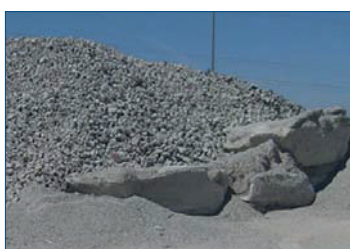


Un camino hacia la sostenibilidad: El reciclado de residuos de construcción y demolición como material para firmes de carreteras



A Way Towards Sustainability: the Reuse and
Recycling of Construction and Demolition Waste
as Material for Road Surfaces

Laura Parra Ruiz
*Centro de Estudios del Transporte
(CEDEX)*

César Medina Martínez
*Dpto. de Construcción. Escuela
Politécnica Universidad de Extremadura*

Antonio Sánchez Trujillano
*Director del Centro de Estudios
del Transporte (CEDEX)*

Resumen

Pudiera parecer que en la construcción de carreteras no quedara ya espacio para la innovación porque estuviera todo inventado y suficientemente experimentado. Sin embargo, la realidad es bien diferente; la carretera del futuro cuenta con un amplio margen de mejora en multitud de frentes, entre otros, los materiales empleados en su construcción, las medidas de mejora de la seguridad y confort de sus usuarios, la solución a situaciones recurrentes u ocasionales de congestión, en la mitigación de sus efectos sobre el entorno, en los consumos de energía, emisiones y efectos sobre el cambio climático, en su capacidad de adaptación a nuevas exigencias de los vehículos, y muchos más.

Cada uno de ellos es objeto de investigación y experimentación y avanza al ritmo de sus posibilidades y de los recursos destinados a ello, siendo una tarea importante la coordinación de estas iniciativas para obtener el mayor provecho posible de ellas.

En lo referente a los materiales empleados en la construcción de carreteras, ante la necesidad de acercar

estas actuaciones hacia la sostenibilidad y evitar en la medida de lo posible el empleo de recursos naturales, se constata la necesidad de experimentar con materiales procedentes de residuos, subproductos de otros procesos, oportunamente caracterizados y desclasificados como tales, también llamados materiales secundarios, y determinar su idoneidad así como los tipos de firmes y la posición dentro de ellos en la que se les puede utilizar en unas condiciones tan ventajosas como las que pudieran ofrecer los materiales convencionales empleados en los mismos firmes.

En particular, en este artículo se hace referencia a una amplia familia de residuos, como es el caso de los residuos de construcción y demolición, caracterizados por su heterogeneidad y por las cantidades que se generan, y se enuncian las líneas generales de su empleo en capas de firmes de carreteras, como material integrante de la propia estructura, a fin de plantear unas soluciones constructivas más cercanas a las exigencias de sostenibilidad.

Abstract

It might seem that in the construction of roads there is no room for innovation because everything has already been invented and sufficiently experienced. However, the reality is quite different; there is a considerable scope of aspects for future improvement of roads, among others, the materials used for construction, measures to improve road safety and a major comfort for road users, solutions for recurring or occasional situations of traffic jam, mitigation of the effects on the environment, energy consumption, gas emissions and effects on climate change, ability to be adapted to new vehicle requirements, and many others.

Each of these aspects has become an object of research and experimentation and we can see a progress according to their possibilities and resources, being this an important task in order to coordinate and maximize the potential of these initiatives.

Regarding the materials used in road construction, given the need to bring these actions closer to sustainability and to avoid as far as possible the use of natural resources, it is important to encourage the use of materials obtained from recycled waste, by-products of other processes, promptly characterized and declassified as such, also called secondary materials, in order to determine their suitability to be used as material for road surfaces providing the same guarantees as those offered by conventional materials used for the same road surfaces.

In particular, this article refers to a large family of waste, such as construction and demolition waste, characterized by its heterogeneity and quantity, and sets out the general outline for its use in the construction of road surface layers, in order to propose solutions that fulfill sustainability criteria.

Con mayor o menor éxito se vienen empleando materiales en la construcción de carreteras que no son los tradicionales sino que, ante la imposibilidad o dificultad de disponer de materias primas vírgenes o ante una mayor sensibilidad social por las consecuencias de su utilización, se recurre a otros materiales, concretamente en lo que se refiere a esta exposición, a materiales que anteriormente han tenido la consideración de residuos, a los que mediante un proceso de gestión adecuado se les han conferido características para convertirse en un material válido para la construcción de carreteras.

La dificultad, cada vez mayor, de disponer de materias primas de calidad suficiente, en cantidad y precio aceptables para su empleo en la construcción de carreteras, junto con las políticas europeas, nacionales y autonómicas encaminadas a impulsar un modelo de economía circular, presenta como contrapunto la circunstancia de poder aprovechar una cantidad cada vez mayor de desechos de las más diversas naturalezas y procedencias que ocupan extensiones considerables de terreno y son causantes de su degradación ambiental, bien sea únicamente en forma de afectación a sus valores paisajísticos o bien de contaminación del suelo o de las aguas, lo que ha traído como consecuencia que se hayan instrumentado soluciones alternativas para los materiales empleados en la obra pública, y en particular en las carreteras, basadas en la adaptación para este fin de materiales, convenientemente tratados, procedentes de las corrientes residuales de otras actividades.

El objeto de esta presentación consiste en exponer las propiedades de alguno de estos materiales procedentes de residuos, también llamados materiales secundarios, así

como las experiencias sobre actuaciones llevadas a cabo con ellos, con el fin de difundir sus capacidades como material de construcción alternativo y trasladar el conocimiento obtenido con su aplicación a quienes puedan hacer uso de él, entendiendo que no por ello las carreteras construidas con este tipo de materiales son sostenibles sino que el empleo en ellas de este tipo de materiales contribuye a su sostenibilidad y les acerca a este objetivo.

Los resultados de algunas de las experiencias realizadas con estos materiales son suficientemente prometedores como para permitir suponer que en breve se podrá disponer de ellos como materiales capaces de dar prestaciones equiparables a las de las materias primas vírgenes, si bien, ello requiere concluir investigaciones y experimentación con ellos, así como sistematizar la forma y contenido de esta experimentación con el fin de poder concretar los ámbitos más idóneos para su empleo y, en el caso específico de su empleo en carreteras, dar respuesta en cuanto a su campo de aplicación en función de la intensidad y distribución del tráfico así como a la manera más eficaz de incorporarlos para obtener de ellos las mejores prestaciones posibles.

Residuos de construcción y demolición. Magnitudes y caracterización

Aunque se ha experimentado con muchos materiales secundarios de muy diversos orígenes, nos vamos a centrar en este artículo en los denominados residuos de construcción y demolición, debido a: I) los grandes volúmenes que se generan, representando entre un 30-35% de los residuos generados en la UE ; II) los problemas que ha pre-

sentado su empleo en carreteras; y III) las soluciones que se les han dado con el fin de que puedan ser utilizados con garantías similares a las de los materiales convencionales.

Es difícil dar una cifra de la magnitud de la generación de residuos de construcción y demolición en España; sin embargo, para hacernos una idea de su entidad, se puede hacer uso de los datos ofrecidos en el Catálogo de Residuos Utilizables en Construcción que edita el CEDEX, y que recoge las cifras de generación de tales residuos y su evolución en el tiempo en las cantidades que figuran en la Tabla 1.

En un informe más reciente de la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición, fechado en mayo de 2017, titulado Informe de producción y gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en España (2011-2015), figuran las cantidades que se recogen en la Tabla 2.

Otro dato importante que se desprende del citado informe de la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición es la magnitud de la denominada producción incontrolada, esto es, la que termina en vertederos incontrolados o en vertidos igualmente incontrolados en márgenes de carreteras, cauces, caminos, etc., que se estima en el periodo estudiado de 2011-2015 en un 30% del total, es decir, más de 5 millones de toneladas/año, lo que viene a dar explicación, que no justificación, a la lentitud en los avances tecnológicos en la gestión de estos residuos dado que una de las medidas más eficaces de ésta, la separación en origen, queda totalmente condicionada por el riesgo de su eliminación incontrolada.

Tabla 1. Cantidades de residuos de construcción y demolición generadas en España (Fuente: Catálogo de Residuos Utilizables en Construcción)

RCD generados en España (en miles de toneladas)	Año		
	2007	2008	2009
	42.000	32.000	23.000

Tabla 2. Producción de RCD España (t). Estimación realizada a partir de datos de las CC.AA. (Fuente: Informe de Producción y Gestión de RCD en España. Periodo 2011-2015. Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición)

Año	2011	2012	2013	2014	2015
Población	46.736.257	46.766.403	46.593.236	46.455.123	46.410.149
Entradas a Centros de Tratamiento	11.284.475	8.798.171	8.825.523	10.274.483	10.049.667
Reciclaje/ Valorización	10.033.939	7.782.142	7.313.560	8.656.032	8.700.601
Stock RCD	1.250.536	1.016.029	1.511.963	1.618.451	1.349.065
Áridos, materiales y subproductos	8.462.219	6.515.858	6.033.064	7.248.028	7.261.935
Rechazos vertedero	1.607.720	1.266.285	1.280.495	1.408.005	1.438.666
Reciclaje en obra	0	16.850	49.127	141.716	74.390
Entradas vertedero	5.060.708	3.595.545	3.691.430	4.464.219	4.415.047
Entradas directas	3.452.988	2.329.261	2.410.935	3.056.215	2.976.380
Procedentes de centros de tratamiento	1.607.720	1.266.285	1.280.495	1.408.005	1.438.666
TOTAL PRODUCCIÓN RCD	14.737.463	11.144.282	11.285.585	13.472.414	13.100.437
Ratio (t/hab./año)	0,315	0,238	0,242	0,290	0,281



Foto 1. Acopio de árido reciclado. Su distribución granulométrica posterior dependerá del uso al que haya de estar destinado, o su uso posterior condicionará dicha distribución

La distribución espacial de la producción de estos residuos se encuentra repartida por todo el territorio español de manera que guarda una relación relativamente estrecha con la densidad de población, por una razón también lógica de que también se ha registrado una actividad constructiva tanto más intensa cuanto mayor es la densidad de población. Por otra parte, es de destacar el significativo descenso en la generación de residuos de construcción y demolición que se registra en algunos de los años recogidos en las tablas anteriores, y aunque sería deseable que estuvieran motivados por mejoras introducidas en la gestión, se deben, por el contrario, a la crisis experimentada en el propio sector de la construcción, así como por la crisis económica que acompañó a la de la construcción.

Aun así, es evidente, ante tales cifras, que la solución que se les dio inicialmente, de buscar espacios susceptibles de convertirse en vertederos para alojar estos residuos de una forma más o menos controlada e indefinida en el tiempo no es válida ni sostenible en modo alguno, y aunque todavía se siga utilizando como solución, lejos de

ser un procedimiento aceptable, puesto que dichos materiales albergan recursos que pudieran ser perfectamente utilizables, ocupan grandes volúmenes de espacio y son causantes de una degradación ambiental que no puede perpetuarse en el tiempo. Por ello, desde hace décadas se vienen realizando trabajos de investigación que han dado fruto al desarrollo de normativas que permiten articular iniciativas para detraer por vía del reciclado una parte de estas ingentes cantidades de residuos enviadas a los vertederos para emplearlas como materiales de construcción, tanto en la edificación como en la obra pública.

Por otra lado, si la magnitud de dichas cifras de producción debería ser un motivo de preocupación para los gestores de residuos y por extensión para toda la sociedad, que tiene ante sí un problema importante sin resolver, más preocupante aún debería ser el hecho de que estos residuos se acumulen indefinidamente y en el mejor de los casos sólo una pequeña parte de ellos se recicle, concretamente, la fracción de los hormigones, que se emplea principalmente como áridos para el diseño de nuevos hormigones, tal y como recoge actualmente la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08).

Es obvio que la figura del vertedero y la adopción de medidas para que estos residuos no se vertieran de manera incontrolada supuso en su momento un avance frente al vertido incontrolado. No obstante, se debe entender que esta figura empieza a estar obsoleta y que no son precisos grandes avances tecnológicos, sino tan solo un esfuerzo de voluntad, para reconducir esta situación hacia esquemas de una economía circular, que permitan y el reciclado de aquellas fracciones que apenas si tienen aceptación, posiblemente por una falta de concienciación social y desconocimiento técnico por parte de los profesionales de sus posibles aplicaciones o por evitar riesgos frente a soluciones constructivas mucho más avaladas por la experiencia.

Una vez decidida y aceptada la conveniencia de dar un segundo y posteriores usos a estos materiales e integrarlos en el ámbito de la construcción por vía de su reciclado han ido surgiendo nuevos problemas a los que de una u otra manera se les ha ido dando respuesta. El primero ha sido que bajo la denominación genérica de residuos de construcción y demolición se encuentra una gama enormemente amplia de productos en función de su composición y de sus propiedades físicas, mecánicas y resistentes y, consecuentemente, de sus aptitudes para emplazarlos con garantías de éxito en unas u otras capas del firme.

Una característica de estos residuos es que en buen número de casos las demoliciones de las que proceden no se hacen de manera selectiva, separando los materiales demolidos con arreglo a su composición; además, dado el escaso interés que han suscitado estos materiales no es infrecuente que en etapas posteriores hasta su traslado al centro de reciclado correspondiente se vayan mezclando con otros residuos, ajenos a las demoliciones de las que proceden, ta-

les como orgánicos (papel y cartón, restos vegetales, etc.), residuos urbanos voluminosos (colchones, electrodomésticos, etc.) u otros muchos cuya incorporación a la masa de residuos de construcción y demolición debería evitarse en origen, lo que redundaría en una mejor calidad y homogeneidad del material de partida que se pretende reciclar.

Es más, la separación que no se hace en origen, o la mezcla de residuos que no se impide en origen, dificulta la posterior preparación y procesado en la planta de gestión de fracciones homogéneas en cuanto a granulometría y prestaciones (físicas y/o mecánicas), o las encarece de tal manera que hacen imposible cualquier aprovechamiento posterior que pueda competir libremente en el mercado con otros materiales.

Los residuos de construcción y demolición aparecen identificados en el Capítulo 17 y diversos subcapítulos de éste de la Lista Europea de Residuos. Si bien una clasificación práctica y relativamente sencilla de éstos que se suele emplear en las instalaciones en las que se gestionan es la siguiente:

- a) Hormigones, entendiendo como tales aquéllos en los que predominan restos de la demolición de hormigones, esto es, cemento y áridos, con independencia de la composición granulométrica o de la forma y características de los áridos que formaban parte del hormigón. Esta fracción se considera la más noble dentro de la masa de residuos de construcción y demolición y es la que ha centrado el interés de un mayor número de investigaciones y la que tiene más aplicaciones, en particular, como árido grueso para la fabricación de nuevos hormigones de tipo estructural o no estructural.
- b) Restos cerámicos, que incluyen ladrillos, tejas y otros materiales cerámicos predominantemente. Aunque éstos suelen venir acompañados por la argamasa que unía los ladrillos, es decir, de un mortero, generalmente de yeso, y cuya presencia es indeseable en numerosas aplicaciones del ámbito de la construcción y de la obra pública. Por lo que la presencia de yeso en mayor o menor proporción es determinante del futuro uso del material y de la posible reducción de las prestaciones que pueda ofrecer tras su reciclado.
- c) Yesos, que incluyen la fracción en la que predominan los sulfatos y cuyo aprovechamiento posterior quedaría aún más restringido que el de las fracciones anteriores en razón a su escasa resistencia mecánica, a su comportamiento frente al agua y a su capacidad de reaccionar con otros materiales utilizados en construcción y de empeorar sus cualidades o comprometer las prestaciones durables a lo largo de la vida de servicio de una estructura o infraestructura.
- d) Orgánicos y rechazos, en los que se incluyen fracciones que, en principio, no tienen aprovechamiento ni se someten a ningún proceso de selección del que se pueda conseguir una mejora de sus propiedades que permita su utilización posterior en la construcción o en las obras públicas.



Foto 2. Árido mixto procedente de residuos de construcción y demolición

A su vez, se debe tener en cuenta que, aunque la demolición o el proceso de gestión posterior en la planta sean tareas cuidadosamente esmeradas, cada uno de los tipos de residuos enunciados, aparecen en mayor o menor proporción con residuos de los otros tipos, por lo que a la hora de definir las aplicaciones de cada una de estas fracciones habría también que acotar la cantidad máxima admisible de residuos de composición diferente a la interesada.

En diversos estudios de caracterización de estos materiales llevados a cabo en el CEDEX¹ se concluye que “si bien, la mayor parte de los residuos que se generan en actividades de construcción y demolición no suelen revestir características de peligrosidad, su recogida de forma no selectiva provoca la mezcla de distintos tipos de residuos que en general no son peligrosos pero que, al mezclarse, pueden dar lugar a residuos contaminados en su conjunto, lo que impide someterlos a un aprovechamiento apropiado, ...”.

Entre los materiales y sustancias que aun en pequeñas cantidades pueden encontrarse en este tipo de residuos y les pueden conferir alguna peligrosidad se pueden destacar los siguientes:

- Aditivos de hormigones
- Adhesivos, másticos, selladores, pinturas y disolventes, y sus respectivos envases
- Productos que contienen amianto en fibras
- Restos de fungicidas, insecticidas y pesticidas empleados en tratamientos de protección de maderas
- Revestimientos ignífugos clorados
- Refrigerantes que contienen CFC's
- Equipos con PCB's
- Luminarias con mercurio u otros metales pesados

Aquí surge una de las demandas más claras que formulan los gestores de las plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición que es la de conocer, para cada el posible destino de cada una de las fracciones que integran el residuo, los requisitos que debe cumplir

en cuanto a composición, tolerancias y tamaños máximos y mínimos o husos granulométricos necesarios. Resulta que la selección, preparación y acondicionamiento para un uso determinado de una fracción concreta de residuos de construcción y demolición es compleja y costosa, por lo que al desconocer dichos gestores la forma que tienen que dar a los residuos para convertirlos en materiales útiles en construcción terminan por quedar a la espera de indicaciones al respecto, o lo que es lo mismo, por dejarlos acopiados en la planta sin terminar de aplicar las medidas necesarias para su reciclado.

Por su parte, los potenciales usuarios de estos materiales, en general poco dispuestos a emplearlos en sustitución de las materias primas vírgenes, desconocen esta indeterminación que afecta a los gestores, por lo que es necesario poner en contacto y articular un diálogo entre ambos partícipes del reciclado de los residuos de construcción y demolición para terminar de definir con exactitud los requisitos que para cada caso y para uso debe reunir el material obtenido a partir de ellos.

Finalmente, indicar que los subproductos finales pueden clasificarse siguiendo diferentes clasificaciones, siendo una de las más reconocidas en el ámbito nacional e internacional aquella que se basa en su composición:

- Áridos reciclados de hormigón
- Áridos reciclados mixtos
- Áridos reciclados mixtos cerámicos.

Reciclado de residuos de construcción y demolición y su aplicación en carreteras

El Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y demás normativa concordante, reguladora de las actuaciones en la Red de Carreteras del Estado, contempla en su articulado la posibilidad de emplear como áridos en la construcción de carreteras materiales procedentes de residuos, concretamente de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición, para los que dispone que además de cumplir los requisitos físicos, químicos, mecánicos y de durabilidad aplicables a los materiales convencionales, “que hayan sido debidamente tratados y que no se encuentren mezclados con otros contaminantes”².

Asimismo, en estos casos en que el citado Pliego permite el uso de materiales no convencionales en capas de firme, exige que su empleo aparezca expresamente contemplado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto correspondiente, o en su defecto, que cuente con la aprobación del Director de las Obras, o que sea

¹ Análisis de las posibilidades de uso de los materiales procedentes de residuos en carreteras (2015)

² Nótese por los términos en que aparece redactada esta exigencia en esta norma, que al hacer mención a “otros contaminantes” se da por sentado que los residuos de construcción y demolición son también contaminantes, cuando la experiencia y los resultados obtenidos al respecto de numerosos ensayos de laboratorio vienen a evidenciar que en la mayor parte de los casos su naturaleza es inerte.



Foto 3. Construcción de un firme de carretera con árido procedente de residuos de construcción y demolición (Imagen facilitada por la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición)

éste quien establezca las prescripciones particulares para la utilización de estos materiales. Es evidente que en estas circunstancias y habida cuenta de las múltiples y variadas responsabilidades que recaen de manera personal sobre quien desempeña la función de Director de las Obras, éste no quiera asumir ninguna otra y que sea el ámbito de la investigación y la experimentación quien le dé previa y satisfactoriamente resuelta a esta cuestión sin que ello represente para él responsabilidades adicionales.

Debe tenerse en cuenta que el profesional que utiliza estos materiales en lugar de los tradicionales se enfrenta, con carácter general a dos inquietudes, que son: el riesgo de que no responda a las expectativas prestacionales que deberían cumplir o que por proceder de algo que anteriormente fue un residuo pueda ser causante de una contaminación en su entorno, o se le pueda atribuir cualquier episodio de contaminación del entorno aun no siendo causante del mismo, que con materias primas vírgenes no se hubiera producido.

Para dar respuesta a esta duda y evitar susceptibilidades de otro género, se estima necesario someter de manera sistemática y metódica a estos materiales a un análisis de su composición, previo a cualquier otro aprovechamiento posterior, en el que se determine la presencia y, en su caso, la concentración de cualquier sustancia potencialmente contaminante que pudiera estar presente en él y se analice su comportamiento, particularmente en el caso de que el material utilizado pudieran ir destinado a un emplazamiento con presencia de suelos o aguas que pudieran quedar afectados por esta contaminación.

El CEDEX está actualmente involucrado en ensayos experimentales con esta tipología de residuos y se encuentra cercano a emitir un dictamen sobre la manera de llevar a cabo la caracterización ambiental de estos materiales mediante un ensayo de lixiviación en columnas de la fracción del residuo de construcción y demolición que se vaya a emplear en un determinado uso, de manera que a través de

estos ensayos quede acreditada su inocuidad o, en caso de que se detectasen sustancias en el lixiviado que pudieran ser causantes de contaminación del medio se determinarían los límites en cuanto a su presencia y los requisitos que deben tenerse en cuenta para su puesta en obra, o en caso de que tales sustancias aparecieran con concentraciones mayores que las que oportunamente se fijen para garantizar su inocuidad, para impedir que dicho material pueda valorizarse, incluso aunque sus propiedades lo permitieran.

El ensayo instrumentado para esta detección de posibles contaminantes presentes en el residuo a través de sus lixiviados es un ensayo en el que, aunque están pendientes de ultimarse varios detalles para su aplicación, puede considerarse conceptualmente sencillo; consiste en hacer pasar agua a presión por una columna en la que se encuentra confinado el material objeto del ensayo con una relación líquido/ sólido constante. El tamaño de la columna, la presión a la que se hace pasar el agua, relación líquido/ sólido, la temperatura de ésta y el tiempo de duración son las variables que intervienen en él y las que el CEDEX está terminando de ajustar para confirmar que se trata de un ensayo que siendo representativo y válido para otros residuos granulares que pueden generar contaminación a través de sus lixiviados pueda generalizarse a los residuos de construcción y demolición. El líquido obtenido tras el paso del agua (eluato) por las columnas llenas del material objeto del ensayo se analiza mediante espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y a la vista de su composición y de la concentración de los diferentes cationes detectados de partida se emite el dictamen que proceda.

Otro aspecto que debe concretarse, dado que se trata de un material cuyas propiedades pueden variar notablemente según su procedencia y el tratamiento al que ha estado sometido, es la frecuencia con la que deben realizarse estos ensayos de caracterización composicional, entendiéndose en este sentido que estos deberán ser tanto más frecuentes cuanto mayor dispersión de tipos y concentraciones de cationes se detecte en su composición, de tal manera que cuando se alcance una cierta estabilidad en dicha composición se podría bajar razonablemente su frecuencia y, en su caso, el listado de contaminantes potenciales que deben ser objeto de seguimiento.

El resto de los ensayos a los que debe someterse un material para evaluar sus prestaciones físicas, químicas, mecánicas y durables para su empleo como material de firmes de carreteras están perfectamente definidos en la normativa de carreteras, por lo que un material procedente de un residuo sería válido para su empleo en firmes de carreteras si además de cumplir los requisitos del mencionado ensayo de lixiviación cumple los exigidos en la propia normativa específica de carreteras para la capa del firme donde se pretenda emplear.

Conclusiones

Parece evidente que la construcción en el futuro y, en particular la obra pública, haya de utilizar de manera sistemática materiales procedentes del reciclado de materiales de construcción, concretamente de los residuos de construcción y demolición, lo que ya impone en primer lugar una serie de obligaciones aplicables al proceso de demolición en el sentido de que ésta ha de ser selectiva y en la necesidad de llevarse a cabo operaciones de separación y clasificación de los materiales obtenidos con arreglo a unos criterios previamente establecidos basados en el posible destino final y futuro uso del material demolido. Asimismo, en este proceso debe evitarse que por descontrol en la gestión u otros motivos se incorporen otros residuos que dificulten o hagan aún más complejo el proceso de su separación y clasificación.

El hecho de utilizar materiales procedentes del reciclado de otros no es un hecho bueno en sí mismo, sino que plantea unas ventajas (menor afección a los recursos naturales, menor impacto ambiental, mejor balance de huella de carbono, etc.) y unos inconvenientes (confirmar que sus propiedades mecánicas y resistentes son equiparables a la de las materias primas vírgenes a las que sustituye, que no libera sustancias que puedan ser causantes de contaminación del medio, etc.). Este escenario debe estar siempre presente en la mente del proyectista, para lo que debe hacer uso de los instrumentos de diagnóstico disponibles con los que pueda demostrar las ventajas del material reciclado y acreditar mediante los ensayos pertinentes su idoneidad.

La construcción de carreteras españolas integradas en la Red de Carreteras del Estado está regulada por normas muy estrictas que determinan el tipo y composición de sus firmes en función del tráfico esperado y del conocimiento exhaustivo de los materiales empleados y de su comportamiento a través de ensayos, también normalizados, mediante los cuales se determinan con aceptable exactitud las características mecánicas y estructurales del firme en su conjunto y de cada uno de los materiales que lo integran;. Se puede afirmar lo mismo de las redes de carreteras gestionadas por otros titulares, tales como Comunidades Autónomas, Diputaciones y Administración Local, si bien, la aparición de estos nuevos materiales procedentes del reciclado de residuos comporta una novedad derivada de la variabilidad potencial de sus características, que obliga también a realizar ensayos que permitan conocer con garantías suficientes dichas propiedades mecánicas y resistentes, se supone que a través de los mismos ensayos que para los materiales convencionales.

Dado que no hay una experiencia tan amplia en el uso de estos materiales y que existen carreteras afectas a menores exigencias en cuanto a tráfico, se podría recomendar el empleo de estos materiales reciclados en aquellas

capas del firme de carreteras en las que con seguridad puedan dar resultados satisfactorios hasta tanto se adquiera experiencia suficiente como para emplearlos en posiciones más comprometidas o en carreteras más complejas, para llegar a disponer de unas recomendaciones o instrucciones de uso similares a las de los materiales convencionales.

De forma complementaria a estos ensayos de caracterización física, química, mecánica y de durabilidad, los materiales procedentes de residuos deberían someterse a un ensayo específico de caracterización ambiental, consistente en el conocimiento detallado de las sustancias que pudieran lixiviar y, en su caso, de los límites de concentración de cada una de estas sustancias, determinados experimentalmente en función de su posibilidad de contaminar el entorno.

En resumen, se constata la apremiante necesidad de experimentar con estos materiales y hacerlo tanto en laboratorio como en tramos de ensayo de carreteras abiertas al tráfico o en la pista de ensayo acelerado de firmes del CEDEX, si bien sería recomendable iniciar este tipo de ensayos en carreteras cuya intensidad de tráfico, particularmente de vehículos pesados, no sea muy alta, o que los materiales objeto de la experimentación se ubiquen en situaciones no muy comprometidas dentro del firme, hasta adquirir experiencia suficiente para emplearlos posteriormente, y apoyados en dicha experiencia, en posiciones sometidas a mayores solicitaciones o en vías afectadas por mayores intensidades de tráfico.

Teniendo en cuenta el auge que, por razones obvias, están adquiriendo las medidas de mitigación de los efectos del cambio climático, y las correspondientes de adaptación, y su evaluación a través del cálculo de la huella de carbono, el empleo de materiales procedentes de reciclado de residuos y particularmente los residuos de construcción y demolición puede contribuir a la consecución de carreteras más sostenibles y, sin pérdida de sus prestaciones actuales y de las que en un futuro próximo se les puedan requerir, a modificar la tendencia de estas infraestructuras respecto a las actuales en cuanto a sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Bibliografía.

- Actualización del Catálogo de Residuos Utilizables en la Construcción. (CEDEX). Diciembre, 2009.
- Análisis de las posibilidades de uso de los materiales procedentes de residuos en carreteras (CEDEX). Junio, 2015.
- Análisis de la situación del reciclaje de residuos de construcción y demolición en España. Caracterización ambiental de áridos derivados de residuos de construcción y demolición destinados a la construcción de firmes de carreteras (CEDEX). Noviembre, 2015. ❖