

Reciclado de pavimentos en carreteras

El presente trabajo abarca el estudio de las tecnologías que se emplean en el Mundo y en la actualidad para la construcción y conservación de pavimentos de carreteras, en especial las que se emplean en los pavimentos asfálticos, siendo una tendencia actual a nivel mundial de reutilizar todo lo que sea posible, para disminuir los costos así como los impactos negativos al medio ambiente.

El pavimento de una carretera está sujeto a la acción continua del tráfico y de la meteorología. Estos dos factores, junto con el envejecimiento natural de los materiales, hacen que el firme sufra un proceso de progresivo deterioro. Este envejecimiento y deterioro del firme conlleva una disminución paulatina en los niveles de seguridad y confort del tráfico, que al sobrepasar ciertos valores hacen necesaria una operación de conservación.

La conservación de la red vial es en la actualidad un aspecto de gran importancia debido a los recursos que moviliza. El presupuesto necesario para el mantenimiento, así como los problemas ambientales que de él se derivan, justifican la búsqueda de nuevas técnicas que permitan reducir costos y protejan el medio ambiente. En este contexto, el reciclado, como medio de racionalizar los recursos, se convierte en una necesidad.

El desecho de los materiales envejecidos del firme, además de provocar problemas relacionados con la adquisición de nuevas materias y con su vertido, resulta contraproducente desde el punto de vista técnico, ya que pese a estar envejecidos, conservan buena parte de sus cualidades. El fresado y reutilización del conglomerado asfáltico comporta un gran ahorro, ya que requiere sólo de un 1% a un 3% de betún adicional, mientras que un nuevo hormigón asfáltico puede necesitar más del 6%. Este

aspecto, junto con el reducido coste de transporte y la escasa energía necesaria para la producción de un firme reciclado, hacen que el ahorro energético sea importante respecto de la construcción convencional de pavimentos.

El reciclado es una técnica de rehabilitación de carreteras que consiste en la reutilización de los materiales procedentes de las capas del pavimento que ya han estado en servicio y que han perdido propiedades, pero pueden ser reutilizados.

Un primer precedente del empleo de las técnicas de reciclado se dio después de la Segunda Guerra Mundial, cuando para reparar las carreteras secundarias afectadas por la misma se puso en práctica en el Reino Unido un procedimiento llamado "Retread Process" o proceso de recauchutado.

Clasificación de las tecnologías de reciclado de los pavimentos flexibles.

En función del lugar donde se lleva a cabo la mezcla:

- Reciclado "in situ"
- Reciclado "en planta"

En función de la temperatura de elaboración y colocación de la mezcla

- Reciclado en frío
- Reciclado en caliente

En función del ligante añadido:

- Con cemento o betún asfáltico
- Con emulsiones asfálticas
- Con aglomerante hidráulico como el cemento Pórtland.

Generalmente cada proceso de reciclado está formado por la combinación de las tecnologías mencionadas anteriormente, como se describe a continuación.

Reciclado In-situ

Las máquinas de reciclado han evolucionado a través de los años, desde las primeras máquinas modificadas para fresar y estabilizar suelos, hasta las recicladoras especializadas utilizadas hoy en día. Estas recicladoras son especialmente diseñadas para lograr la capacidad de reciclar capas de pavimento de gran espesor en una sola pasada. Las recicladoras modernas tienden a ser máquinas grandes y potentes, las cuales pueden estar montadas sobre orugas o sobre neumáticos de flotación.

Reciclado "in situ" en caliente.

Son utilizados cuando no existen problemas de insuficiencia estructural en los pavimentos, sino cuando hay problemas con la función del ligante asfáltico, excesivo pulimento de la superficie, desgaste de los áridos o pérdida de la textura superficial, este reutiliza la totalidad de los materiales extraídos del firme envejecido mediante un tratamiento con aportación de calor que se realiza en el mismo lugar de la obra. El firme se calienta mediante unos quemadores y se fresa un grosor determinado. Este material es mezclado normalmente con agentes químicos rejuvenecedores y con una nueva mezcla. Finalmente, la nueva mezcla se extiende y se compacta mediante los procedimientos convencionales.

Reciclado "in situ" en frío con cemento.

Este es un procedimiento que se basa en el fresado en frío de un cierto grosor del firme envejecido y el mezclado de este material con un conglomerante hidráulico (cemento normalmente). El nuevo material se extiende y se compacta definiendo una sólida base para posteriores refuerzos.

El reciclado in situ con cemento es una alternativa para el refuerzo estructural de firmes agotados cuya aceptación y popularidad es cada vez mayor en todo el mundo. Ello es debido a varios factores: los avances en las recicladoras, los distribuidores de conglomerante y los equipos de compactación; un mejor conocimiento de las propiedades de los materiales reciclados con cemento; el comportamiento de muchos firmes reciclados con esta técnica; la posibilidad de contar con empresas de gran experiencia; y la reducción de los costos que es posible conseguir en comparación con otras opciones de rehabilitación.

En la actualidad el reciclado con cemento es una técnica muy utilizada en un gran número de países, entre sus líderes están: Australia, Estados Unidos, Francia, Sudáfrica y España. Sus aplicaciones no se limitan solo a firmes de carreteras, también se han utilizado en algunos aeropuertos.

Como resultado de esta amplia experiencia, el reciclado con cemento, empleado en un principio únicamente en vías de baja intensidad de tráfico, se aplica ya en carreteras con un importante volumen de vehículos pesados.

Reciclado "in situ" en frío con emulsiones bituminosas (RFSE).

El reciclado en frío "in situ" de firmes y pavimentos de carreteras consiste en la reutilización de materiales procedentes de las capas de firme existente, después de su disgregación por fresado, de su mezclado y homogeneización con emulsión bituminosa, agua de envuelta y, eventualmente, árido de corrección y aditivos, y de su extendido y compactación en el propio lugar de extracción

Esta técnica, permite reutilizar la totalidad de los materiales extraídos del firme envejecido en condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales muy favorables.

Reciclado en planta

Este reciclado se logra mediante el transporte del material recuperado de un pavimento existente a un depósito central, donde el material se trabaja con una unidad de procesamiento (como un mezclador continuo

Este procedimiento permite reciclar el conjunto o sólo una cierta proporción de material envejecido mediante una central asfáltica adaptada. Al ser el porcentaje de material envejecido relativamente bajo, esta metodología permite corregir problemas graves de dosificación o calidad de los materiales.

El tratamiento en planta permanece siempre como una opción que debería ser considerada cuando el reciclado tiene aplicación, particularmente en aquellos proyectos que requieren una mezcla de materiales vírgenes a ser tratados, y también cuando son tratados con asfalto espumado y luego almacenados en acopios para su uso posterior.

Método de trabajo

Reciclado en frío in situ de firmes con cemento

Ejecución

La ejecución de una obra de reciclado in situ con cemento se desarrolla, en general, de acuerdo con el siguiente proceso:

- Preparación de la superficie existente (barrido para eliminar los materiales perjudiciales como trozos de arcilla o materia orgánica).
- En caso necesario, corrección granulométrica mediante el aporte de nuevos materiales, machaqueo o cribado.
- Extensión del cemento.
- Escarificado del firme existente en la profundidad requerida.

- Humectación
- Mezclado
- Ejecución de juntas (pre-fisuración)
- Compactación inicial
- Refino eventual
- Compactación final
- Extensión del riego de curado o de protección y de las capas superiores de mezcla bituminosa

Según el sistema de reciclado y los equipos empleados, las distintas operaciones anteriores pueden agruparse o solaparse. En ocasiones es preciso realizar un tratamiento previo con cal, como se ha indicado anteriormente.

En caso de que conjuntamente con el reciclado haya que efectuar un ensanche de la calzada, previamente hay que excavar una zanja con la profundidad adecuada a uno o los dos lados de la misma, que deberá ser rellenada preferentemente con un material de características semejantes al existente en el firme a reciclar.

Equipos para la ejecución de reciclados in situ con cemento

El reciclado in situ es una técnica en la que se puede utilizar una gran variedad de equipos. En lo que se refiere a los equipos para realizar el reciclado propiamente dicho los de tipo agrícola únicamente son aceptables en obras de muy poca importancia, por su escasa potencia, deficiente calidad de mezclado y reducido espesor de tratamiento. Durante la ejecución de las obras se debe realizar un control de procedencia de los materiales y un control de producción, los puntos a controlar son los siguientes:

- Materiales de aportación: áridos, cemento, agua
- Granulometría del material reciclado

- Homogeneidad de la mezcla
- Compactación
- Profundidad del tratamiento
- Aspecto superficial y geometría

En lo que se refiere al control de la compactación, normalmente se suele llevar a cabo con sonda nuclear. Cuando, como es habitual, el material reciclado contiene una proporción más o menos importante de mezcla bituminosa, es preciso realizar calibraciones para tener en cuenta la influencia de la misma en la humedad registrada por la sonda y, en consecuencia, también en la densidad seca calculada a partir de dicha medida.

Sobre la capa terminada se establecerán lotes de una dimensión máxima no superior, a 3.000 m² o a la superficie construida en un día, a los que se aplicarán los siguientes criterios de aceptación o rechazo:

- Espesor del material reciclado
- Resistencias mecánicas
- Nivelación
- Anchura de reciclado
- Regularidad superficial
- Deflexiones a corto y largo plazo
- Control de grietas reflejadas en el firme.

Reciclado en Frío "In Situ" con Emulsión Bituminosa

Ejecución

- **Fresado en frío del material a tratar:** La superficie a reciclar debe estar exenta de agua, vegetación, basuras, tierras, etc. También se debe haber realizado un

saneo previo de los blandones, baches, etc., que se haya decidido eliminar en función de la inspección visual previa.

- **Aportación de aditivos, emulsión y agua:** La aportación eventual de áridos se realizará mediante su extensión previa sobre el pavimento a fresar. Los aditivos (cal y/o cemento) así como el agua y la emulsión se agregarán al material fresado preferentemente por vía líquida mediante dosificación directa en la mezcla por contadores volumétricos e inyección en la cámara de fresado.
- **Extendido:** El extendido de la mezcla debe realizarse con un equipo de nivelación con precompactador y contención lateral
- **Acabado de la superficie:** Tras el fresado, el sistema de mezclado produce un "caballón" central, consiguiendo una homogeneización de la mezcla, que es distribuido primero por un sinfín y posteriormente es extendido y precompactado por la extendedora acoplada a la máquina. Se deberá vigilar especialmente que no se produzca segregación en el proceso, para ello la cinta debe recoger todo el material fresado para homogeneizarlo en la extendedora.
- **Compactación:** Se regirá por los criterios decididos en el tramo de prueba.
- **Juntas:** Las juntas longitudinales se solaparán a unos 20 cm, y se compactarán con el rodillo de llantas. En las zonas de juntas se actuará manualmente para evitar el derrame del producto fuera de la caja fresada durante el proceso de compactación.
- **Tiempos de curado:** El tiempo de curado de la emulsión, para la extensión de una capa superior, será el suficiente para que el contenido de humedad en el material reciclado sea inferior al 1,0 %.

- **Riegos de protección:** Si durante el proceso de maduración se prevén lluvias o hubiera que dar paso al tráfico, se justificará el empleo de riegos (poco densos), de emulsión. Estos riegos se ejecutarán con emulsión de rotura rápida y con dotaciones de 200 a 300 gr/m².

Reciclado "in situ" en Frío con Asfalto Espumado

El reciclado en frío in-situ de pavimentos flexibles con asfalto espumado se define como el proceso y tratamiento, con material bituminoso en forma de espuma, de un pavimento existente sin aplicación de calor, para producir una capa de pavimento restaurada.

El asfalto espumado se logra mediante un proceso físico, en el cual se inyecta una pequeña cantidad de agua fría (1,0 a 2,0% del peso del asfalto) y aire comprimido a una masa de cemento asfáltico caliente (160°C - 180°C), dentro de una cámara de expansión generando espuma espontáneamente. El reciclado se logra utilizando una máquina recicladora autopropulsada, utilizada para el procesamiento del pavimento existente e incorporación del asfalto espumado. Durante el proceso de pulverizado se agrega asfalto espumado mediante un sistema de válvulas, más el agua necesaria para la compactación. El material reciclado queda detrás de la recicladora a medida que ésta avanza, para su posterior compactación y perfilado con maquinaria tradicional.

Reciclado "in situ" en caliente

- **Reciclado superficial.-** Se usa para corregir principalmente deterioros superficiales menores, rehabilitándose espesores típicos de carpeta de 2 a 4 cm, con el uso de un agente rehabilitador, sin adicionar mezcla o agregado virgen.

Técnicas de rehabilitación superficial:

- Sección con reciclado en caliente en el lugar (Repavimentación)
- Sección con sustitución de carpeta por medio de fresado y colocación de mezcla nueva.

La capacidad estructural de ambas secciones es la misma, con una expectativa de vida útil de la rehabilitación de 10 años en las dos secciones.

En este caso el costo inicial de la sección con reciclado es 23% menor al de la sección con sustitución de carpeta. Además las molestias y riesgos de seguridad para el usuario son menores en este caso, pues todas las operaciones se realizan en un solo paso

- **Remezclado:** Se usa cuando se requieren modificaciones significativas de las propiedades físicas de la carpeta existente para corregir fallas específicas. Cambios en las características del agregado, contenido y grado del asfalto, propiedades de la mezcla, pueden realizarse con una apropiada selección de la mezcla de aporte y del agente rehabilitador. Con esta técnica típicamente se rehabilitan espesores de carpeta de 2.5 a 7.5 cm.
- **Repavimentación.-** Se usa si las dos técnicas anteriores no pueden restaurar el perfil del pavimento o los requerimientos de la superficie como la fricción; si la aplicación de una sobrecapa posterior de mezcla en caliente no es práctica; si se requiere una capa de rodamiento a base de una mezcla en caliente o una mezcla especial; si una cantidad significativa de pavimento es requerida, por ejemplo 5 cm o menos.

Rangos de durabilidad de los diferentes tipos de reciclado en caliente

- Reciclado superficial sin tratamiento superficial subsecuente: 2 a 4 años
- Reciclado superficial con tratamiento superficial subsecuente: 6 a 10 años
- Remezclado: 7 a 14 años
- Remezclado con subsecuente sobrecarpeta en caliente: 7 a 15 años
- Repavimentación: 6 a 15 años

Requisitos a cumplir para garantizar la calidad de los trabajos

- Analizar la estructura y condiciones existentes
- Corregir los problemas de drenaje y capas subyacentes
- Utilizar un adecuado proceso de diseño
- Seleccionar los mejores materiales y métodos, utilizando especificaciones relacionadas con el desempeño
- Contar con guías para la construcción y especificaciones para el control de calidad.

Reciclados en planta de asfalto: Se le denomina cuando la tecnología propicia la elaboración de la mezcla en la propia planta, Puede efectuarse de dos maneras, en caliente (obteniéndose HAC) y en frío (obteniéndose HAF). Existen las plantas continuas, discontinuas y las de últimas generación, las especiales o de microondas.

Reciclado en planta de asfalto en caliente: Este reciclado consiste en la reutilización de los materiales recuperados (RAP) de las capas envejecidas del pavimento asfáltico o flexible, mediante fresado o demolición mecánica, además de mezclas nuevas por no haber cumplido con las especificaciones o exigencias del proyecto, para su posterior tratamiento en una planta de fabricación de mezclas asfálticas en caliente.

Estos son mezclados con áridos vírgenes, asfalto y agentes rejuvenecedores en ocasiones en las proporciones adecuadas para producir nuevas mezclas que cumplan con

los requerimientos de calidad, resistencia y durabilidad exigidos para el tipo de capa asfáltica que serán utilizados. También deben cumplir con las prescripciones exigidas a las mezclas asfálticas en caliente convencionales. Actualmente para la fabricación de nuevos hormigones asfálticos la tasa de reciclado utilizada está entre 10-50%, con excelentes resultados propiciados principalmente por el buen control de calidad de la mezcla fabricada y de la utilización de agentes rejuvenecedores.

El proceso de fresado o demolición de las capas asfálticas se realiza retirando las mezclas en forma de bloques, extraídos con palas, martillos neumáticos rompedores o con masas de caída libre o mediante los escarificadores de los Buldóceres, si se trata de la eliminación completa del conjunto de las mezclas. Empleando el fresado se utiliza la misma maquinaria que para los reciclados "in situ", eliminándose una parte de la capa asfáltica del pavimento flexible. Este material es trasladado a la planta donde es machacado o triturado, ensayándolo para ver las propiedades de los materiales componentes, así como clasificación granulométrica y adicionado para elaborar nuevas mezclas.

Existen 2 formas de recuperar los materiales de las capas de los pavimentos por fresado o por demolición mecánica:

1) Fresado: Es utilizada cuando se quiere solo recuperar cierto espesor con el fin de dejar una superficie plana y regular para un extendido posterior de nuevas capas asfálticas. La granulometría del material fresado depende principalmente de factores como: el espesor y el estado de la capa a fresar; el tipo de fresadora empleada y la velocidad de avance de la misma. Este proceso proporciona varias ventajas entre las que están el fresado de un carril completo dependiendo de su faja de trabajo, así como la rugosidad para la posterior

pavimentación de la capa superior evitando problemas de interface, además de que se eliminan las huellas dejadas por daños como deformación permanente.

Existe tres tipos de fresados, a continuación se definen cada uno de ellos

- **Fresado superficial:** Es utilizado para corregir problemas superficiales, por lo tanto no produce aporte estructural al pavimento. En países europeos es llamado microfresado.
- **Fresado poco profundo:** Es utilizado para espesores de capas asfálticas, con la que es posible realizar bacheos superficiales. Al igual que el anterior fresado no produce aporte estructural al pavimento.
- **Fresado profundo o a profundidad total:** Este produce aporte estructural al pavimento. Este llega a niveles profundos pudiendo alcanzar a la base o sub-base.

2) **Demolición mecánica:** Es usada normalmente cuando no existen requisitos precisos de reutilización posterior o de saneamiento de un determinado espesor del pavimento reciclado, en este caso el material sale en forma de bloques

AUTOR: CAPT. DE ING. DIEGO LÓPEZ CASTILLO