3/4" y el 20% de polvo de tezontle negro comprendían el 90% de agregado).

- c) La arena andesítica constituía el restante 10%
- d) Se propuso una emulsión especial con rejuvenecedor con una dotación del 12%
- e) La dotación de agua 8%



7.3 Elección de la maquinaria.

Por las características de la obra se necesitaba un tambor mezclador con capacidad de reciclado. El UDM-500 cumplía con las características para la obra, ya que además de la capacidad de producción es autopropulsable, por lo que el traslado era inmediato. El tambor mezclador se adaptaba fácilmente a la producción de la mezcla y el mortero asfáltico que se requería para el tendido y rehabilitación de la nueva carpeta, no obstante de ser utilizada para la producción de mezcla reciclada requerida

en la obra.

Como se mencionó en capítulos anteriores, los tambores recicladores que producen mezclas en caliente son capaces de producir mezclas recicladas realizándole algunas modificaciones, lo que las hace poco atractivas, sin embargo la planta de asfalto UDM-600 tiene un dispositivo que se adapta fácilmente a los dos tipos de procedimiento.

CAPITULO VIII

CAPITULO VIII.

RECURSOS NECESARIOS

Cuando se adjudica una obra no se sabe cuál será el costo real de la misma ya que en la mayoría de los concursos algunos precios son manejados de acuerdo a la especialidad y conocimiento de los contratistas. Es por eso que cuando se sabe que la obra ha sido otorgada, conviene elaborar precios que sean acordes con los costos empresa para así poder conocer el costo final real de la obra.

El objetivo de determinar los recursos necesarios es el elaborar un proforma que nos sirva de base para observar las posibles desviaciones que se tengan durante la obra. En ellos se optimiza la maquinaria, los materiales, herramientas, fletes, acarreos y la mano de obra. Con esto se puede tener cuidado en las actividades que tienen déficit.

En las hojas siguientes se proponen ejemplos del manejo de estos formatos, en los cuales se observa que al tener cuidado con los rendimientos de la maquinaria y la mano de obra se tienen ganancias muy superiores a la utilidad proformada.

ANALISIS DE COSTO DE FRESADO DE
LA OBRA DE REHABILITACION DE LA
CARRETERA GUADALAJARA-SAN LUIS
POTOSI.

MAYO DE 1992

I. MANO DE OBRA.

1 Sobrestante	x	\$ 1'105,791.00	=	\$ 1'105,791.00
1 Cabo	x	\$ 560,000.00	=	\$ 560,000.00
2 Tornilleros	x	\$ 343,704.00	=	\$ 687,408.00
1 Checador	x	\$ 321,608.00	=	\$ 321,608.00
11 Ayudantes	x	\$ 310,651.00	=	\$ 3'417,161.00

$$\frac{\$ 6'092,160.00/\text{sem} \times 4.3\text{sem}/\text{mes}}{25 \text{ turnos}/\text{mes}} = \$ 1'042,979.16/\text{tno}$$

Rendimiento 120m³/tno.

$$\frac{\$ 1'042,979.16/\text{tno.}}{120\text{m}^3/\text{tno.}} = \$ 8,691.49/\text{m}^3$$

CARGO POR MANO DE OBRA \$ 8,691.49/m³

II. MATERIALES.

10,000lt/tno Agua a \$ 2.90/lt

$$\frac{\$ 2.90/\text{lt} \times 10,000\text{lt}/\text{tno}}{120 \text{ m}^3/\text{tno.}} = \$ 241.67/\text{m}^3$$

COSTO POR MATERIALES \$ 241.67/m³

III. HERRAMIENTA

5% de Mano de Obra

\$ 8,691.49/m³ x 0.05 = \$ 434.57/m³

CARGO POR HERRAMIENTA \$ 434.57/m³

IV. MAQUINARIA

1) Fresadora (ROTOMILL)

RENTA	:	\$ 21'536,400.00
OPERACION	:	\$ 926,066.00
CONSUMO	:	\$ 11'592,209.10
Elem. desg.	:	\$ 10'500,000.00
Mantenim.	:	\$ 4'774,263.75

TOTAL: \$ 49'328,938.85

2) 1 Pipa de Agua

Llantas	:	\$ 872,000.00
Renta	:	\$ 4'161,450.00
Operación	:	\$ 4'916,300.00
Consumo	:	\$ 1'423,963.00
Mantenim.	:	\$ 4'549,240.00

TOTAL: \$ 15'922,953.00

3) Camioneta de Redilas al 50%

Renta	:	\$ 1'280,519.00
Operación	:	\$ 6'847,075.00
Consumo	:	\$ 2'122,588.00
Mantenim.	:	\$ 4'549,240.00
Llantas	:	\$ 872,000.00

TOTAL: \$ 12'590,793.84

\$ 12'590,793.84 x 0.5 = \$ 6'295,396.92

TOTAL: \$ 6'285,396.92

Resumen Maquinaria:

1 Fresadora (ROTCMILL)	\$ 49'328,938.85
1 Pipa de Agua	\$ 15'922,953.30
Camioneta de Redilas	\$ 6'295,396.92

TOTAL: \$ 71'547,289.00

\$ 71'547,289.07
----- = \$ 2'861,891.56/TNO
25 turnos

Rendimiento 120m3/Tno.

\$ 2'861,891.56/Tno
----- = \$ 23,849.10/m3
120m3/Tno

CARGO POR MAQUINARIA \$ 23,849.10/M3

V. FLETES (Abundamiento material = 1.5)

Costo; \$750/m3-Km D = 10 Km
\$ 750/m3-Km = \$ 7500/m3
\$ 7500/m3 x 1.5 = \$ 11,250/m3

CARGO POR FLETES \$ 11,250.00/m3

RESUMEN DE COSTO TOTAL
INTEGRADO:

CARGO MANO DE OBRA	\$ 8,691.49
CARGO POR MATERIALES	\$ 241.67
CARGO POR HERRAMIENTAS	\$ 434.57
CARGO POR MAQUINARIA	\$ 23,849.10
CARGO POR FLETES	\$ 11,250.00

COSTO DIRECTO	\$ 44,466.83/m3

HOJA No. 1

FECHA:

RECURSOS NECESARIOS

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.01	FRESADO DE PAVIMENTO CON UN ESPESOR DE 7.5 CM	m ³
CANTIDAD:	2,700.00 P.U.: 82,374.78	IMPORTE: 222,411,906.00
COSTOS UNITARIOS:		
1.-	OBRA DE MANO:	8,865.66
2.-	MATERIALES:	1,719.51
3.-	MAQUINARIA:	25,372.33
	a) RENTA:	14,216.95
	b) OPERACION:	1,156.57
	c) CONSUMO:	9,998.81
4.-	ACARREO:	20,250.00
5.-	VARIOS:	
	TOTAL:	56,207.60
CANTIDAD:	2,700.00	IMPORTE: 151,760,250.00
		DIFERENCIA: 70,651,656.00
		RESULTADO: 46.66%

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.01	FRESADO DE PAVIMENTO A UN ESPESOR DE 7.5 CM.	m ³

1.- OBRA DE MANO:

DESCRIPCION:

.5 DE CABO, 2 TORNILLEROS, 1 AYUDANTE DETECTOR DE METALES,
8 AYUDANTES GENERALES, 1 CHECADOR DE MATERIALES.

<u>CATEGORIA</u>	<u>No DE OBREROS</u>	<u>COSTO EMPRESA</u>	<u>IMPORTE</u>	<u>RENDIMIENTO</u>
1.-	CABO .5	96,128.83	48,064.42	120 M ³ /JOR
2.-	TORNILLERO 2	94,086.50	188,171.00	120 M ³ /JOR
3.-	AY. DETECTOR MET. 1	82,638.67	82,638.67	120 M ³ /JOR
4.-	AYUDANTE GRAL. 8	82,638.67	661,109.36	120 M ³ /JOR
5.-	CHECADOR DE MAT. 1	63,895.83	63,895.83	120 M ³ /JOR

SUMA:

1,063,879.28

COSTO UNITARIO: 1,063,879.28 / 120.00 = 8,865.66/M³

PORCIENTO CON RELACION AL P.U. : 10.76%

RECURSOS NECESARIOS

HOJA No. 2

FECHA:

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.01	FRESADO DE PAVIMENTO CON UN ESPESOR DE 7.6 CM.	m ³

2.- MATERIALES:
DESCRIPCION:
EQUIPO AUXILIAR DE ROTOMIL

	<u>NOMBRE</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO MERCADO</u>	<u>IMPORTE</u>
1.-	AGUA	MS	12.00	4,500.00	54,000.00
2.-	CEPILLOS DE RAIZ	PZA	200.00	11,752.34	2,350,468.00
3.-	PALA	PEA	10.00	18,445.00	184,450.00
4.-	CARRETILLAS CONCRETERAS	PEA	3.00	213,154.00	639,462.00
5.-	DETECTOR DE METALES	PEA	1.00		*EXISTE EN ALMACEN
6.-	PICO	PEA	10.00	25,322.00	253,220.00

COSTO UNITARIO: 1,719.51

PORCIENTO CON RELACION AL P.U.: 2.09%

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.01	FRESADO DE PAVIMENTO CON UN ESPESOR DE 7.5 CM.	m ³

3.- MAQUINARIA:
DESCRIPCION:
EQUIPO DE CORTE EN FRIO

	<u>EQUIPO (NOMBRE Y TIPO)</u>	<u>RENTA</u>	<u>OPERACION</u>	<u>CONSUMO</u>	<u>TOTAL</u>
1.-	ROTOMILL	213,254.20	17,348.56	149,902.12	380,504.88
	RENDIMIENTO	15.00	15.00	15.00	15.00
	C.B. \$	14,216.95	1,156.57	9,998.81	25,372.33

PORCIENTO CON RELACION AL P.U.: 30.60

HOJA No. 3

FECHA:

RECURSOS NECESARIOS

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.01	FRESADO DE PAVIMENTO CON UN ESPESOR DE 7.6 CM.	m ³ -Km.

4.- FLETES
6.- VARIOS

DESCRIPCION: ACARREO DEL MATERIAL PRODUCTO DEL CORTE AL TIRO
TARIFA DE FLETOS = 760.00/TON
DIST. DE ACARREO = 18 Km.
ABUNDAMIENTO = 50%

$18 \text{ KM} \times 760 / \text{M}^3\text{-KM} \times 1.50 = 20,250/\text{M}^3$

COSTO UNITARIO: 2,249.52
POR CIENTO CON RELACION AL P.U. 2.73%

RESUMEN DE PORCENTAJES CON RESPECTO AL P.U.

	%
1.- MANO DE OBRA	10.76
2.- MATERIALES	2.09
3.- MAQUINARIA	30.80
4.- FLETES Y VARIOS	2.73
	<hr/>
	46.38

I. MANO DE OBRA

Descripción:	C. Empresa/Tno.
1 Sobresante	\$ 195,037.00
1 Ayudante General	\$ 82,638.00

	\$ 277,675.67/Tno.

Rendimiento 200m³/Tno.

$$\frac{\$ 277,675.67/\text{Tno.}}{200\text{m}^3/\text{Tno.}} = 1,388.38/\text{m}^3$$

CARGO POR MANO DE OBRA \$ 1,388.38/m³

II. MATERIALES

A) Tezontle negro de 3/4" - finos

Costo	:	\$ 18,090.91/m ³
Proporción	:	80%
Desperdicio	:	5%

$$\$ 18,090.91/\text{m}^3 \times 0.80 \times 1.05 = \$ 15,196.36/\text{m}^3$$

B) Polvo tezontle negro.

Costo	:	\$ 18,090.91/m ³
Proporción	:	20%
Desperdicio	:	5%

$$\$ 18,090.91/\text{m}^3 \times 0.20 \times 1.05 = \$ 3,799.09/\text{m}^3$$
$$\text{-----}$$
$$\$ 18,995.45/\text{m}^3$$

Flete de mina a planta:

800.00/m³

C) Arena andesítica

Costo : \$ 15,000.00/m³
Proporción : 10%
Desperdicio : 5%

$\$ 15,000.00/m^3 \times 0.10 \times 1.05 = \$ 1,575.00/m^3$

Flete: 750.00/m³-Km x 34 Km = \$ 25,500.00/m³

TOTAL = \$ 27,075.00/m³

D) Emulsión (RL-3K)

Costo : \$ 385.00/lit
Dotación : 12% = 144lt/m³
P.V.S.S. de
la mezcla : 1195 Kg/m³
Desperdicio : 5%

$\$ 385/lit \times 144 \text{ lt}/m^3 \times 1.05 = \$ 58,212.00/m^3$

E) Agua

Costo : \$ 3.00/lit
Dotación : 8% = 95.60lt/m³
Desperdicio : 5%

$\$ 3.00/lit \times 95.60 \text{ lt}/m^3 \times 1.05 = \$ 301.14/m^3$

CARGO POR MATERIALES \$ 105,383.59/m³

III. MAQUINARIA

A) Estabilizador MidLand

Renta : \$ 276,525.00/Tno.
Consumo : \$ 104,360.00/Tno.
Operación : \$ 122,683.33/Tno.

TOTAL: \$ 503,568.33/Tno.

B) Cargador s/neumáticos

Renta : \$ 111,632.27/Tno.
Consumo : \$ 98,456.00/Tno.
Operación : \$ 122,683.00/Tno.

TOTAL: \$ 332,971.27/Tno.

\$ 836,539.60/Tno.

$\frac{\$ 836,539.60}{200\text{m}^3/\text{tno.}} = \$ 4182.70/\text{m}^3$

CARGO POR MAQUINARIA \$ 4,182.70/m³

IV. HERRAMIENTA

10% Mano de Obra

$\$ 1,388.38/\text{m}^3 \times 0.10 = \$ 138.84$

CARGO POR HERRAMIENTA \$ 138.84/m³

RESUMEN DE COSTO TOTAL
INTEGRADO:

CARGO MANO DE OBRA	\$ 1,388.38
CARGO POR MATERIALES	\$105,383.59
CARGO POR MAQUINARIA	\$ 4,182.70
CARGO POR HERRAMIENTA	\$ 138.84

COSTO DIRECTO	\$111,093.51/m ³

HOJA No. 1

FECHA:

RECURSOS NECESARIOS

CLAVE	CONCEPTO		UNIDAD
1.00.02	APLICACION DE MORTERO ASFALTICO		m ²
CANTIDAD	56,818.00	P.U.:	10,366.63
		IMPORTE:	578,683,163.64
COSTOS UNITARIOS:			
1.-	OBRA DE MANO:		336.11
2.-	MATERIALES:		1,008.72
3.-	MAQUINARIA:		814.46
	a) RENTA:	283.62	
	b) OPERACION:	133.10	
	c) CONSUMO:	397.73	
	SUMA:	814.46	
4.-	ACARREO:		262.00
5.-	VARIOS:		
	TOTAL:		2,410.29
CANTIDAD:	56,818.00	IMPORTE:	134,637,667.22
		DIFERENCIA:	444,045,586.32
		RESULTADO:	330.65%

CLAVE	CONCEPTO		UNIDAD
1.00.02	APLICACION EN FRIJO DE MORTERO ASFALTICO		m ²
1.-	OBRA DE MANO:		
	DESCRIPCION:		
	1 CABO, 2 TORNILLEROS, 2 PERFORISTA, 3 RASTRILLEROS 2 AYUDANTES GENERALES, 1 OPERADOR DE TENDIDO.		
CATEGORIA	No DE OBREROS	COSTO EMPRESA	IMPORTE
1.-	CABO	1	96,128.83
2.-	TORNILLERO	2	94,086.60
3.-	PERFORISTA	2	88,685.60
4.-	RASTRILLERO	3	94,086.60
5.-	AYUDANTE GENERAL	2	82,638.67
6.-	OPERADOR TENDIDO	1	96,128.83
	SUMA:		1,005,333.50
	COSTO UNITARIO:	1,005,333.50	/ 3,000.00 = 335.11/M ²
	PORCIENTO CON RELACION AL P.U.:		3.0%

RECURSOS NECESARIOS

HOJA No. 2

FECHA:

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.02	APLICACION DE MORTERO ASFALTICO	m ²

2.- MATERIALES:
DESCRIPCION:
MATERIAL PARA LA ELABORACION DE MORTERO ASFALTICO

	<u>NOMBRE</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO MERCADO</u>	<u>IMPORTE</u>
1.-	CEMENTO PORTLAND	KG/M3	2.30	283.14	651.21
2.-	EMULSION ASFALTICA RLSP	LT/M3	174.15	295.00	51,374.25
3.-	ADITIVO	LT/M3	11.61	2,150.00	24,961.50
4.-	ACUA	LT/M3	185.76	4.50	835.02
5.-	ARENA TEZONTLE NEGRO	M3	.70	11,000.00	7,700.00
6.-	POLVO TEZONTLE NEGRO	M3	.30	18,090.91	5,427.27
COSTO UNITARIO: (TOTAL 1)			954.98/M ²	90,850.15/M ² X.01MX1.05 = 954.98/M ²	

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.02	APLICACION DE MORTERO ASFALTICO	M ²

2.- MATERIALES:
DESCRIPCION:
MATERIAL PARA LA COLOCACION DE MORTERO ASFALTICO

	<u>NOMBRE</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO MERCADO</u>	<u>IMPORTE</u>
1.-	CARRETILLA CONCRETERA	PEA	2.00	213,164.00	426,308.00
2.-	CEPILLOS DE RAIZ	PEA	10.00	11,762.34	117,623.40
3.-	BANDERA	PEA	5.00	19,244.66	96,223.30
4.-	PALA CUADRADA	PEA	10.00	18,445.00	184,450.00
5.-	ESPATULA	PEA	20.00	8,847.88	176,957.60
6.-	PICO	PEA	5.00	25,322.00	126,610.00
7.-	JERCA	ROLLO	20.00	71,730.00	1,434,600.00
8.-	GUANTES DE CARNAZA	PAR	60.00	7,279.00	436,740.00
COSTO UNITARIO: (TOTAL 2)			63.74/M ²	2,999,412.30/66,818M ² = 63.74/M ²	
PORCIENTO CON RELACION AL P.U.:			10.49	HOJA 1 + HOJA 2 = 1008.72/M ²	

RECURSOS NECESARIOS

HOJA No. 3

FECHA:

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>					<u>UNIDAD</u>
1.00.02	APLICACION DE MORTERO ASFALTICO					m ²
3.-	MAQUINARIA:					
	DESCRIPCION:					
	EQUIPO DE TENDIDO DE MORTERO					
	<u>EQUIPO (NOMBRE Y TIPO)</u>	<u>RENTA</u>	<u>OPERACION</u>	<u>CONSUMO</u>	<u>TOTAL</u>	
1.-	PIPA P/AGUA	17,651.69	11,602.92	17,168.60	46,213.11	
	RENDIMIENTO	375.00	375.00	375.00	375.00	
	C.D. \$	46.80	30.67	45.76	123.23	
2.-	COMPACTADOR NEUMATICO	18,447.12	11,577.33	24,893.00	64,917.45	
	RENDIMIENTO	375.00	375.00	375.00	375.00	
	C.D. \$	49.19	30.87	66.38	146.46	
3.-	CAMION SLURRY	22,967.79	11,602.92	66,676.00	91,045.71	
	RENDIMIENTO	375.00	375.00	375.00	375.00	
	C.D. \$	61.25	30.67	160.87	242.79	
	S U M A :	157.24	92.22	263.00	612.47	

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>					<u>UNIDAD</u>
1.00.02	APLICACION DE MORTERO ASFALTICO					m ²
3.-	MAQUINARIA:					
	DESCRIPCION:					
	EQUIPO DE TENDIDO DE MORTERO					
	<u>EQUIPO (NOMBRE Y TIPO)</u>	<u>RENTA</u>	<u>OPERACION</u>	<u>CONSUMO</u>	<u>TOTAL</u>	
1.-	CARGADOR M 46-B	16,129.66	16,335.42	22,103.00	53,668.07	
	RENDIMIENTO	375.00	375.00	375.00	375.00	
	C.D. \$	43.01	40.89	68.94	142.85	
2.-	COMPACTADOR NEUMATICO	9,628.13		19,716.00	29,344.13	
	RENDIMIENTO	375.00	375.00	375.00	375.00	
	C.D. \$	25.68	.00	52.68	78.25	
3.-	CAMION SLURRY	21,632.81		8,700.00	30,332.81	
	RENDIMIENTO	375.00	375.00	375.00	375.00	
	C.D. \$	57.69	.00	23.20	80.89	
	S U M A :	126.38	40.89	134.72		
		283.69	133.11	397.72		

PORCIENTO CON RELACION AL P.U.: 7.86

HOJA No. 4
FECHA:

RECURSOS NECESARIOS

<u>CLAVE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>
1.00.02	APLICACION DE MORTERO ASFALTICO	m ² -Km

4.- FLETES
6.- VARIOS

DESCRIPCION: ACARREO DE MORTERO ASFALTICO

TARIFA DE FLETES = 750.00/TON

DIST. DE ACARREO = 18 Km

DESPERDICIO = 5% $\$ 25,200/M^2 \times 0.05 = \$ 252/M^2$

(MINA EL SUSPIRO)

18 KM X 750 /MS-KM X 1.05 = 14,175/M²

(MINA LA RUMOROSA)

14 KM X 750 /MS-KM X 1.05 = 11,025/M²

TOTAL: 25,200.00

COSTO UNITARIO: 252.00/M²

POR CIENTO CON RELACION AL P.U. 2.43

RESUMEN PORCENTAJES CON RESPECTO AL P.U.

	X
1.- MANO DE OBRA	3.00
2.- MATERIALES	10.49
3.- MAQUINARIA	7.86
4.- ACARREOS	2.43
	<u>23.78</u>

CAPITULO IX

CAPITULO IX.

PROGRAMA DE OBRA.

PROGRAMA DE EROGACIONES

OBRA

PROFORMA

CONCEPTOS DE OBRA	U	92							93			
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1 FRESADO	m3	90.06	95.72	101.39	107.05	112.72	118.95	112.72	107.05	101.39	95.72	90.05
2 APLICACION MORTERO	m2	206.01	218.97	231.93	244.89	257.84	272.09	257.84	244.89	231.93	218.97	206.02
3 APLICACION MEZCLA	m2	858.28	912.26	966.24	1020.22	1074.20	1133.58	1074.20	1020.22	966.24	912.26	858.28
4 RECICLADO	m2	590.38	627.51	664.64	701.77	738.90	779.75	738.90	701.77	664.64	627.51	590.40
5 VARIOS	PZA	1459.17	1550.94	1642.71	1734.48	1826.25	1927.20	1826.25	1734.48	1642.71	1550.94	1459.15
TOTAL MENSUAL		3293.90	3406.40	3606.91	3806.41	4009.91	4231.87	4009.91	3806.41	3606.91	3406.40	3293.90
TOTAL ACUMULADO		3293.90	6699.30	10316.21	14026.62	18034.53	22266.10	24276.01	30084.43	32691.32	35096.73	40300.63

CAPITULO X

C A P I T U L O X.

**COMPARATIVA DE PROCEDIMIENTOS TRADICIONALES Y
MODERNOS EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS.**

REHABILITACION Y RESTITUCION DE PAVIMENTO
POR EL PROCEDIMIENTO DE CORTE DE CARPETA
Y RECICLADO DE LA MEZCLA ASFALTICA.
MAYO DE 1992.

R E S U M E N

PROCEDIMIENTO TRADICIONAL	\$ 21,834.40
UTILIZANDO PLANTA UDM-600	\$ 15,041.42
UTILIZANDO PLANTA MICRO-ONDAS	\$ 14,482.54

REHABILITACION Y RESTITUCION DE PAVIMENTO
POR EL PROCEDIMIENTO DE CORTE DE CARPETA
Y RECICLADO DE LA MEZCLA ASFALTICA.

MAYO DE 1992.

COSTO BASICO A

EXTRACCION Y ACARREO DE AGUA

I. MANO DE OBRA.

II. MATERIALES.

III. MAQUINARIA.

1. Extracción.

Bomba autocebante 4" motor gasolina
C. Horario \$ 13,773.22/hr
Tiempo de carga: 14.31min.

$$\frac{\$ 13,773.22/\text{hr} \times 14.31\text{min}}{7.0 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min./hr}} = \$469.43/\text{m}^3$$

2. Acarreo

Camión f-600 tanque 7000 lt
C. Horario \$ 56,705.90/hr
Acarreo medio 5.0 Km
Vel. promedio 25.0 Km/hr
Ciclo de carga y descarga 24.0 min
Recorrido 10 Km ida y vuel 24.0 min

48.0 min

$$\frac{\$ 56,705.90/\text{hr} \times 48.00 \text{ min.}}{7.0 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min./hr}} = \$ 6,480.67/\text{m}^3$$

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 6,950.11/m³

PAGO A LA DELEGACION
POR EXTRACCION = \$ 8,000.00/m³

COSTO DIRECTO = \$ 14,950.11/m³

COSTO BASICO B

FABRICACION DE MEZCLA ASFALTICA PLANTA DE ASFALTO UDM-600

I. MANO DE OBRA.

1).- Personal auxiliar en la trituradora

1 Cabo de peones 1a.	X	\$ 30,995.91/tno.	=	\$ 30,995.91/tno.
6 Peon.	X	\$ 21,873.20/tno.	=	\$ 131,239.18/tno.

				\$ 162,235.09/tno.

Rendimiento	210.00 m3/tno.			
	\$ 162,235.09/tno.			
	-----	x 0.30	=	\$ 231.76/m3
	210.00 m3/tno.			

CARGO POR MANO DE OBRA = \$ 231.76/m3

II. MATERIALES.

1).- EXTRACCION Y ACARREO DE AGUA

C. Basico "A"	\$ 14,950.11/m3			
Consumo	.10/m3			
	\$ 14,950.11/m3 x .10 m3/m3	=		\$ 1,495.01/m3

2).- Cemento asfáltico No. 6

Costo	\$226.36/Kg			
Flete	\$ 81.46/Kg			

				\$307.82/Kg
Consumo	179.00 Kg/m3			
Desperdicios	5.00 %			
Participación	30.00 %			
	\$ 307.82/Kg x 179.00 Kg/m3	1.05 x .30	=	\$ 17,356.57/m3

CARGO POR MATERIALES = \$ 18,851.58/m3

III. MAQUINARIA.

1).- Extracción y amontonamiento de material en banco

Tractor s/orugas komatsu D-155A
 C. Horario \$ 214,699.85/hr
 Rendimiento 100.00 m3/hr

\$ 214,699.85/hr
 ----- x 0.30 = \$ 644.10/m3
 100.00 m3/hr

2).- Carga en el banco y alimentación

Cargador cat.9951 2.25 yd3
 C. Horario \$ 146,066.70/hr
 Rendimiento 80.00 m3/hr

\$ 146,066.70/hr
 ----- x 0.30 = \$ 547.75/m3
 80.00 m3/hr

3).- Acarreo local

Camión F-600 volteo de 6 m3
 C. Horario \$ 66,883.23/hr
 Rendimiento 18.00/hr

\$ 66,883.23/hr
 ----- x 0.30 = \$ 1,114.72/m3
 18.00 m3/hr

4).- Trituración total del material

1 Trituradora primaria	X	\$ 173,357.78/hr.	=	\$ 173,357.78/hr.
1 Trituradora secund.	X	\$ 176,894.41/hr.	=	\$ 176,894.41/hr.
1 Trituradora terciaria.	X	\$ 177,707.05/hr.	=	\$ 177,707.05/hr.
1 Alim. vibr. 36"X12	X	\$ 29,655.14/hr.	=	\$ 29,665.14/hr.
9 Banda transp. 24"X18	X	\$ 11,890.25/hr.	=	\$ 107,012.21/hr.
1 Planta luz 500 kw	X	\$ 129,818.93/hr.	=	\$ 129,818.93/hr.
3 Tolva agregados 15m3	X	\$ 17,513,79/hr.	=	\$ 52,541.38/hr.

 \$ 846,986.89/hr.

Rendimiento 30.00 m3/hr.

\$ 846,986.89/hr.
 ----- x 0.30 = \$ 8,469.87/m3
 30.00 m3/hr.

5).- Acarreo al almacén

Camion F-600 volteo de 6 m3			
C. Horario	\$ 66,883.23/hr		
Rendimiento	18.00 m3/hr		
	\$ 66,883.23/hr		
	-----	x 0.30	= \$ 1,114.72/m3
	18.00 m3/hr		

6).- Carga a la planta de asfalto

Cargador Michigan 45-B 1.5 yd3			
C. Horario	\$ 52,978.39/hr		
Rendimiento	30.00 m3/hr		
	\$ 52,978.39/hr		
	-----		= \$ 1,765.95/m3
	30.00 m3/hr		

7).- Elaboración de mezcla asfáltica

1 Pta. asfalto UDM600	X \$ 576,421.46/hr.	= \$ 576,421.46/hr.
1 Planta luz 400 kw	X \$ 92,740.39/hr.	= \$ 92,740.39/hr.

		\$ 669,161.85/hr.

Rendimiento	30.00 m3/hr.		
	\$ 669,161.85/hr.		
	-----		= \$ 22,305.40/m3
	30.00 m3/hr.		
	CARGO POR MAQUINARIA	=	\$ 35,962.50/m3

IV. INSTALACIONES Y DESMANTELAMIENTO

Instalación y desmantelamiento de Pta. Trituradora			
Costo :	\$ 90,000.000		
Vol. a producir:	10,000.00 m3		
Participación	30.00 %		
	\$ 90,000.000		
	-----	x 0.30	= \$ 2,700.00/m3
	10,000.00 m3		

INSTALACIONES Y DESMANTELAMIENTO

Instalaciones y desmantelamiento de Pta. de Asfalto			
Costo :	\$ 120,000.000		
Vol. a producir	10,000.00 m3		

$$\frac{\$ 120,000,000}{10,000.00\text{m}^3} = \$ 12,000.00/\text{m}^3$$

$$\text{CARGO POR INST. Y DESMANT.} = \$ 14,700.00/\text{m}^3$$

HERRAMIENTA

$$3\% \text{ de la Mano de Obra} \\ 0.3 \times \$ 231.76/\text{m}^3 = \$ 6.95/\text{m}^3$$

$$\text{CARGO POR HERRAMIENTA} = \$ 6.95/\text{m}^3$$

$$\text{COSTO DIRECTO} = \$ 69,752.80/\text{m}^3$$

REHABILITACION Y RESTITUCION DE PAVIMENTO
 POR EL PROCEDIMIENTO DE CORTE DE CARPETA
 Y RECICLADO DE LA MEZCLA ASFALTICA.

MAYO DE 1992

COSTO BASICO C

FABRICACION DE MEZCLA ASFALTICA PLANTA DE MICRO-ONDAS
 (MICROWAVE)

I.- MANO DE OBRA.

1).- Personal auxiliar en la trituradora

1 Cabo de peones 1a. X	\$ 30,995.91/tno.	=	\$ 30,995.91/tno.
6 Peon. X	\$ 21,873.20/tno.	=	\$ 131,239.18/tno.
			<u>\$ 162,235.09/tno.</u>

Rendimiento 210.00 m3/tno.

\$ 162,235.09/tno.
 ----- x 0.30 = \$ 231.76
 210.00 m3/tno.

CARGO POR MANO DE OBRA = \$ 231.76/m3

II. MATERIALES.

1).- EXTRACCION Y ACARREO DE AGUA

C. Básico "A" \$ 14,950.11/m3
 Consumo .10 m3/m3

\$ 14,950.11/m3 X .10m3/m3 = \$ 1,495.01/m3

2).- Cemento asfáltico No. 6

Costo \$ 226.36/kg
 Flete \$ 81.46/kg

 \$ 307.82/kg

Consumo 179.00 kg/m3
 Desperdicios 5.00 %
 Participación 30.00 %

\$ 307.82/kg x 179.00 kg/m3 1.05 x .30 = \$ 17,356.57/m3

CARGO POR MATERIALES = \$ 18,851.58/m3

III. MAQUINARIA.

1).- Extracción y amontonamiento de material en banco

Tractor s/orugas komatsu D-155A			
C. Horario	\$ 214,699.85/hr		
Rendimiento	100.00 m3/hr		
	\$ 214,699.85/hr		
	-----	x 0.30	= \$ 644.10/m3
	100.00 m3/hr		

2).- Carga en el banco y alimentación

Cargador cat. 955L 2.25 yd3			
C. Horario	\$ 146,066.70/hr		
Rendimiento	18.00 m3/hr		
	\$ 146,066.70/hr		
	-----	x 0.30	= \$ 547.75/m3
	80.00 m3/hr		

3).- Acarreo local

Camión F-600 volteo de 6 m3			
C. Horario	\$ 66,883.23/hr		
Rendimiento	18.00 m3/hr		
	\$ 66,883.23/hr		
	-----	x 0.30	= \$ 1,114.72/m3
	18.00 m3/hr		

4).- Trituración total de material.

1 Trituradora primaria	X	\$ 173,357.78/hr	=	\$ 173,357.78/hr.
1 Trituradora secund.	X	\$ 176,894.41/hr	=	\$ 176,894.41/hr.
1 Trituradora terciá.	X	\$ 177,707.05/hr	=	\$ 177,707.05/hr.
1 Alim. vibr. 36"X12	X	\$ 29,655.14/hr	=	\$ 29,655.14/hr.
9 Banda transp. 24"x18	X	\$ 11,890.25/hr	=	\$ 107,012.21/hr.
1 Planta luz 500 kw	X	\$ 129,818.93/hr	=	\$ 129,818.93/hr.
3 Tolva agregados 15m3	X	\$ 17,513.79/hr	=	\$ 52,541.38/hr.

				\$ 846,986.89/hr.

Rendimiento	30.00 m3/hr.		
	\$ 846,986.89/hr.		
	-----	x 0.30	= \$ 8,469.87/m3
	30.00 m3/hr.		

5).- Acarreo al almacén

Camión F-600 volteo de 6 m³
C. Horario \$ 66,883.23/hr
Rendimiento 18.00 m³

$$\frac{\$ 66,883.23/\text{hr}}{\text{-----}} \times 0.30 = \$ 1,114.72/\text{m}^3$$

6).- Carga a la planta de asfalto

Cargador Michigan 45-B 1.5 yd³
C. Horario \$ 52,978.39/hr
Rendimiento 30.00 m³/hr

$$\frac{\$ 52,978.39/\text{hr}}{\text{-----}} = \frac{30.00 \text{ m}^3/\text{hr}}{\text{-----}} = \$ 1,765.95/\text{m}^3$$

7).- Elaboración de mezcla asfáltica

1 Planta asfalto-microwave X \$ 1,158,483.53/hr = \$ 1,158,483.53/hr
1 Planta luz 500 kw X \$ 129,818.93/hr = \$ 129,818.93/hr

\$ 1,288,302.46/hr

Rendimiento 30.00 m³/hr.

$$\frac{\$ 1,288,302.46/\text{hr}}{\text{-----}} = \frac{30.00 \text{ m}^3/\text{hr}}{\text{-----}} = \$ 42,943.42/\text{m}^3$$

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 56,600.52/m³

IV.- INSTALACIONES Y DESMANTELAMIENTO

Instalación y desmantelamiento de Pta. Trituradora
Costo : \$ 90,000,000
Vol. a producir: 10,000.00 m³
Participación: 30.00 %

$$\frac{\$ 90,000,000}{\text{-----}} \times 0.30 = \frac{10,000.00 \text{ m}^3}{\text{-----}} = \$ 2,700.00/\text{m}^3$$

INSTALACIONES Y DESMANTELAMIENTO

Instalación y desmantelamiento de Pta. de asfalto
Costo : \$ 1,200,000,000
Vol. a producir: 100,000.00 m³

$$\frac{\$ 1,200,000,000}{\text{-----}} = \frac{100,000.00 \text{ m}^3}{\text{-----}} = \$ 12,000.00/\text{m}^3$$

CARGO POR INST. Y DESMANT. = \$ 14,700.00/m3

HERRAMIENTA

3% de la Mano de Obra
.03 X \$ 231.76/m3

= \$ 6.95/m3

CARGO POR HERRAMIENTA = \$ 6.95/m3

COSTO DIRECTO = \$ 90,390.82/m3

REHABILITACION Y RESTITUCION DE PAVIMENTO
POR EL PROCEDIMIENTO DE CORTE DE CARPETA
Y RECICLADO DE LA MEZCLA ASFALTICA.

MAYO DE 1992

PRECIO No. 1

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO
UTILIZANDO PLANTA DE ASFALTO UDM-600

I.- MANO DE OBRA.

1.- Trazo y nivelación

3 Cadenero 1a. X \$ 32,339.61/tno. = \$ 97,198.82/tno.
1 Ayud. gral. 1a. X \$ 25,445.58/tno. = \$ 25,445.58/tno.

Rendimiento 8,000.00 m²/tno.

\$ 122,644.40/tno
----- = \$ 15.33/m²
8,000.00m²/tno

2.- Corte, carga y limpieza manual

.10 Cabo de oficios 1a. X \$ 39,138.78/tno. = \$ 3,913.88/tno
4 Ayudante general 1a. X \$ 25,445.58/tno. = \$ 101,782.32/tno

Rendimiento 18.00 m³/tno.

\$ 105,696.19/tno X 0.075m³/m²
----- = \$ 440.40/m²
18.00 m³/tno.

3.- Señalamiento provisional

1 Cabo de oficios 1a. X \$ 39,138.78/tno = \$ 39,138.78/tno.
1 Of. electricista 1a. X \$ 35,545.48/tno = \$ 33,545.48/tno.
6 Ayudante general 1a. X \$ 25,445.58/tno = \$ 152,673.47/tno.

Rendimiento 8,000.00 m²/tno.

\$ 225,357.74/tno.
----- = \$ 28.17/m²
8,000.00m²/tno

4.- Riego de liga con bachador en remates juntas y recargas

.10 Cabo de oficios 1a.	X	\$ 39,138.78/tno.	=	\$ 3,913.88/tno.
1 Ayudante general 1a.	X	\$ 25,445.58/tno.	=	\$ 25,445.58/tno.
				\$ 29,359.46/tno.

Rendimiento 2,520.00 m2/tno.

$$\frac{\$ 29,359.46/tno.}{2,520.00m2/tno.} = \$ 11.65/m2$$

5.- Tendido de mezcla asfáltica

1 Cabo de oficios 1a.	X	\$ 39,138.78/tno.	=	\$ 39,138.78/tno
6 Rastrillero 1a.	X	\$ 32,399.61/tno.	=	\$ 194,397.64/tno
2 Tornillero 1a.	X	\$ 32,399.61/tno.	=	\$ 64,799.21/tno
8 Ayudante general 1a.	X	\$ 25,445.58/tno.	=	\$ 203,564.63/tno
				\$ 501,900.26/tno.

Rendimiento 4,000.00 m2/tno.

$$\frac{\$ 501,900.26/tno.}{4,000.00 m2/tno.} = \$ 125.48/m2$$

CARGO POR MANO DE OBRA = \$ 621.03/m2

II. MATERIALES

1.- Señalamiento provisional

a) Luminoso

250 Cable uso rudo	X	\$ 3,456.45/m	=	\$ 864,112.50
75 Socket	X	\$ 1,500.00/pza	=	\$ 112,500.00
125 Foco 100 w	X	\$ 1,600.00/pza	=	\$ 200,000.00
				\$ 1,176,612.50

Se considera necesario para un area de 8,000.00 m2 y 20 usos

$$\frac{\$ 1,176,612.50}{8,000.00 m2 \times 20.00 usos} = \$ 7.35/m2$$

b) Metálico

30 Señal rest.30x120 cm X \$ 96,120.00/pza = \$ 2,883,600.00

6 Barrena portátil	X	\$ 406,000.00/pza	=	\$ 2,436,000.00
6 Señales con figura	X	\$ 96,120.00/pza	=	\$ 576,720.00
6 Señal. infor. 3.05x1.50	X	\$ 406,000.00/pza	=	\$ 2,436,000.00
6 Señal .6x.6	X	\$ 96,120.00/pza	=	\$ 576,720.00

\$ 8,909,040.00

Se considera necesario para un área de 8,000.00 m²
y 25 usos

$$\frac{\$ 8,909,040.00}{8,000.00 \text{ m}^2 \times 25.00 \text{ usos}} = \$ 44.55/\text{m}^2$$

2.- Emulsión RR-2K

Costo	\$ 450.00/lt
Consumo	.700 lt/m ²
Desperdicio	5.00 %

$$\$ 450.00/\text{lt} \times .70 \text{ lt}/\text{m}^2 \times 1.05 = \$ 330.75/\text{m}^2$$

3.- Agua para corte de carpeta

a).- EXTRACCION Y ACARREO DE AGUA

C. Básico "A"	\$ 14,950.11/m ³
Consumo	.025 m ³ /m ²
Desperdicio	3.00 %

$$\$ 14,950.11/\text{m}^3 \times 0.025\text{m}^3/\text{m}^2 \times 1.03 = \$ 384.97/\text{m}^2$$

b).- Mezcla asfáltica

FABRICACION DE MEZCLA ASFALTICA PLANTA DE ASFALTO UDM-600

C. Básico "B"	\$ 69,752.80/m ³
Desperdicio	5.00 %
Sobrecosto	
tno. nocturno	16.00 %
Mezcla por m ²	.050 m ³ /m ²

$$\$ 69,752.80/\text{m}^3 \times .05\text{m}^3/\text{m}^2 \times 1.05 \times 1.16 = \$ 4,247.95/\text{m}^2$$

$$\text{CARGO POR MATERIALES} = \$ 5,015.56/\text{m}^2$$

III.- MAQUINARIA

1.- Señalamiento provisional

Camión F-600 volteo de 6 m ³	
C. Horario	\$ 66,883.23/hr
Rendimiento	8,000.00m ² /tno.

Tiempos de acarreo locales de señales

Inicio de turno = 60.00 min.
 Retiro de turno = 60.00 min.
 Acom. en almacen = 90.00 min.

 210.00 min.

\$ 66,883.23/hr x 210.00 min.

\$ 29.26/m²

 8,000.00 m²/tno. x 60.00 min.

2.- Fresado de carpeta

1 Detector de metales X \$ 2,500.00/hr. = \$ 2,500.00/hr.
 1 Rotomill PR-750 X \$ 812,068.95/hr. = \$ 812,068.95/hr.

 \$ 814,568.95/hr.

Rendimiento 4,000.00 m²/tno.

\$ 814,568.95/hr.

----- x 8 hrs = \$ 1,629.14/m²

4,000.00 m²/tno.

3.- Barrido del producto del corte.

1 Tractor agricola X \$ 35,903.13/hr = \$ 35,903.13/hr
 1 Barredora mecánica X \$ 6,885.78/hr = \$ 6,885.78/hr
 1 Compresor SP-325D X \$ 38,796.93/hr = \$ 38,796.93/hr

 \$ 81,585.83/hr

Rendimiento 8,000.00 m²/hr.

\$ 81,585.83/hr.

----- x 8 hrs = \$ 81.59/m²

8,000.00 m²/hr.

4.- Acarreo producto del corte

Tarifa de fleteros 1er.km \$ 1,500.00/m³

Tarifa de fleteros km 2-20

21.00 km X 750.00/m³-km = \$ 15,750.00/m³

 \$ 17,250.00/m³

Mermas y desp. 5.00 %

Abundamiento 50.00 %

Coficiente .050 m³/m²

Distancia 30.00 km

\$ 17,250.00/m³ x 0.050 m³/m² x 1.50 x 1.05 = \$ 1,358.44/m²

5.- Riego de liga

1 Compresor SP-325D X \$ 38,796.93/hr = \$ 38,796.93/hr
 1 Petrolizadora 5900lt X \$ 70,224.56/hr = \$ 70,224.56/hr

 \$ 109,021.49/hr

Rendimiento 4,000.00 m²/tno.

\$ 109,021.49/hr

----- x 8 = \$ 218.04/m²
 4,000.00 m²/tno.

6.- Mezcla asfáltica

a).- Tendido y compactación

1 Pavimentadora SA-41 X \$ 132,575.21/hr. = \$ 132,575.21/hr
 1 Compactador AP-23 X \$ 69,497.03/hr. = \$ 69,497.03/hr
 1 Compactador CA-25A X \$ 84,126.74/hr. = \$ 84,126.74/hr
 1 Compactador RA-30 X \$ 40,014.71/hr. = \$ 40,014.71/hr

 \$ 326,213.69/hr

Tiempo 8.00 hrs.

Rendimiento 4,000.00 m²/tno

\$ 326,213.69/hr x 8.00 hrs

----- = \$ 652.43/m²
 4,000.00m²/tno.

b).- Acarreo

Tarifa fletero \$ 650.00/ton-km
 Dist. de acarreo 22.00 km
 Peso vol. mezcla 2.40 ton/m³
 Mermas y desp. 5.00 %
 Volumen .050 m³/m²

\$650.00/ton-km x 22.00km x 2.40ton/m³ x 1.05 x .050m³/m² = \$1,801.80/m²

c).- Tiempo de espera de camión

antes de descarga .40 hr
 Desperdicio 3.00 %

Camión F-600 volteo de 6 m³

C. Horario \$ 66,883.23/hr

\$ 66,883.23/hr x .40 hr. x .050 m³/m² x 1.03

----- = \$ 229.63/m²
 6 m³

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 6,000.32/m²

HERRAMIENTA

10% de la Mano de Obra
.10 X \$ 621.03/m²

= \$ 62.10/m²

CARGO POR HERRAMIENTA = \$ 62.10/m²

COSTO DIRECTO = \$ 11,699.01/m²

INDIRECTOS Y UTILIDAD 28.57% = \$ 3,342.41/m²

PRECIO UNITARIO = \$ 15,041.42/m²

REHABILITACION Y RESTITUCION DE PAVIMENTO
POR EL PROCEDIMIENTO DE CORTE DE CARPETA
Y RECICLAJO DE LA MEZCLA ASFALTICA.

MAYO DE 1992

PRECIO No. 2

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO
UTILIZANDO PLANTA DE ASFALTO DE
MICRO-ONDAS, (MICROWAVE).

I. MANO DE OBRA.

1.- Trazo y Nivelación

3 Cadenero 1a.	X	\$ 32,399.61/tno.	=	\$ 97,198.82/tno
1 Ayudante general 1a.	X	\$ 25,445.58/tno.	=	\$ 25,445.58/tno
				<hr/>
				\$ 122,644.40/tno

Rendimiento 8,000.00 m2/tno.

$$\frac{\$ 122,644.40/\text{tno.}}{8,000.00\text{m}2/\text{tno.}} = \$ 15.33/\text{m}2$$

2.- Corte, carga y limpieza manual

.10 Cabo de oficios 1a.	X	\$ 39,138.78/tno.	=	\$ 3,913.88/tno.
4 Ayudante general 1a.	X	\$ 25,445.58/tno.	=	\$ 101,782.32/tno.
				<hr/>
				\$ 105,696.19/tno.

Rendimiento 18.00 m3/tno.

$$\frac{\$ 105,696.19/\text{tn} \times 0.075\text{m}3/\text{m}2}{18.00 \text{ m}3/\text{tno.}} = \$ 440.40/\text{m}2$$

3.- Señalamiento provisional

1 Cabo de oficios 1a.	X	\$ 39,138.78/tno.	=	\$ 39,138.78/tno.
1 Of. electricista 1a.	X	\$ 33,545.48/tno.	=	\$ 33,545.48/tno.
6 Ayudante general 1a.	X	\$ 25,445.58/tno.	=	\$ 152,673.47/tno.

Rendimiento 8,000.00 m2/tno.

$$\frac{\$ 225,357.74/\text{tno.}}{8,000.00 \text{ m}2/\text{tno}} = \$ 28.17/\text{m}2$$

4.- Riego de liga con bachador en remates juntas y recargues

.10 Cabo de oficios 1a	X	\$ 39,138.78/tno.	=	\$ 3,913.88/tno.
1 Ayudante general 1a	X	\$ 25,445.58/tno.	=	\$ 25,445.58/tno.

Rendimiento 2,520.00 m²/tno.

$$\frac{\$ 29,359.46/\text{tno.}}{2,520.00 \text{ m}^2/\text{tno.}} = \$ 11.65/\text{m}^2$$

5.- Tendido de mezcla asfáltica

1 Cabo de oficios 1a.	X	\$ 39,138.78/tno	=	\$ 39,138.78/tno.
6 Rastrillero 1a.	X	\$ 32,399.61/tno	=	\$ 194,397.64/tno.
2 Tornillero 1a.	X	\$ 32,399.61/tno	=	\$ 64,799.21/tno.
8 Ayudante general 1a.	X	\$ 25,445.58/tno.	=	\$ 203,564.63/tno.

\$ 501,900.26/tno.

Rendimiento 4,000.00 m²/tno.

$$\frac{\$ 501,900.26/\text{tno.}}{4,000.00 \text{ m}^2/\text{tno.}} = \$ 125.48/\text{m}^2$$

CARGO POR MANO DE OBRA = \$ 621.03/m²

II. MATERIALES.

1. Señalamiento provisional

a) Luminoso

250 Cable uso rudo	X	\$ 3,456.45/m	=	\$ 864,112.50
75 Socket	X	\$ 1,500.00/pza	=	\$ 112,500.00
125 Foco 100 w	X	\$ 1,600.00/pza	=	\$ 200,000.00

\$ 1,176,612.50

Se considera necesario para un área de 8,000.00 m² y 20 usos

$$\frac{\$ 1,176,612.50}{8,000.00 \text{ m}^2 \times 20.00 \text{ usos}} = \$ 7.35/\text{m}^2$$

b) Metálico

30 Señal rest. 30x120cm	X	\$ 96,120.00/pza	=	\$ 2,883,600.00
6 Barrera portátil	X	\$ 406,000.00/pza	=	\$ 2,436,000.00
6 Señales con figura	X	\$ 96,120.00/pza	=	\$ 576,720.00

6 Señal infor. 3.05x1.05 X	\$ 406,000.00/pza	=	\$ 2,436,000.00
6 Señal .6x.6 X	\$ 96,120.00/pza	=	\$ 576,720.00
			\$ 8,909,040.00

Se considera necesario para un área de 8,000.00 m²
y 25 usos

$$\frac{\$ 8,909,040.00}{8,000.00 \text{ m}^2 \times 25.00 \text{ usos}} = \$ 44.55/\text{m}^2$$

2.- Emulsión RR-2k

Costo	\$ 450.00/lt
Consumo	.700 lt/m ²
Desperdicio	5.00 %

$$\$ 450.00/\text{lt} \times .70 \text{ lt}/\text{m}^2 \times 1.05 = \$ 330.75/\text{m}^2$$

3.- Agua para corte de carpeta

a).- EXTRACCION Y ACARREO DE AGUA

C. Básico "A"	\$ 14,950.11/m ³
Consumo	.025 m ³ /m ²
Desperdicio	3.00 %

$$\$ 14,950.11/\text{m}^3 \times .025 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1.03 = \$ 384.97/\text{m}^2$$

b).- Mezcla Asfáltica

FABRICACION DE MEZCLA ASFALTICA PLANTA DE MICRO-ONDAS

C. Básico "C"	\$ 90,390.82/m ³
Desperdicio	5.00 %
Sobrecosto	
tno. nocturno	16.00 %
Mezcla por m ²	.050m ³ /m ²

$$\$ 90,390.82/\text{m}^3 \times .05 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1.05 \times 1.16 = \$ 5,504.80/\text{m}^2$$

$$\text{CARGO POR MATERIALES} = \$ 6,272.42/\text{m}^2$$

III.- MAQUINARIA.

1.- Señalamiento provisional

Camión F-600 volteo de 6 m ³	
C. Horario	\$ 66,883.23/hr
Rendimiento	8,000.00m ² /tno.

Tiempos en acarreo locales de señales

$$\text{Inicio de turno} = 60.00 \text{ min.}$$

Retiro de turno = 60.00 min.
 Acom. en almacen = 90.00 min.

 210.00 min.

\$ 66,883.23/hr x 210.00 min.

 8,000.00 m2/tno. x 60.00 min. \$ 29.26/m2

2.- Fresado de carpeta

1 Detector de metales X \$ 2,500.00/hr = \$ 2,500.00/hr
 1 Roto mill PR-750 X \$ 812,068.95/hr = \$ 812,068.95/hr

 \$ 814,568.95/hr

Rendimiento 4,000.00 m2/tno.

\$ 814,568.95/hr
 ----- x 8 hrs = \$ 1,629.14/m2
 4,000.00 m2/tno.

3.- Barrido del producto del corte.

1 Tractor agricola X \$ 35,903.13/hr = \$ 35,903.13/hr
 1 Barredora mecánica X \$ 6,885.78/hr = \$ 6,885.78/hr
 1 Compresor SP-325D X \$ 38,796.93/hr = \$ 38,796.93/hr

 \$ 81,585.83/hr

Rendimiento 8,000.00 m2/hr

\$ 81,585.83/hr
 ----- x 8 hrs = \$ 81.59/m2
 8,000.00 m2/hr

4.- Acarreo producto del corte

Tarifa de fleteros 1er. km \$ 1,500.00/m3
 Tarifa de fleteros km 2-20
 9.00 km X 750.00/m3-km \$ 6,750.00/m3

 \$ 8,250.00/m3

Mermas y desp. 5.00 %
 Abundamiento 50.00 %
 Coeficiente .050 m3/m2
 Distancia 30.00 km

\$ 8,250.00/m3 x .05 m3/m2 x 1.50 x 1.05 = \$ 649.69/m2

5.- Riego de liga

1 Compresor SP-325D X \$ 38,796.93/hr = \$ 38,796.93/hr

1 Petrolizador 5900lt X \$ 70,224.56/hr = \$ 70,224.56/hr

 \$ 109,021.49/hr

Rendimiento 4,000.00 m2/tno

\$ 109,021.49/hr.
 ----- x 8 = \$ 218.04/m2
 4,000.00 m2/tno.

6.- Mezcla asfáltica

a).- Tendido y compactación

1 Pavimentadora SA-41 X \$ 132,575.21/hr = \$ 132,575.21/hr
 1 Compactador AP-23 X \$ 69,497.03/hr = \$ 69,497.03/hr
 1 Compactador CA-25A X \$ 84,126.74/hr = \$ 84,126.74/hr
 1 Compactador DA-30 X \$ 40,014.71/hr = \$ 40,014.71/hr

Tiempo 8.00 hrs
 Rendimiento 4,000.00 m2/tno.

\$ 326,213.69/hr x 8.00 hrs
 ----- = \$ 652.43/m2
 4,000.00 m2/tno.

b).- Acarreo

Tarifa fletero \$ 650.00/ton-km
 Dist. de acarreo 10.00 km
 Peso vol. mezcla 2.40 ton/m3
 Mermas y desp. 5.00 %
 Volumen .050 m3/m2

\$ 650.00/ton-km x 10.00km x 2.40ton/m3 x 1.05 x .050m3/m2 = \$ 819.00/m2

c).- Tiempo de espera de camión

antes de desgarga .40 hr
 Desperdicio 3.00 %

Camión F-600 volteo de 6 m3
 C. Horario \$ 66,883.23/hr

\$ 66,883.23/hr x .40 hr x .050 m3/m2 x 1.03
 ----- = \$ 229.63/m2
 6 m3

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 4,308.78/m2

HERRAMIENTA

.10 de la Mano de Obra
 .10 X \$ 621.03/m2 = \$ 62.10/m2

CARGO POR HERRAMIENTA	=	\$ 62.10/m ²
COSTO DIRECTO	=	\$ 11,264.32/m ²
INDIRECTOS Y UTILIDAD 28.57%	=	\$ 3,218.22/m ²

PRECIO UNITARIO	=	\$ 14,482.54/m ²

REHABILITACION Y RESTITUCION DE PAVIMENTO
POR EL PROCEDIMIENTO DE CORTE DE CARPETA
Y RECICLADO DE LA MEZCLA ASFALTICA.

MAYO DE 1992

PRECIO No. 3

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO
PRECIO UNITARIO Y TABULADOR

B1A1A1 Trazo y nivelación

Precio tabulador	\$ 507.00/m2		
Fact. de act.	1.0847		
\$ 507.00/m2 X 1,0847	=	\$ 549.94/m2	

EAT1A1 Fresado de carpeta asfáltica

Precio tabulador	\$ 70,626.00/m3		
Fact. de act.	1.0565		
Consumo	.05 m3/m2		
\$ 70,626.00/m3 X 1.0565 X .05 m3/m2	=	\$ 3,730.82/m2	

ACARREO DE PRODUCTO DEL CORTE

B4C1M1 Acarreo primer kilómetro

Precio tabulador	\$ 7,725.00/m3		
Fact. de act.	1.0847		
Mermas y desp	5.00 %		
Abundamiento	50.00 %		
Coefficiente	.05 m3/m2		
\$ 7,725.00/m3 X 1.08 X 1.05 X 1.50 X .05 m3/m2	=	\$ 659.87/m2	

B4C1M2 Acarreo kilómetros sub-secuentes

Precio tabulador	\$ 922.00/m3		
Fact. de act.	1.0847		

Mermas y desp	5.00 %
Abundamiento	50.00 %
Kilometraje	21.00 Km
Coficiente	.05 m3/m2

$$\$ 922.00/m^3 \times 1.08 \times 1.05 \times 1.50 \times 21.00 \text{ km} \times .05 m^3/m^2 = \$ 1,653.90/m^2$$

EA3T6A Barrido de la superficie

Precio tabulador	\$ 1,148.00/lt
Fact. de act.	1.0565
Consumo	.50 lt/m2

$$\$ 1,148.00/lt \times 1.0565 \times .50 \text{ lt}/m^2 = \$ 606.43/m^2$$

MEZCLA ASFALTICA 5 CM DE ESPESOR

EA2B2A Con carga y acarreo a primer kilómetro

Precio tabulador	\$ 11,631.00/m2
Fact. de act.	1.0565
Mermas y desp	5.00 %

$$\$ 11,631.00/m^2 \times 1.0565 \times 1.05 = \$ 12,902.56/m^2$$

EA2B3B Incremento por km subsecuente de acarreo

Precio tabulador	\$ 1,486.00/m2
Fact. de act.	1.0565
Mermas y desp	5.00 %
Kilometraje	21.00 km
Coficiente	.05 m3/m2

$$\$ 1,486.00/m^2 \times 1.05 \times 1.05 \times 21.00 \text{ km} \times .05 m^3/m^2 = \$ 1,730.88/m^2$$

$$\text{PRECIO UNITARIO POR TABULADOR} = \$ 21,834.40/m^2$$

P R E S U P U E S T O .

REHABILITACION DE PAVIMENTO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS
SUBTRAMO: KM 36+500 - KM 158+500, TRAMO: SAN JUAN DE
LOS LAGOS-ZAPOTLANEJO, CARRETERA SAN LUIS POTOSI,
GUADALAJARA

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	FRESADO DE 7.5 CM DE ESPESOR	M3	13752	\$ 82,374.78	\$ 1,132,817,974.56
2	APLICACION DE MORTERO ASFALTICO DE 10CM	M2	250000	\$ 10,365.53	\$ 2,591,382,500.00
3	APLICACION DE MEZCLA ASFALTICA	M2	786000	\$ 13,735.32	\$10,795,961,520.00
4	CARPETA ASFALTICA RECICLADA DE 5 CM DE ESPESOR	M2	493715	\$ 15,041.42	\$ 7,426,174,675.30
5	VARIOS	PZA			\$18,354,275,330.14
				TOTAL PRESUPUESTO	\$40,300,612,000.00

ANALISIS DEL COSTO FINANCIERO

FINANCIAMIENTO.

$$NF = CV[(TC/2)+PE+TP]-[(PV/TC) \times PE2Xn((N+1)/2)]-[va2/VE]+[VR((TC/2)+TR)]$$

$$Y \quad F = \frac{(NF \times i) - VR \times TR \times IR}{CV}$$

NF = Necesidad de financiamiento (millones-mes)

CV = Costo venta = PV - U (millones)

TC = Tiempo de construcción (meses)

PE = Período entre estimaciones (meses)

TP = Tiempo de pago estimaciones (meses)

PV = Precio de venta (millones)

$$n = \frac{TC}{PE}$$

VA = Valor anticipo (millones)

VR = Valor retenido (millones)

TR = Tiempo del retenido después de entregar la obra (meses)

IR = Interés en su caso que genere el retenido (decimal)

F = Financiamiento en forma decimal

i = Tasa de interés mensual que opere en esa época para adquisición de dinero (decimal)

VE = Valor de estimación media

$U = \text{Utilidad}$

$NF = 7$

$CV = PV - U = 40,300,612 - 3,598,845 = 36,701,767.58$

$TC = 23 \text{ meses}$

$PE = 1 \text{ mes}$

$TP = 1 \text{ mes}$

$PV = 40,300,612.26$

$U = 3,598,844.67$

$$n = \frac{TC}{PE} = \frac{23}{1} = 23$$

$VA = 12,090,183.68$

$VR = 0$

$TR = 0$

$IR = 0$

$i = .0780\%$

$VE = 1,752,200.53$

APLICANDO LA FORMULA SE OBTIENE:

$NF = 471,740,845.58$

POR LO QUE:

$$F = \frac{471,740,845.58 \times .0007800}{36,701,767.58} = .0100$$

$F = 1.00\%$

INDIRECTOS, UTILIDADES Y CARGOS ADICIONALES

I. INDIRECTOS

A) Oficinas Centrales.

1.- Gastos Generales	3.00% de P.U.	
2.- Fianzas y Seguros	1.00% de P.U.	
3.- Financiamiento	1.00% de P.U.	

	5.00% de P.U.	5.00% de P.U.

B) Obras.

1.- Gastos Generales	4.00% de P.U.	
2.- Traslado de Equipo	4.00% de P.U.	
3.- Campamentos	1.50% de P.U.	
4.- Vigilancia	1.00% de P.U.	
5.- Comunicaciones	.50% de P.U.	
6.- Imprevistos	1.94% de P.U.	

	12.94% de P.U.	12.94% de P.U.

II. UTILIDAD BRUTA - - 8.93%

1.- I.S.R.		
8.93 x 0.36	3.21% de P.U.	
2.- Utilidad propiamente dicha		
8.93 - 3.21	5.72% de P.U.	8.93% de P.U.

III. CARGOS ADICIONALES

1.- Obra de Beneficio Regional o social.	1.00% de P.U.	
2.- Derechos por inspección S.P.P. (Art. 49)	.50% de P.U.	
3.- Capacitación.	.20% de P.U.	1.70% de P.U.

	T O T A L :	28.57% de P.U.

Expresamos esos cargos de acuerdo a las bases y normas generales para la construcción de ejecución de Obras:

Públicas.

Costo Directo: $100 - 28.57 = 71.43$

12.94×100

Costo Indirecto: ----- = 18.11 del C.D.

71.43

8.93×100

Utilidad: ----- = 10.58 de C.D. + C. IND.

$71.43 + 12.94$

1.70×100

Cargos adicionales: ----- = 1.82 de C.D.+ C.IND. + U.

$71.43 + 12.94 + 8.93$

28.57×100

Factor: ----- = 40.00 de C.D.

71.43

CAPITULO XI

C A P I T U L O X I .

ALCANCE DE LOS TRABAJOS.

Todas las actividades iban de acuerdo al programa de obra durante los primeros meses de la misma, sin embargo los estudios realizados a los bancos de materiales eran erróneos y provocaron desviaciones, ya que se agotaron rápidamente y los que se tenían como reserva no satisficieron la demanda del contratista.

Lo anterior motivó a la dependencia a cambiar totalmente las especificaciones de la obra haciendo a un lado el reciclado en caliente de la mezcla. Con la finalidad de no sufrir una desviación muy fuerte en su presupuesto, la contratista le planteó un estudio de mezcla reciclada en frío que significaba una buena solución al problema.

Realmente el reciclado fue la solución al conflicto ya que la falta de material hubiera representado una mayor desviación con una planta de mezcla normal.

Las adecuaciones que se están efectuando en este tramo permiten racionalizar el tránsito que se tiene en las dos poblaciones, con la finalidad de que una vez terminada la autopista el conductor tenga capacidad de elección entre las dos vías.

Se ha logrado abatir la pérdida de tiempo gracias a la producción de la perfiladora y a la textura que proporciona el fresado, logrando con esto avance en algunas actividades.

CAPITULO XII

CAPITULO XII.

ANALISIS DE RESULTADOS.

Comparando los costos para la rehabilitación y restitución de pavimentos se observa una diferencia de 31% entre la planta UDM-600 y el procedimiento tradicional. Mientras el micro-ondas muestra una diferencia con el tradicional del 34%.

Si se analizan los resultados y los beneficios que trae el uso de reciclados en la zona urbana, se puede hacer notar la necesidad de exigir a las constructoras la inclusión de técnicas nuevas que optimicen los presupuestos destinados a este concepto.

Como se mencionó, la contaminación y daño ambiental que se provoca disminuye notablemente con la utilización de estos métodos, cabe destacar que el micro-ondas lo elimina casi en su totalidad. Sin embargo, por los costos de instalación es conveniente empezar con reciclados de mezcla en caliente y una vez que se logre cambiar la mentalidad de las autoridades y comprueben el beneficio que aportan estos sistemas, vendrá un cambio de especificaciones que harán rápidamente amortizable la adquisición de estos equipos.

El objeto de analizar los recursos necesarios es demostrar que las autoridades deberían estudiar los análisis y los rendimientos de la maquinaria involucrada para así hacer más competitivo el mercado dedicado a estos trabajos. En el caso del

perfilado se optimiza el 50% de los recursos.

La aplicación del mortero asfáltico puede redituar el triple si se manejan adecuadamente los recursos. Por ejemplo:

El concepto del reciclado en el pavimento tiene un importe de: \$ 7,426'174,675.30 que por el procedimiento normal costaría \$ 10,838'915,429.80 obteniéndose un ahorro de \$ 3,412'740,754.50

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

La contaminación de aire asociada con las mezclas estabilizadas con asfalto de reciclado en operaciones de mezcla caliente a través de una planta central, ha sido identificada como punto de investigación de alta prioridad. Una solución completa al problema requerirá la participación de instancias gubernamentales, instituciones de investigación, fabricantes de equipo y contratistas.

Los costos y consumos de energía asociados con operaciones de reciclado necesitan ser establecidos si el ingeniero ha de seleccionar la alternativa de rehabilitación apropiada.

Los pavimentos deben ser diseñados de forma tal que las técnicas de rehabilitación representen un ahorro de energía y costo en comparación de los pavimentos construídos con materiales convencionales.

El reciclado de pavimentos, la reutilización de materiales de desperdicio y subproductos industriales así como los de la carretera proporcionan la oportunidad de reducir el problema de aprovisionamiento de agregado en determinadas áreas.

Con los equipos que actualmente se dispone es posible lograr rendimientos aceptables y económicos de cada uno de los tres métodos de transferencia de calor que trabajan en una planta de

asfalto de mezcla en tambor y flujo paralelo por radiación, por convección y por conducción.

El reciclado de mezclas asfálticas en caliente va a jugar un papel de creciente importancia en el futuro de la industria de la construcción. La economía inflacionaria y la escasez de energía, combinadas con los adelantos en equipos y métodos tiende a aumentar el entusiasmo por el reciclado de mezcla en caliente.

Como se puede observar el procedimiento micro-ondas aporta un beneficio mayor que el UDM-600, sin embargo, su instalación es muy costosa y su aceptación no ha sido muy favorable. Como cualquier procedimiento nuevo tendrá que esperar una oportunidad.

Por el análisis de costos efectuado es necesario comercializar estos procedimientos ya que el ahorro que aportan tiene que tomarse en cuenta.

En conclusión es necesario que las autoridades adapten sus especificaciones a las necesidades actuales de los procedimientos constructivos, ya que en caso de no hacerlo las constructoras no tendrán la posibilidad de competir en otros mercados y nuestro país se verá saturado de compañías extranjera.

La parte económica de este análisis muestra el beneficio que le traerá a su presupuesto, además el daño ecológico disminuye notablemente en comparación de los demás métodos.

La inversión que se tiene que hacer para instalar estas plantas puede amortizarse rápidamente por la diversidad de funciones que tiene.

BIBLIOGRAFIA

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

1. Browne, R.B. y M.C. Hironada. *Reciclamiento de los pavimentos de Concreto Asfáltico de las aeropistas, laboratorio naval de Ingeniería Civil, Part. Huneme California. 1978.*

2. Dunning, Robert, L. "Descripción de un método de laboratorio para determinar la cantidad de aditivo par los asfaltos reciclados". Robert L. Dunning Petroleum Sciences, 1977. Spodane, Washington.

3. Fernández del Campo, J. A. "Pavimentos bituminosos en frío". Editores Técnicos Asociados, S. A. Barcelona, España. 1983.

4. Caneesa, W. "Cyclogen TM para reciclamiento de los pavimentos asfálticos deteriorados ya sea en el lugar" Wilco Chemical Corp. California, 1977.

5. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de Infraestructura. "Materiales Asfálticos Utilizados en Pavimentación". Dirección General de Servicios Técnicos, México, 1987.

6. Instituto Brasileño del Petróleo. Comisión del Asfalto. "Informaciones Básicas sobre Materiales Asfálticos".

7. Brock, J.D. 1989. "Oxidation of Asphalt". ASTEC Technical Paper T-103.

8. Brock, J.D., May, J. 1989. "Lights Oils in Asphaltic". ASTEC. Technical Paper T-116.

9. Brock, J.D., May, J. 1989. "Segregations, causes and cures". ASTEC. Technical Paper T-117.

10. Brock, J.D., Wagner, L. 1989. "Trucking out of our control Cost". ASTEC Technical Paper T-118.

11. Smith, W.N. 1989. "Asphalt Heating". ASTEC. Technical Paper T-111.

12. Manual del Instituto del Asfalto Series 17, MS-17, 1969.
Procedimiento para seleccionar el lugar de muestreo empleando técnicas al asar.

13. Barber-Greene Company. "Bituminous Construction Handbook".
Aurora, Illinois, USA.