



TECNICA

Criterios a considerar en los reciclados en la obra vial

Por H.G. Botasso, E.A. Fensel, J.D. Sota, J.J., M.E. Rosatto y J.J. Añón Suárez

El avance en estas líneas de trabajo ha llevado a jerarquizar las técnicas de reutilización de materiales ya dispuestos en las obras, la ejecución de microcapas, la menor explotación de canteras, entre otros tópicos, tendientes a disminuir el impacto ambiental de las obras y su costo. En los métodos de determinación de refuerzos se fueron considerando alternativas estructurales que involucran capas recicladas o con utilización de residuos, a las cuales se las debe valorar y/o comparar con parámetros diferentes a los de una obra nueva. La menor generación de residuos en el proceso constructivo debería ser un tema a considerar y en el cual se han logrado significativos avances.

Dada esta realidad, en la que la actividad vial se centrará fuertemente en el cuidado de los recursos aportados, la Universidad Tecnológica Nacional, a través del LEMaC Centro de Investigaciones Viales, generó el Proccma, programa que tiene como objetivo la redacción de un Pliego General de Materiales Reciclados que pretende establecer políticas y criterios de control de calidad en las obras realizadas con estos materiales.

Se ve como conveniente establecer una *gestión* que detecte los volúmenes de reciclados en relación a la vida útil del sistema de vías nacionales, *orientar* los residuos desde su generación hasta los posibles destinos y posibilidades de técnicas de reciclado y *fomentar* el con-

En la red vial argentina, de gran extensión por su geografía, en donde las distancias a cubrir entre ciudades son en general significativas, se ha evolucionado en el cuidado de los recursos (fundamentalmente los no renovables) invertidos en las obras. Desde comienzos de los 90 la Dirección Nacional de Vialidad, las vialidades provinciales y los municipios han incorporado en la gestión de los sistemas de Rehabilitación y Mantenimiento, la técnica del reciclado como una alternativa competitiva. El Centro de Investigaciones Viales del LEMaC nos presenta su propuesta.

Actividades de reciclado en la obra vial en la Argentina	Estado de difusión y utilización
Reciclado de capas asfálticas	En crecimiento
Reciclados de capas de base	Consolidado
Mejorado de suelos, sin sustitución	Consolidado
Reciclado de capas de concreto	Escaso
Recuperación de elementos puntuales, adoquines, tapas, cordones	Escaso
Utilización de residuos de la industria	En crecimiento
Utilización de residuos agrícolas	En difusión

Posición de actividades de reciclado en Argentina

sumo de materiales que se reciclan como una alternativa frente a diferentes umbrales de prestación.

El ciclo de vida de un material involucra la etapa de producción del material propiamente dicho, su intervención en el proceso constructivo, su uso, su mantenimiento y su demolición. Asociados a este ciclo se encuentran los consumos energéticos demandados en las etapas citadas. Para la obtención de una ecuación técnico-económica-energética adecuada deben incorporarse a la misma no sólo las variables directas en cuanto al valor agregado del material residual, sino además el conjunto de

actividades asociadas que permiten volver a utilizarlo en otro proceso. Los consumos de energía cobran en estos tiempos fundamental importancia ya que es la variable a disminuir en su umbral de participación. Concretamente el reciclado, tanto superficial como profundo de una carretera, cumple en la mayoría de los casos con estas premisas consideradas en el ciclo completo de un material (ver Cuadro).

Las actividades citadas describen las principales acciones registradas en la obra vial, considerando como período los últimos 15 años de la actividad en nuestro país. La obra vial así considera-

da, cumple dos roles fundamentales en el proceso de reciclado: por un lado el de poder absorber materiales envejecidos y/o fatigados de su propia estructura y por el otro el de encapsular y/o retener residuos provenientes de otros procesos. Se abren de esta forma dos grandes campos de trabajo: el reciclado de la infraestructura vial existente y recepción de residuos contaminantes por parte de la obra vial.

Los reciclados de la obra vial pueden realizarse tanto "in situ" como en planta fija. En ambos casos, los materiales provenientes de la trituración o reciclado se pueden considerar como áridos, a excepción de los triturados provenientes de mezclas aglomeradas con ligante bituminoso. Puede disponerse de tratamientos en caliente o en frío, lo cual conduce a consumos energéticos diferentes. Además, puede utilizarse o no aporte de árido virgen y algún aglomerante, ya sea hidráulico (cemento portland, cales, puzolanas, etc.) o hidrocarbonado (cemento asfáltico, emulsiones, asfalto espumado). Por último, se pueden clasificar en base a la profundidad del mismo, así encontramos los reciclados profundos y los reciclados superficiales.

Evaluación para factibilidad

En general, resulta adecuado realizar la valoración de un camino desde el punto de vista superficial y estructural. En la Argentina, se encuentran consolidadas las técnicas de auscultación estructural y las que involucran las deter-

Estamos donde nos necesite.

Aliafor
DISCOS DIAMANTADOS
ESPECIALES PARA
Pavimentos
LIDER EN CALIDAD Y RENDIMIENTO



Con la más amplia gama diseñada para cubrir todas las necesidades de corte permitiendo así, la elección del disco óptimo y **Siempre el Menor Costo por Metro Cortado**

Con más de **60 Puntos de Venta a Nivel Nacional**, con Stock Completo, Asesoramiento Técnico y un Excelente Servicio Post Venta.



TECNICA

minaciones de parámetros superficiales.

El punto crítico, tal vez, se encuentra en la toma de decisión frente a los resultados arrojados en dichas valoraciones. La oportunidad de incluir la técnica del reciclado y su justificación no es una tarea sencilla, ya que las preguntas centrales a responder conllevan el siguiente análisis:

¿Qué características posee el reciclado? En todos sus aspectos físicos, mecánicos, químicos, estado de los ligantes, envejecimiento, etc.

¿Qué prestación puede brindar al integrarse nuevamente al camino?

Este punto es en el que más fallas se ha observado, debido a que no siempre se realizan las valoraciones adecuadas, los análisis de factibilidad respectivos y no se ha generado aún un Pliego General de Obras con Inclusión de Materiales Reciclados. La utilización de materiales reciclados conlleva a tener en cuenta que los mismos poseen umbrales de prestaciones muy diferentes a los de un material virgen.

El material reciclado. Propuesta de tratamiento del LEMaC

Una vez superada la etapa de valoración del camino, su evaluación estructural y superficial y analizadas las variables energéticas involucradas en su totalidad, se ve como necesario considerar los siguientes factores que ayudarán a ordenar el análisis sobre el reciclado en sí mismo:

- La calidad de los materiales constitutivos en su origen y la tipología de la obra

- El envejecimiento al que fueron sometidos por las solicitaciones de tráfico y climáticas

- La tecnología utilizada en el proceso de reciclado

- Los criterios de selección establecidos después del triturado

- El control de calidad ejercido sobre el producto y los estándares fijados de aceptación de materiales, mezclas y procesos en las especificaciones técnicas

- La calidad de los materiales constitutivos en su origen: las construcciones viales, en cuanto a su composición se refiere, están muy asociadas a la época en la que fueron realizadas. La utilización de los legajos de construcción de las obras ayuda a ubicar de antemano tipologías de materiales y procesos constructivos utilizados. La generación de los residuos se da en las diferentes etapas de la obra, lo que implica que tengamos residuos provenientes de:

- La fabricación de los materiales

- La utilización en obra de los materiales vírgenes

- Las etapas de mantenimiento de la obra

- El reciclado de las mismas

Por ello, la actividad de obra que genere el residuo deja su impronta en la calidad final del mismo.

- El envejecimiento al que fueron sometidos por las solicitaciones de tráfico y climáticas: la edad de la obra a reciclar es una información de gran importancia. Una vez analizadas las variables constructivas se deberá considerar el estado actual de la obra y aplicada la técnica de reciclado elegida, valorar las caracte-

terísticas del producto obtenido.

En definitiva, el envejecimiento de este potencial material a ser incluido en la obra, será el que se evalúe en ese momento y responderá a la sumatoria del envejecimiento inicial y el generado en su vida en servicio. La acción del tráfico y de los agentes climáticos como régimen de precipitaciones, UV, etc., producen un deterioro manifestado en fisuras, agotamiento de capacidades estructurales, deformaciones, desgranamientos, pérdida de capacidad aglomerante, reacciones deletéreas, entre otros.

En este ítem, que resulta de vital importancia, deben considerarse instructivos muy bien definidos en cuanto a las técnicas de muestreo y a las técnicas de caracterización las cuales deben no inducir nuevos envejecimientos en dicho proceso.

- La tecnología utilizada en el proceso de reciclado: analizadas las variables propias del material constitutivo se marca la incidencia que tiene el tipo de equipo utilizado en el proceso de reciclado. Las variaciones principales se registran en:

- Tamaño del triturado
- Forma del triturado
- Granulometría
- Homogenización de la capa reciclada

Antes de comenzar con el reciclado se dispondrá de datos del proceso de evaluación. En un camino que ha recibido como diagnóstico de rehabilitación el reciclaje, se pueden observar importantes variaciones en su perfil longitudinal y transversal, dadas por tareas de recrecido, bacheos puntuales, sustitución de capas granulares, etc.

Esto hace que la homogeneidad del producto reciclado a lo largo de la traza no esté garantizada, acentuándose aún más cuando el reciclado es del tipo profundo, en donde pueden llegar a intervenir los diferentes contenidos de humedad de las capas de base y las contaminaciones de suelos de subrasantes. La forma más adecuada de poder triturar las capas de rodamientos de los firmes, tanto rígidos como flexibles, es mediante el uso de recicladoras, motoniveladoras, rotomixer, etc.

El estado, mantenimiento y reposición de los elementos de trituración y puntas diamantadas, resulta tener un alto impacto en el producto final, como también la horizontalidad del plano de trabajo del equipo. Las exigencias de tamaños máximos y granulometrías consideradas en el diseño del proyecto deben cumplir los entornos de la curva patrón utilizada. Las granulometrías ficticias de las partículas aglomeradas deben considerarse en algunos casos parcialmente. La generación del producto triturado dependerá, desde el punto de vista operativo, del rendimiento del equipo, potencia y profundidad de mezclado.

Las variables enunciadas permiten observar como desde la tecnología utilizada se logran variaciones de significación en el producto final.

- Los criterios de selección establecidos después del triturado: en la obra vial existe en general la intención de utilizar el material tal cual queda en el proceso de triturado o reciclado. Esto no siempre es posible, ya que deben efectuarse correcciones debidas principalmente a:

- Falta de uniformidad en la estructura del firme



- Presencia de suelos de altas plasticidades

- Corrección de la granulometría obtenida

- Presencia de agregados reactivos y/o deletéreos

- Presencia de áridos con falta de cubicidad y caras fracturadas, entre otros

- Presencia de sustancias contaminantes, tales como combustibles, ácidos, etc.

- Elevados contenidos de humedad

- Corrección final del nivel de rasante

En general, es necesario realizar estas correcciones, las cuales deben estar previstas desde el proyecto, con posibilidad de ajustes a nivel de obra. Se podrá demandar el traslado a plantas fijas del material triturado a efectos de acondicionarlo, clasificarlo y corregirlo.

- El control de calidad ejercido sobre el producto y los estándares fijados de aceptación de materiales, mezclas y procesos en las especificaciones técnicas: los materiales reciclados deben ser monitoreados más intensamente debido a las variaciones citadas en el ítem anterior. El marco normativo que se debería utilizar debe comprender nuevas determinaciones y evaluar en algunos casos, la incidencia de los métodos sobre el resultado final de la valoración.

En base a la tecnología disponible y a los tipos de firmes se deberán establecer tipos de materiales reciclados esperables a efectos de estimar las posibles granulometrías, grado de contaminación, etc. Disponer de esta información es fundamental para prever cualquier diseño antes de llevar los equipos a la obra. De la experiencia acumulada se puede formar una base de datos que contemple la eficiencia de equipos y la tipología del triturado asociado al mismo. No es posible esperar el comienzo de la obra para avanzar en el diseño del reciclado. Para esto pueden utilizarse equipos de laboratorio, tipo trituradoras, que representen el efecto de la recicladora o el equipo utilizado en pavimentos para tener una primera aproximación.

Por lo expuesto, resulta de vital importancia fijar en las especificaciones el tipo de equipo a utilizar ya que estará asociado al tipo de reciclado a obtener.

Igualmente, se deberán plantear técnicas de control a pie de obra que permitan corregir las dosificaciones preestablecidas en el laboratorio, las que deben ser contempladas en las especificaciones originales. El expediente técnico de una obra de reciclado debe ser más amplio que las especificaciones corrientes, ya que se ha incorporado un material menos homogéneo en el diseño de las mezclas. Este carácter amplio, no debería ser sinónimo de ambigüedad, por el contrario, debe reflejar un conocimiento más profundo de esta técnica.

Fijar un claro control estadístico en

este tipo de obra es fundamental, orientado a apreciar las variaciones propias del reciclado e identificarlas de aquellas propias del control. La definición de los lotes y la separación de los elementos defectuosos es una tarea preliminar relevante. Las intervenciones en las obras deberán planificarse en base a la heterogeneidad del tramo a realizar. Pero es evidente que los controles de granulometría, absorción, plasticidad, densidades, módulos, y cualquier otro parámetro establecido deberá tener una sistemática diferente a la de una obra nueva. *Los principales errores observados en las obras en donde se incorpora esta técnica es la falta de adecuación de las especificaciones técnicas y la ausencia de las limitaciones de uso de algunos tipos de reciclados según las condiciones de diseño imperantes.*

Así, se han encontrado estabilizaciones recicladas con emulsiones asfálticas, sin el adecuado proceso de curado y en vías de tránsito pesado, lo que ha formado ahuellamientos prematuros.

También se han observado bases recicladas con cemento portland con exceso de aglomerante y como base de un firme flexible de bajo espesor, lo que ha causado fisuraciones reflejas sin considerar el aporte del aglomerante hidráulico inicial: utilización de material reciclado superficial en un firme flexible en una vía de alta velocidad, lo que ha provocado desprendimientos de agregado en superficie; utilización de reciclados en obras donde el diagnóstico de falla arrojaba falla en la subrasante. Estos ejemplos dados en forma puntual en algunas obras, evidencian que es imperioso contar con un marco de especificaciones que permita en forma integral tratar la factibilidad de ejecución de los reciclados y su sistema de control de calidad.

Conclusiones

De lo expuesto surge que en nuestro país es necesario un Pliego de Especificaciones Técnicas que permita incorporar los puntos discutidos en este artículo, considerando un claro análisis de factibilidad y nuevos criterios de control de calidad, como ejes centrales.

El proyecto Procqma de la Universidad Tecnológica Nacional, proyecto de reciclado para la obra civil desde la química, los materiales y el medio ambiente, pretende observar las experiencias realizadas en el país y diseñar en base a la experiencia internacional, un Pliego General de Especificaciones Técnicas para las obras con inclusión de materiales reciclados.