

REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN Y CONSTRUCCIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA DE CAMINOS

REUSE OF DEMOLITION AND CONSTRUCTION WASTE IN ROAD INFRASTRUCTURE

María Guadalupe López Domínguez*,
Alfonso Pérez Salazar**,
Paul Garnica Anguas***
Enrique Granel Covarrubias****

Artículo recibido: 2-5-2016

Aprobado: 26-09-2016

*Investigadora Asociada B en el Grupo de Mecánica de Suelos y Materiales Granulares del Instituto Mexicano del Transporte, División de Laboratorios de Infraestructura.

Maestra en Ciencias de la Tierra por el Posgrado de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), campus Juriquilla glopez@imt.mx

**Jefe del Grupo de Mecánica de Suelos y Materiales Granulares del Instituto Mexicano del Transporte, División de Laboratorios de Infraestructura. Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) aperez@imt.mx

***Jefe División de Laboratorios de la Coordinación de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte, División de Laboratorios de Infraestructura.

Doctor en Geomecánica por la Universidad Joseph Fourier de Francia pgarnica@imt.mx

****Gerente de Producción Concretos Reciclados Ingeniero Civil por el Instituto Politécnico Nacional egranel@prodigy.net.mx

Resumen

Los nuevos retos a los que se enfrenta la ingeniería de caminos se encuentran estrechamente ligados a la optimización y ahorro de recursos materiales. El correcto reaprovechamiento de residuos nos dirige a lograr una construcción sustentable. Los residuos de demolición y construcción (RDC) son materiales que presentan un potencial a ser reciclados como materiales de construcción, principalmente en la infraestructura carretera. Los RDC son el conjunto de fragmentos o restos de material proveniente de cualquier obra civil, constituidos principalmente por concreto, morteros, tabique, piedra y tierra, entre otros elementos. Los RDC han demostrado ser materiales con agregados bien graduados, fáciles de manejar y compactar; con alta resistencia al desgaste y a la abrasión, con un alto módulo y

una baja deformación permanente. Sin embargo, al hacer uso de estos materiales tenemos que determinar aspectos adicionales a los considerados en los materiales nuevos. El hecho de emplear RDC nunca debe comprometer la calidad y seguridad de un proyecto de caminos. Dentro de los aspectos fundamentales a considerar se encuentran tanto sus evaluaciones geotécnicas como ambientales. En su reaprovechamiento, debemos considerar las interacciones que estos tendrán con el ambiente (transferencia de contaminantes por infiltración de lluvia, deformaciones debidas al clima o tránsito, etc.) y evaluar los potenciales de solubilizar o la reacción de algún componente en el residuo. Se han llevado a cabo con éxito proyectos en nuestro país con estos materiales, principalmente usados en bases hidráulicas o como material de restauración, sin embargo son casos que reflejan la milésima parte de los proyectos en los que los RDC pueden formar parte y minimizar el uso de materiales nuevos.

Abstract

The new challenges in road engineer are closely linked to the optimization and saving of material resources. The correct reuse of residues is going to leads us to achieve a sustainable construction. The construction and demolition wastes (RDC) are materials that have the potential to be recycled as construction materials, mainly in road infrastructure. The RDC are a set of fragments or residues of material from any civil work, mainly composed form concrete, mortar, brick, stone and earth, among other things. The RDC have proved been well-graded aggregate materials, easy to handle and compact; have a high resistance to wear and abrasion, with a high modulus and a low permanent deformation. However, by making use of these materials we have to determine additional aspects to those already considered for the new material. Thus, the fact of using RDC should never compromise the quality and safety of a road project. Among the key aspects to consider, there are the geotechnical and environmental assessments. In the reutilization of RDC, we must consider the interactions they could have with the environment (transfer of pollutants by rainwater infiltration, deformations due to weather or traffic, etc.) and evaluate their potential to solubilize or react with any component in the material. A couple of projects have been successfully done in our country with these materials, mainly used in hydraulic bases or as restorative material, however, this cases just reflect a thousandth part of the number of projects in which the RDC can be part for achieve reduce the use of new materials.

Palabras clave: reciclaje, construcción, ingeniería civil, medio ambiente.

Keywords: recycling, construction, civil engineering, environment.

I. Reaprovechamiento

El continuo y rápido aumento en la demanda de recursos materiales ha puesto al límite la explotación de bancos de extracción y, a la par, ha generado un gran problema medioambiental sobre la disposición de los residuos que se producen por estas mismas actividades. Esto, ha dado lugar a nuevos retos en tecnología e infraestructura que logren llevar a ahorros y optimización sobre el manejo y gestión de recursos.

Así, varios países -de ambos lados del continente-, plantean como requisito ahorrar materiales y obligatorio el reúso de los mismos en proyectos de gran infraestructura, así como la gestión integral de los residuos generados (OECD, 1997). Aunado al beneficio económico que estas acciones pudieran llevar, las restricciones ambientales que surgen cada día son más severas en estos aspectos, lo que se espera se vea reflejado en un gran progreso en la metodologías para la reutilización de los residuos.

En este contexto, el reaprovechamiento se refiere a volver a obtener un beneficio de un bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido, reconociendo como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, la recuperación o reutilización (SEMARNAT, 2013). El reaprovechar un residuo someter un material que ya tuvo un fin, a una transformación o valoración para permitir o promover su recuperación, de modo que garantice su renovación y función a largo plazo (CMIC, 2014).

El reaprovechamiento se refiere a volver a obtener un beneficio de un bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido

Desde una perspectiva de ingeniería de caminos, los materiales empleados deben ser utilizados de una manera tal, que el rendimiento esperado del proyecto no se vea comprometido. Por lo que los residuos y sub-productos, que generalmente llegan a presentar características muy diferentes a los naturales o utilizados por primera vez, ya han sufrido procesos de modifican sus propiedades (SAMARIS, 2005). Debido a esto, una parte importante de su reaprovechamiento es la determinación de sus características para encontrar su uso óptimo y especificaciones. La experiencia y el conocimiento sobre el uso de estos materiales varían de un material a otro, así como de un lugar o país (OECD, 1997).

Al emplear materiales de reciclado, se debe estar al tanto de las propiedades de los materiales no convencionalmente usados –por llamarlos de alguna manera-, la forma en que se pueden utilizar y las limitaciones que pueden ser asociadas con su uso (SAMARIS, 2005). Las consideraciones que se deben tener son principalmente debidas a las condiciones a las que estará sometido el residuo o sub-producto y son determinantes para su empleo. Desde su origen o procedencia podemos abordar algunos controles sobre la heterogeneidad del material: si requerirá algún tratamiento previo a su empleo, la constancia en su producción, los tiempos para su estabilización en caso de ser necesaria, entre otros (FHWA, 1998).

El continuo y rápido aumento en la demanda de recursos materiales ha puesto al límite la explotación de bancos de extracción y, a la par, ha generado un gran problema medioambiental

2. ¿Qué son los residuos de demolición y construcción?

Los residuos de demolición y construcción (denominados RDC) son aquellos constituidos por un conjunto de fragmentos o restos de tabiques, piedras, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos, aluminio y varillas, entre otros (NTEA, 2009). Se generan en plantas de reciclado (Figura 1) mediante una separación inicial del material no deseado (metal, papel, madera, etc.) y su posteriormente son triturados de acuerdo con especificaciones de tamaño (granulometría); obteniéndose así, desde arenas, gravas y gravillas recicladas.



Figura 1. Planta de reciclaje de residuos de demolición y construcción (concretos reciclados).

Figura 2. Material reciclado de demolición y construcción.

Sobre los RDC podemos hablar de dos tipos: los residuos de demolición y construcción de edificios y cimientos, y los residuos de demolición provenientes de las mismas obras de caminos, como en el caso de carpetas de concreto hidráulico. En el primero estamos hablando principalmente de residuos de la demolición de pisos, muros y cimientos; mientras que en el segundo estamos hablando de materiales más homogéneos como la demolición únicamente del concreto de caminos ya existentes.

Estos residuos, como materiales de construcción, aún carecen de una gestión adecuada que permita la promoción de su uso o reciclaje en nuevas obras o proyectos. Sin embargo, las necesidades actuales de materiales en la construcción de infraestructura (carreteras, puentes, viviendas, entre otros), el aumento de la demanda de viviendas han generado una polémica en torno a su disposición y regulación.

Las propiedades mecánicas que presenten dependen principalmente de la calidad de los materiales y su edad. Por ejemplo, los RDC provenientes de la demolición de edificios son materiales con agregados bien graduados, fáciles de manejar y compactar; presentan alta resistencia al desgaste y a la abrasión,

Son aquellos constituidos por un conjunto de fragmentos o restos de tabiques, piedras, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos, aluminio y varillas

Estos residuos, como materiales de construcción, aún carecen de una gestión adecuada que permita la promoción de su uso o reciclaje en nuevas obras o proyectos

así como un alto módulo elástico y una baja deformación (permanente) (Melton, 2001). Existen algunos riesgos de hinchamiento si hay presencia de yeso en el material. En caso de emplearse con una alta exposición al agua, puede lixiviar con un pH alcalino muy alto, generando en parte problemas ambientales y daños por corrosión (FHWA, 1998).

En el caso de los RDC provenientes de pavimentos de concreto, la intensidad de compactación es mayor que en los obtenidos por la demolición de edificios, presentan una aun mayor resistencia al desgaste y a la abrasión. Sin embargo, son materiales cuya contaminación se da principalmente con los hombros del camino y otros trabajos de asfalto que pudieran existir. En lugares donde existe la práctica de aplicar productos para evitar el congelamiento de los caminos, puede generar una contaminación por la presencia de cloruros (Cl-) (SAMARIS, 2006).

Este tipo de residuos no son catalogados como peligrosos, no obstante están en una clasificación de residuos definidos como Residuos de Manejo Especial (RME). En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en su Ley General para la Prevención y Gestión de Residuos (LGPGR), define a los RME como a los residuos generados en los procesos de producción que son generados por grandes volúmenes (más de 10 toneladas al año) de residuos sólidos urbanos, pero que no tienen las características para ser considerados residuos peligrosos. Es decir, son de manejo especial por las cantidades en las que son producidos.

Existen datos (SEMARNAT, 2009) que evidencian que la mayor parte de los RME generados en el país son provenientes de la construcción y demolición, siendo cerca del 77%; 18% de los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, 3% de residuos generados por los servicios de transporte (en su mayoría de las terminales de pasajeros y las actividades administrativas y comerciales, así como el movimiento de las unidades) y el 2% restante derivados por los servicios de salud. Dentro de los generados por actividades de demolición y construcción, podemos clasificarlos de acuerdo con su manejo y reaprovechamiento (Tabla 1) o por su procedencia u origen (Tabla 2).

En lugares donde existe la práctica de aplicar productos para evitar el congelamiento de los caminos, puede generar una contaminación por la presencia de cloruros

Tabla 1. Clasificación de RDC para su manejo y aprovechamiento (RNAT, 2006).

Tipo de residuo de la construcción y demolición	Posibles usos
A. Provenientes de concretos hidráulicos y morteros	
Elementos prefabricados	Bases hidráulicas en caminos y estacionamientos
Elementos estructurales y no estructurales	Concretos hidráulicos para la construcción de firmes, ciclopistas, banquetas y guarniciones
Sobrantes de concreto en obra y premezclado	Elaboración de productos prefabricados (Blocks, tabiques, adocretos, adopastos, losetas, guarniciones, bordillos, postes de cemento-arena)
	Bases para ciclopistas, firmes, guarniciones y banquetas
	Construcción de andadores y trotapistas
	Sub-bases en caminos y estacionamientos
	Construcción de terraplenes
	Construcción de pedraplenes
	Material para relleno o para la elaboración de suelo - cemento
	Material para lecho, acostillamiento de tuberías y relleno total de cepas
	Material para la conformación de terrenos
	Rellenos en cimentaciones
	Relleno en azoteas o en jardineras
	Mobiliario urbano
	Construcción de muros de carga y divisorios
B. Mezclados	
Concretos hidráulicos	Sub-bases en caminos y estacionamientos
Morteros	Construcción de terraplenes
Blocks	Cobertura final en los rellenos sanitarios
Tabicones	Construcción de andadores y trotapistas
Adoquines	Bases para ciclopistas, firmes, guarniciones y banquetas
Tubos de albañal	Material para lecho, acostillamiento de tuberías y relleno de cepas
Cerámicos	Construcción de pedraplenes
Mamposterías	Material para la conformación de terrenos
Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, etc.),	Rellenos en cimentaciones
Piedra braza	
Agregados pétreos	Relleno en azoteas o en jardineras
C. Provenientes de fresado de concreto asfáltico	
Carpeta asfáltica	Bases asfálticas o negras
Bases negras	Concretos asfálticos elaborados en caliente
	Concretos asfálticos templados o tibios
	Concretos asfálticos elaborados en frío

Tabla 2. Clasificación de RDC de acuerdo con su origen (SAMARIS, 2006).

ACTIVIDAD	OBJETO	COMPONENTES PRINCIPALES	OBSERVACIONES
Demolición	Viviendas	Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas	Los materiales dependen de la edad del edificio y del uso concreto del mismo en el caso de los de servicios
	Otros edificios	Recientes: ladrillo, hormigón, hierro, acero, metales y plásticos	
	Obras públicas	Industriales: hormigón, acero, ladrillo, mampostería	Los materiales dependen mucho de la edad y el tipo de infraestructura a demoler. No es una actividad frecuente.
		Servicios: hormigón, ladrillo, mampostería, hierro, madera.	
Construcción	Excavación	Tierras	Normalmente se reutilizan en gran parte.
	Edificación y Obras públicas	Hormigón, hierro, acero, ladrillos, bloques, tejas, materiales cerámicos, plásticos, materiales no féreos.	Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por su inadecuada calidad y roturas por deficiente manipulación.
	Reparación y mantenimiento	Suelo, roca, hormigón, productos bituminosos.	Generación de residuos poco significativa en el caso de edificación.
	Reconstrucción y rehabilitación	Viviendas: cal, yeso, madera, tejas, materiales cerámicos, pavimentos, ladrillo.	
		Otro: hormigón, acero, mampostería, ladrillo, yeso, cal, madera.	

El rubro de la construcción se ha caracterizado por tener un sólido sustento legislativo, normativo y de reglamentación; sin embargo, en el tema de gestión de residuos y su reaprovechamiento ha habido huecos importantes que atender para lograr una construcción sustentable. Con la publicación y entrada en vigor de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) se formaliza el inicio de la gestión de los RDC, ya que esta ley prevé dentro de sus instrumentos la prevención y gestión integral de los residuos, programas y planes de manejo para fomentar sus cadenas de valor, pero estos lineamientos aún tienen poco tiempo haberse puesto en marcha para tener un impacto significativo en el tema, principalmente por el carácter de voluntaria que prevalece en su normativa.

En el tema de gestión de residuos y su reaprovechamiento ha habido huecos importantes que atender para lograr una construcción sustentable

De la LGPGIR surge la NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y normas estatales como la NADF-007-RNAT-2004 sobre clasificación y especificaciones del manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal, la NTEA-011-SMA-RS-2008 acerca del manejo de los RDC en el Estado de México y la NAE-SEMADES-007/2008 con los criterios y especificaciones técnicas para la separación, clasificación y valorización de estos residuos en el estado de Jalisco. Dentro de esta normativa, encontramos especificaciones que

Encontramos especificaciones que plantean al generador de RDC enviar a reciclaje al menos 30% de lo generado en un primer año de obra, incrementándose un 15% para cada año consecutivo

plantean al generador de RDC enviar a reciclaje al menos 30% de lo generado en un primer año de obra, incrementándose un 15% para cada año consecutivo.

Se estima (SEMARNAT, 2009) que la generación de RDC es de 0.3 m³ por cada m² construido, con un peso de 1.3 toneladas por cada m³ de residuos que tratar, de los cuales el 43% es material de excavación, 24% concreto, 12% pedacería de block y tabique, y un 10% restantes de otros. Igualmente, se estima que el 20% de los residuos son enviados a centros de reciclaje y el 80% restante a disposición final. Sin embargo, debido a la falta de demanda de materiales reciclados sólo el 2% aproximadamente es empleado en las obras, el resto al igual que el residuo de concreto es almacenado.

3. Evaluaciones

Los lineamientos que impulsan el reaprovechamiento de RDC concuerdan en que el empleo de estos materiales nunca debe comprometer la calidad y seguridad del proyecto, por lo que, las evaluaciones y la determinación de las propiedades del material deben ser prioritarias, así como la determinación de su desempeño para el posible uso que pudieran tener. Así, son de gran relevancia sus evaluaciones tanto geotécnicas como ambientales.

3.1 Geotécnicas

Las pruebas realizadas a los RDC como materiales para construcción son de acuerdo con los criterios y lineamientos que deben satisfacer los materiales vírgenes, conforme a la norma establecida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (NIT-SCT). Estas pruebas son para evaluar los materiales de acuerdo con la estructura a que vaya a formar parte (base, subbase, carpeta, etc.); las propiedades índice determinadas ayudarán a clasificar el material y estimar su desempeño. Estas propiedades son el contenido de humedad, granulometría, los límites líquido y plástico que presente, contracción lineal, densidad de gravas, peso volumétrico seco (suelto y compacto), equivalente de arena y permeabilidad.

Además de estas determinaciones, es necesario conocer su comportamiento en la compactación a través de los ensayos Proctor (estándar y modificada), así como sus valores de relativos de soporte (VRS); las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados deben mostrar valores de aptitud para ser empleados como materiales (Figura 3). Debido a que hay un proceso de trituración involucrado, las granulometrías pueden manipularse a demanda para el fin al que vayan a ser empleados.

Los lineamientos que impulsan el reaprovechamiento de RDC concuerdan en que el empleo de estos materiales nunca debe comprometer la calidad y seguridad del proyecto



Figura 3. Determinaciones: a) granulométrica, b) de tamaño de la partícula y c) de desgaste a RDC (Fotos propias IMT).

Los RDC han mostrado ser materiales con agregados bien graduados, fáciles de manejar y compactar; con alta resistencia al desgaste y a la abrasión, alto módulo elástico y una baja deformación permanente (SAMARIS, 2005).

3.2 Ambientales

En el reaprovechamiento de materiales no convencionales -como son los RDC-, se debe tomar en cuenta la interacción que éstos tendrán con el ambiente en el que se encontrarán, es decir, considerar sus interacciones físicas y químicas. Dentro de las interacciones que más probabilidad tienen de ocurrir son la infiltración por lluvia, la movilidad de partículas finas (transporte aéreo), como por transferencia al subsuelo o agua subterránea ya sea antes, durante o después de las coberturas con carpeta o capa superiores (sellos). Estas interacciones son muy importantes, debido a que de los RDC pueden contener contaminantes que afecten de manera directa o indirecta al ambiente, incluso a estructuras adyacentes (SAMARIS, 2006). Esto en parte es debido a la composición heterogénea que guardan estos materiales o cualquier otro que se plantee a ser usado como un material no convencionalmente empleado en la construcción de caminos. Otra de las interacciones potenciales que puede ocurrir es el efecto de la transferencia de material junto con algún contaminante, por deformaciones que ocurren debido al añejamiento causado por las condiciones climáticas, así como a las deformaciones debidas al tránsito (Eighmy, 2001) (Figura 4).

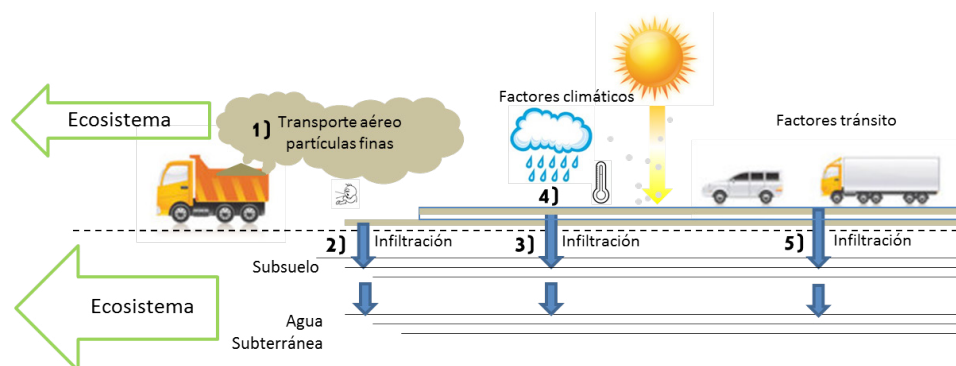


Figura 4. Posibles interacciones ambientales de materiales empleados en la construcción de caminos (modificado de SAMARIS, 2005). 1) Transporte de partículas finas, 2) y 3) Infiltración por lluvia, 4) Transferencia de contaminantes por deformaciones debido condiciones climáticas, y 5) Por deformaciones debidas al tránsito.

Durante el periodo de vida útil del material, su comportamiento puede verse afectado por diferentes factores (termales, químicos, mecánicos), los efectos que pueda tener estos materiales

en el ambiente están predominadas a su exposición a la precipitación (Ortiz-Ripoll, 2005), por lo que las evaluaciones para conocer la lixiviación de contaminantes en los RDC es determinante para su control ambiental.

El material no debe experimentar transformaciones químicas, físicas o biológicas, de igual manera no debe solubilizarse o reaccionar de algún modo; no debe ser biodegradable o interaccionar de manera negativa con algún otro material con el que estará en contacto. Se debe tener en cuenta la lixiviación, la toxicidad y el contenido de compuestos que pudieran llegar a ocasionar algún tipo de contaminación o afectar a la salud humana. Estos parámetros en términos generales son sencillos de determinar a través de pruebas de lixiviación, y en caso haber algún riesgo se pueden estabilizar con cal o cemento, que aparte de volverlos compuestos inertes, mejora las características geotécnicas y resistencia a la compresión.

Las pruebas de lixiviación son protocolos realizados para liberar de manera acelerada las especies químicas contenidas en un material, con el objetivo de caracterizar su potencial para ser movilizado al ambiente. Principalmente se emplean para la caracterización de un material en un estado particular bajo los cuales los compuestos están en fase sólida y en la evaluación ambiental se busca primordialmente concentraciones de metales pesados (por su alta toxicidad a bajas concentraciones) y contenido de sulfatos (por su potencial de lixiviar sales). Complementarias a estas determinaciones está el contenido de materia orgánica y carbonatos (SAMARIS, 2006).

4. Diagnóstico

Los RDC son materiales que pueden utilizarse en la base para estructuras de tránsito ligero (menos de 150 vehículos pesados diarios), como ligante del asfalto en pavimentos flexibles en la capa base, utilizarse como agregado (fracción gruesa) o como filler (fracción fina) (Ortiz-Ripoll, 2005). También en la base de pavimentos rígidos. Para pavimentos rígidos y flexibles, también se emplea en la sub-base como ligante del cemento. Se pueden emplear en la construcción de la subrasante y para los hombros, paisajismo y terraplenes (SAMARIS, 2005).

Cuando son positivos a la presencia de sulfatos solubles los residuos no se considera pudieran tener efectos en la durabilidad de la aplicación, sin embargo arriba de un cierto límite -concentración de sulfatos [(SO₄²⁻)] mayor al 0,7% en masa de material seco- pueden ocasionar daños a las obras adyacentes y ser sensibles al agua superficial, por lo que su uso en zonas de inundación debe evitarse (SAMARIS, 2005).

Se debe tener en cuenta la lixiviación, la toxicidad y el contenido de compuestos que pudieran llegar a ocasionar algún tipo de contaminación o afectar a la salud humana

Los RDC son materiales que pueden utilizarse en la base para estructuras de tránsito ligero (menos de 150 vehículos pesados diarios), como ligante del asfalto en pavimentos flexibles en la capa base

En nuestro país es factible el empleo de los residuos de demolición provenientes de proyectos de construcción; los RDC han mostrado ser materiales con agregados bien graduados, fáciles de manejar y compactar, con alta resistencia al desgaste y a la abrasión, alto módulo elástico y una baja deformación permanente, por lo que su utilización se ha llevado con éxito en varios proyectos en el país principalmente como componentes en bases hidráulicas en vialidades (Figura 6), y como material de restauración (Figura 7).



Figura 6. Empleo principalmente en bases hidráulicas, en vialidades en Chimalhuacán (Concretos reciclados).

Figura 7. Reciclado de material y restauración "Parque Bicentenario" Azcapotzalco (Concretos reciclados).

5. Conclusiones

Con la implementación de las propuestas estratégicas para la elaboración de planes de manejo de los RDC basadas en reaprovechamiento, reciclaje y en la reducción de la generación de residuos es factible el empleo de los residuos de demolición provenientes de proyectos de construcción los RDC en proyectos de infraestructura de caminos, como lo ha sido como componentes en bases hidráulicas y como material de restauración.

Es de primordial importancia la evaluación tanto geotécnica como ambiental de los RDC como materiales no convencionales en la construcción, ya que sus características serán determinantes en su uso, y las interacciones potenciales que puedan tener con y para el ambiente, primordiales para su empleo.

El impulso que ha tenido el desarrollo de estrategias para el manejo y reaprovechamiento de RDC, junto a un más exigente marco legislativo y normativo, han traído una perspectiva de escenarios futuros más prometedores para estos materiales. Por sus características de ser materiales con agregados bien graduados, fáciles de manejar y compactar, con alta resistencia al desgaste y a la abrasión, alto módulo elástico y una baja deformación permanente ha sido factible el empleo de los RDC con éxito en varios proyectos de nuestro país.

Es de primordial importancia la evaluación tanto geotécnica como ambiental de los RDC como materiales no convencionales en la construcción

La necesidad de establecer lineamientos de crecimiento y mejorar la calidad de vida mediante la competitividad de nuevos productos y servicios ambientalmente amigables, enfoca los esfuerzos hacia una sociedad que consuma menos recursos, genere menos impactos y riesgos para el medio ambiente. Así, podemos hablar de atacar esta problemática desde su origen, cuando los residuos son generados, y poder obtener resultados que ayuden a conceptualizar una construcción sustentable.

Referencias

- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (2014). *Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición*.
- Federal Highway Administration (1998). *User Guidelines for Waste and By-product Materials in Pavement Construction*. Publicación No. FHWA-RD-97-148.
- “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” (2003). *Diario Oficial de la Federación*, 8-10-2003. Última reforma publicada 2007.
- Melton, J.S. (2001). “Guidance for Recycling Concrete Aggregate Used in the Highway Environment” ACI SP-219, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- Norma Ambiental del Distrito Federal (2006) NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 12-07-2006.
- Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 (2013), que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. *Diario Oficial de la Federación*, 1 de febrero de 2013.
- Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-011-SMA-RS-2008 (2009), que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción para el Estado de México. *Gaceta del Gobierno*, 21 de mayo de 2009.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) (1997). *Organization for Economic Cooperation and Development. Recycling strategies for road works*. Road Transport Research.

Ortiz-Ripoll, Jorge (2005). Criterios para una valoración medioambiental de la sustitución del filler de recuperación de los áridos en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente. Revista *Rutas*, no. 107.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009). Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, México.

Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure (2005). Methodology for assessing alternative materials for road construction. Deliverable no.16.

Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure (2006). Final Summary Report, Deliverable, no. 32.

Taylor Eighmy T. y Chesner Warren. H. (2001). *Framework for evaluating use of recycled materials in the highway environment*. Reporte FHWA-RD-00-140.