

**CONAMA 2024**

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

# Optimización del uso de material reciclado

Optimización del uso de material reciclado mediante el control inteligente de los procesos productivos 4.0



# CONAMA 2024

OPTIMIZACIÓN DEL USO DE MATERIAL RECICLADO MEDIANTE EL CONTROL INTELIGENTE DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS 4.0

---

**Autor Principal:** Javier Loma (Padecasa)

**Otros autores:** Arturo Vicente (CEMEX) Juan Diego Berjón (SURGE AMBIENTAL) Ana Guerrero (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja) Jaime Moreno (Tecnalia)

## OPTIMIZACIÓN DEL USO DE MATERIAL RECICLADO MEDIANTE EL CONTROL INTELIGENTE DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS 4.0

### Temática

Economía circular

### Objetivo del proyecto

Investigar y desarrollar soluciones inteligentes y automatizadas que permitan controlar las propiedades de la materia prima secundaria y los procesos productivos para maximizar y optimizar su incorporación en nuevos productos de construcción.

Desde la extracción del material en la obra teniendo en cuenta su composición y características, la trazabilidad y tratamiento del fresado hasta alcanzar las características requeridas para su posterior empleo en la fabricación de mezclas bituminosas con la optimización de los procesos para disponer de sistemas altamente eficientes y sostenibles que aseguren un buen comportamiento de los materiales.

En el proyecto se tiene previsto el desarrollo de sistemas digitales y procedimientos operativos que permitan controlar de forma automatizada toda la gestión del material fresado desde su extracción y tratamiento hasta su utilización en el producto de origen, que son las mezclas bituminosas. Estas herramientas permitirán al sector disponer de toda la información necesaria relativa a las materias primas y los materiales fabricados que asegure su durabilidad y la huella de carbono asociada a los productos y los procesos.

### Resumen del proyecto

El proyecto se desarrollará en diferentes paquetes de trabajo enfocados a investigar y desarrollar soluciones que permitan maximizar el uso de materia prima secundaria en diferentes procesos constructivos para el sector de la construcción.

Se realizará un primer bloque de definición de requerimientos y necesidades tecnológicas en función del producto fabricado y de la materia prima secundaria que se vaya a emplear, teniendo en cuenta la actual normativa actual existente para estos materiales y el aseguramiento del cumplimiento de las características exigidas. Se tendrán en cuenta la normativa técnica y la normativa ambiental de distintas Administraciones Públicas para la optimización de los sistemas empleados.

Tras esto, se investigarán y desarrollarán las diferentes soluciones inteligentes planteadas, para el control de las propiedades de la materia prima secundaria durante el proceso de extracción en la carretera estudiando los distintos sistemas de fresado de los pavimentos y posibles variaciones en los dispositivos de los equipos utilizados para ello. Igualmente se introducirán estudios de nuevos sistemas para realizar fresados selectivos y la recogida de materiales con determinadas características mejoradas (áridos de alta calidad o ligantes modificados con

polímeros) obteniendo con ellos un mayor valor añadido y posibilitando su posterior empleo en la fabricación de pavimentos de alta calidad, como son las capas de rodadura especiales de tipo discontinuas (BBTM), las mezclas SMA (Stone Mastic Asphalt) o las denominadas mezclas AUTL (mezclas ultradelgadas).

Se identificará la problemática actual existente para la ejecución de los procesos y soluciones inteligentes para optimizar el tratamiento de los materiales fresados en los centros de gestión de residuos para el código LER 17 03 02 (residuos generados a partir de la demolición de pavimento de calzada con capa asfáltica así como los restos de la ejecución de la reposición de pavimentos bituminosos), empleo de equipos de desfragmentación de los materiales sin provocar la fragmentación de las partículas mayores de los áridos gruesos, para conseguir un mayor aprovechamiento de los excedentes de las obras/extracciones y clasificación y acopio de las distintas fracciones generadas. Este estudio fijará los principales criterios operacionales que permitirá realizar un control preciso de los procesos productivos que aseguren el cumplimiento de las especificaciones y se obtendrán mejoras en todos los aspectos ambientales producidos en las diferentes fases de las obras de pavimentación.

Se tiene previsto realizar un estudio de las diferentes opciones disponibles para introducir materiales procedentes de fresado de pavimentos envejecidos, previo tratamiento y clasificación, en las instalaciones de fabricación de mezclas bituminosas en caliente y también para materiales fabricados a temperatura ambiente, teniendo en cuenta los requisitos establecidos en los pliegos de condiciones y evaluando los recursos necesarios para ello.

Implementación de las soluciones en los procesos productivos y demostración de las soluciones en un entorno real empleando tecnologías digitales y/o de IA para su optimización en función de los resultados. Desarrollo de gemelos digitales con IA que permitan predecir los parámetros de fabricación en los procesos productivos.

Finalmente, se realizará un análisis de la viabilidad económico, técnica y ambiental de las soluciones desarrolladas. Se evaluará el grado de reducción de la huella de carbono para cada uno de los materiales estudiados, determinando el grado de mejora ambiental producido.

### **Justificación**

La estrategia española de Economía Circular 2030 dentro del sector de la construcción busca reducir la generación de los residuos producidos en las obras y el incremento de su empleo en para la fabricación de los mismos tipos de materiales. Es por ello que en la actualidad es uno de las prioridades de las Administraciones de carreteras la potenciación del uso regulado de estos productos.

Uno de los problemas del uso de materia prima secundaria procedente de los sectores de la construcción e industrial es la falta de conocimiento acerca de las propiedades, origen, características y condiciones en las que se ha de volver a incorporar en el ciclo de fabricación. Lo normal es que no haya una trazabilidad precisa del mismo y que en los acopios de las plantas no exista un control exhaustivo del mismo. La recuperación de propiedades de los materiales envejecidos es un problema para la obtención de características exigidas en las mezclas fabricadas con estos materiales con garantías de cumplimientos de las propiedades, lo cual reduce el ciclo de vida del nuevo material.

Como consecuencia, se trata este material como si fuera un residuo no peligroso (así lo tiene contemplado ya que tiene código LER 17 03 02: Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.) o, en el mejor de los casos, un árido natural y no se tienen en cuenta sus características específicas que tienen un gran impacto en las formulaciones de nuevos productos y en los propios procesos productivos.

Esta casuística se plantea en la mayoría de procesos productivos del sector de la construcción, principalmente en productos base cemento (cemento, hormigón y mortero), mezclas bituminosas, cerámicos, yesos etc. para distintos tipos de materiales, debiendo estudiar los procesos que interviene para corregir y mejorar los productos finales.

Para solucionar el problema, es necesario automatizar y tecnificar los procesos productivos mediante nuevas técnicas de adquisición de datos de tal forma que se puedan conocer, en tiempo real, las características de los áridos reciclados que se vayan a emplear y los parámetros de los procesos para poder actuar, tanto en las formulaciones como en la producción en tiempo real. Es necesario establecer flujos de identificación de los materiales en el momento de la extracción (fresado) así como la trazabilidad en el transporte y almacenajes previamente a su tratamiento.

### Desarrollo tecnológico nuevo o mejorado

La actual normativa ya realiza una primera distinción entre el asfalto retirado y asfalto recuperado, siendo el primero el material que ha sido extraído de los pavimentos envejecidos y el segundo el material que ha sido tratado y clasificado en las instalaciones de los gestores de residuos. Las Ordenes Circulares del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana con las referencias OC1/2023 y OC2/2023 han introducido nuevas posibilidades para utilización de estos materiales en las obras de carreteras ajustando los coeficientes de equivalencia de las mezclas bituminosas fabricadas con materiales fresados a los materiales convencionales y permitiendo con ellos su correcta utilización en mejores condiciones técnico-económicas o también posibilitando su empleo en tasas superiores para un mayor número de tipología de carreteras/tráfico y tipos o familias de mezclas bituminosas (AC, BBTM, PA, SMA).

Desarrollo de técnicas de captura de datos en tiempo real en función del tipo de árido reciclado y aplicación final: por ejemplo: temperatura, humedad y contenido de betún de los áridos fresados de carretera. La normativa permite el empleo de materiales en función de las características de los componentes, lo que hace necesario la evaluación de su composición y naturaleza de los materiales. Desarrollar una aplicación digital que permita conocer las características de los materiales utilizados y el estado de cada uno de los procesos para así llegar a determinar con mayor precisión un sistema de extracción, tratamiento y acopio de los materiales ensayados y clasificados, facilitando la eficiencia de las operaciones y trabajos de preparación.

Definición de los posibles ensayos de caracterización de los materiales fresados en los pavimentos, así como de las mezclas bituminosas u otro tipo de materiales fabricados con estos productos. El Artículo 22 del PG4, modificado por la OC2/2023, establece los ensayos y frecuencias exigidas para fabricar la mezcla con estos materiales, tanto en la parte de la extracción de los fresados, trazabilidad y control durante su tratamiento y los requisitos para su introducción en la planta y control del producto final. Para estos procesos es conveniente utilizar

herramientas digitales con procedimientos automatizados que permitan analizar los datos a tiempo real para establecer la correcta coordinación de las operaciones y directrices de seguimiento de los materiales.

El Artículo 22 del PG4, en la tabla 22.1, establece diferentes niveles para la incorporación de material fresado a las mezclas bituminosas, que son:

**TABLA 22.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS REUTILIZADAS**

TIPO	CONTENIDO DE RA (% sobre la masa total de la mezcla)	
	Límite inferior	Límite superior
0	-	≤ 15
1	>15	≤ 30
2	> 30	≤ 50
3	> 50	≤ 80

Para cada nivel se requiere un sistema industrial distinto, a mayor complejidad cuanto mayor es la tasa de introducción y condiciones del material fresado debiendo adaptar y modificar los sistemas actuales de fabricación de mezclas bituminosas. En la actualidad existen sistemas de incorporación de material fresado a la salida del quemador llevando el fresado junto con los áridos, otro sistema es la incorporación del material fresado directamente al mezclador a temperatura ambiente que limita su participación o con dobles tambores o tambores concéntricos que realizan el calentamiento del fresado previamente a su mezclado con los áridos y ligantes vírgenes. Todos estos nuevos sistemas de trabajo deben estar integrados en los sistemas informáticos de operaciones de la planta, pudiendo introducir tecnologías digitales para la regulación de los distintos parámetros que intervienen en la mezcla, como son los tiempos, la humedad o la temperatura.

A partir de un determinado porcentaje de material fresado (generalmente por encima del 15% de RA) es necesario utilizar algunos tipos de productos químicos que puedan recuperar parcial o totalmente las propiedades reológicas de los ligantes envejecidos. Estos productos deben ser introducidos con elevada precisión en dosis muy reducidas por lo que las instalaciones deben disponer de sistemas precisos de dosificación simultáneos durante el proceso de fabricación. En el proyecto se tiene previsto estudiar los criterios adecuados para el estudio y comprobación de estas características.

Sistemas automáticos de identificación de calidades y propiedades mediante el uso de visión artificial. Posibles dispositivos o tecnologías colocadas en los sistemas de extracción del material (fresadoras) o durante el tratamiento para la desfragmentación y clasificación de los materiales para la optimización de su tasa de fabricación y obtención de propiedades mejoradas en las mezclas bituminosas. Los materiales selectivos cuya utilización puede realizarse para la fabricación de productos especiales, deben cuidar en mayor grado el sistema de extracción y el proceso de verificación de características y composición, para lo cual se tiene que estudiar sistemas de control de uniformidad de las superficies tratadas y control de las operaciones de los espesores, número de picas, velocidad de avance y geolocalización de los equipos asociados a la trazabilidad del producto al gestor del material.

Estudio de las características que deben cumplir los materiales, ensayos y frecuencias señaladas en los pliegos y trazabilidad de los materiales desde su extracción, acopio y posterior empleo en la mezcla.

Generación de software que permita la toma de datos y el análisis de información para la toma de decisiones. Integración de los modelos decisionales en los sistemas de operaciones de las instalaciones, verificando a tiempo real los procesos y el resultado de las operaciones efectuadas. Evaluación de los resultados obtenidos en cada caso analizando las variables que comprenden todas las operaciones.

Control de las variables del material y proceso desde el inicio hasta el final de la producción.

Estudio de la variación de la huella de carbono de los distintos materiales estudiados en función del porcentaje de participación en la mezcla de los materiales fresados, y tratamiento, distancia a las obras y operaciones de introducción en las mezclas, obteniendo una valoración integral de todo el proceso con la posibilidad de evaluar las fases de los procesos que tienen mayor incidencia en las operaciones realizadas.

Coordinación de estas variables con el software de la planta de tal forma que permita rectificar las formulaciones y los parámetros del proceso cuando se utilizan mezclas fabricadas con material fresado o también cuando se combinan con tecnologías de fabricación de menor temperatura.

### **Normativa aplicable**

Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Orden Circular OC 1/2023 sobre actualización de espesores de las capas y tipos de mezclas bituminosas en caliente y semicaliente en la norma 6.1 ic "secciones de firme".

Orden Circular OC 2/2023 sobre reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos

Artículos 20 de reutilización in situ con emulsión de capas bituminosas, Artículo 21 de reutilización in situ con cemento de capas de firme y el Artículo 22 de reutilización en caliente y semicaliente en central de capas bituminosas, todos ellos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras, PG4

Normativa propia de las CC.AA. relacionada con la gestión de RCD y uso de áridos/materiales reciclados.

Normativa de producto (cemento, hormigón, mortero, mezclas bituminosas, etc.)

UNE EN 13108-8. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Asfalto recuperado.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. COM/2020/98 final. UE.
- [2] Estrategia Española de Economía Circular (EEEC). Gobierno de España. 2 de junio de 2020. España.