

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD),

UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARPETAS ASFÁLTICAS

INTRODUCCIÓN

La producción de residuos de construcción y demolición (RCD) a nivel mundial ha aumentado considerablemente durante las últimas décadas, lo que ha ocasionado un problema ambiental a consecuencia de su vertido incontrolado. No obstante, en países como Holanda, Alemania, China, España, Brasil, Chile, entre otros, el estudio del comportamiento mecánico de estos materiales, así como la creación de leyes y programas a fin de que puedan ser reutilizados en diferentes aplicaciones, cada día recibe mayor impulso.

En México a partir de agosto de 2013 los constructores están obligados a cumplir con la formulación de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición conforme a la norma NOM-161-SEMARNAT-2011, la cual establece que los residuos de la construcción se clasifican como residuos de manejo especial, lo que obliga a realizar acciones para su reutilización y reciclaje o, en su caso, la correcta disposición.

El objetivo de este trabajo es utilizar residuos de construcción y demolición como complemento de los agregados pétreos en la elaboración de mezclas asfálticas, las cuales puedan ser utilizadas en la construcción de carpetas asfálticas de vialidades urbanas. De esta manera se genera una alternativa de mitigación del problema ambiental que se deriva de una gestión inadecuada de estos residuos.

PRUEBAS DE LABORATORIO

Con el fin de evaluar el desempeño de mezclas asfálticas elaboradas con agregados producto del reciclado de RCD, se fabricaron probetas de concreto asfáltico en las que se utilizaron combinaciones de agregado pétreo y reciclado de RCD en proporciones de 100-0, 90-10, 80-20, 70-30 y 60-40, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Los agregados pétreos naturales empleados en esta investigación eran de tipo basáltico, y fueron lavados, cribados y almacenados según su tamaño.

CEMENTO ASFÁLTICO

El cemento asfáltico empleado en la fabricación del concreto asfáltico estudiado fue de tipo AC-20 de acuerdo con la norma SCT N-CMT-4-05-001/06, proveniente de la refinería Miguel Hidalgo, localizada en el estado de Hidalgo.

AGREGADO PÉTREO

De tipo basáltico vesicular limpio, tal como se muestra en la figura 1a. Dicho agregado se obtuvo gracias al apoyo de la planta de asfalto del Distrito Federal, la cual emplea como materia prima el producto del triturado de los diferentes bancos que conforman la cantera de la Unidad Productora de Triturados Basálticos Parrés, ubicada en el km 38.5 de la carretera federal México-Cuernavaca.

AGREGADO RECICLADO DE RCD

Los agregados reciclados estuvieron compuestos por agregados pétreos con y sin mortero, mortero, tabiques, yeso, cerámicos y ladrillo (ver figura 1b). Debido a la presencia de cemento en polvo en dichos agregados, el cual puede reaccionar con el agua, se decidió no lavarlos, sino solamente realizarles una inspección visual para eliminar los residuos de madera, plástico, yesos, cerámica y ladrillos a partir de la fracción gruesa, para su posterior cribado y almacenamiento según su tamaño. Estos materiales fueron proporcionados por la Planta de Concretos Reciclados, ubicada al sur del Distrito Federal. Cabe mencionar que ambos tipos de agregados (naturales y reciclados) cumplieron con los requisitos de pruebas de consenso, origen y rutina definidas en el protocolo de diseño de mezclas asfálticas de alto desempeño (AMAAC, 2008), tal como lo indica García (2014).



Figura 1. Agregados utilizados en la elaboración de especímenes de concreto asfáltico

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS AGREGADOS

En la figura 2 se presenta la distribución granulométrica empleada en este estudio, la cual presenta tamaños máximo y nominal de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", respectivamente.

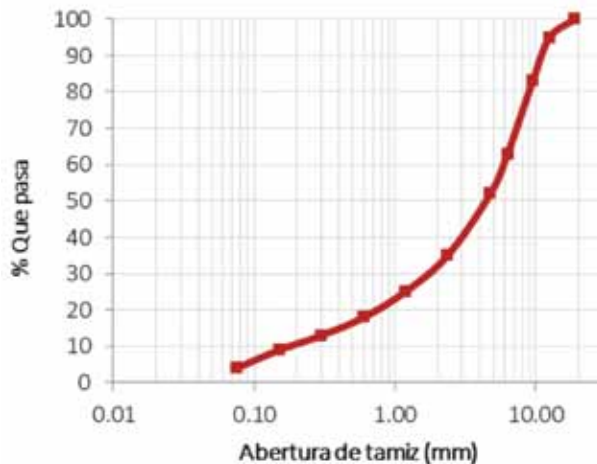


Figura 2. Granulometría de diseño

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Para el diseño de las mezclas asfálticas se tomaron en cuenta los criterios de diseño definidos por el SHRP (Strategic Highway Research Program), conocidos como metodología Superpave (Asphalt Institute, 2001), así como las recomendaciones del protocolo de la AMAAC para el diseño de mezclas asfálticas densas de alto desempeño. Dado el interés de utilizar agregados producto del reciclaje de RCD en la construcción de carpetas asfálticas para vialidades urbanas de alto tráfico, se definió un tránsito de diseño de 9.5 millones de ejes equivalentes, el cual se clasifica dentro de los niveles 2 de la metodología Superpave y de las especificaciones del protocolo de la AMAAC. Tomando en cuenta lo anterior, se elaboraron especímenes cilíndricos de 150 mm de diámetro y 115 mm de altura aproximadamente, mediante un compactador giratorio (ver figura 3), a fin de representar las características de compactación de campo.

PRUEBAS DE DESEMPEÑO PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

SUSCEPTIBILIDAD AL DAÑO POR HUMEDAD

La susceptibilidad al daño por humedad es la resistencia al paso de agua y aire hacia el interior, o a través del concreto asfáltico. La resistencia al daño por humedad se relaciona con las propiedades químicas del agregado mineral y el contenido de vacíos de aire en la mezcla compactada, y por tanto con los procesos de oxidación del asfalto, su adherencia y el drenaje del pavimento (Garnica *et al.*, 2005).

En esta investigación la susceptibilidad a la humedad de los diferentes tipos de concreto asfáltico se evaluó a través de la prueba TSR (Tensile Strength Ratio) conforme a la norma AASHTO T283, que, como su nombre lo indica, consiste en determinar la relación entre la resistencia a la tensión indirecta de especímenes acondicionados en agua y especímenes secos.



Figura 3. Compactador giratorio

Para la evaluación del contenido óptimo de asfalto se utilizó la metodología RAMCODES, también conocida como polígono de vacíos (Sánchez *et al.*, 2002), con la idea de minimizar el tiempo de diseño de la mezcla y el consumo de asfalto y agregados. En la figura 4 se presentan las variaciones de los contenidos de asfalto conforme varía el contenido de agregados producto del reciclado de RCD. Tal como se observa en dicha figura, el contenido de asfalto aumenta conforme aumenta el porcentaje de agregado producto del reciclado de RCD en la mezcla, lo cual obedece a un aumento en la porosidad del agregado (Ossa y García, 2014)

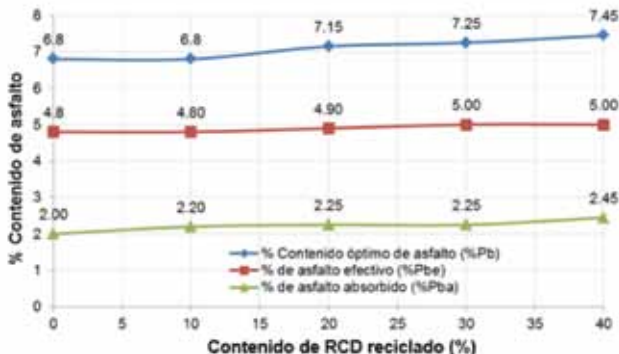


Figura 4. Variación del contenido de asfalto con el porcentaje de RCD reciclado

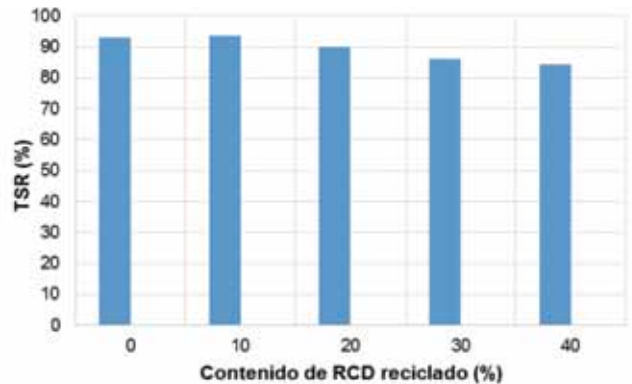


Figura 5. Resultados de pruebas de susceptibilidad al daño por humedad

En la figura 5 se presentan los resultados de las pruebas TSR efectuadas en especímenes de concreto asfáltico elaborados con combinaciones agregado convencional y producto de reciclado de RCD en proporciones 100-0, 90-10, 80-20, 70-30 y 60-40. En dicha figura se muestra cómo los valores de TSR disminuyen con el contenido de RCD en la mezcla asfáltica. Tomando en cuenta que los valores de TSR no deben exceder el 80 %, se considera que, desde el punto de vista de la susceptibilidad a la humedad, el concreto asfáltico elaborado con agregados producto del reciclado de RCD podría utilizarse en la construcción de carreteras urbanas.

SUSCEPTIBILIDAD A LA DEFORMACIÓN PERMANENTE

Una forma de evaluar el comportamiento de las mezclas asfálticas con respecto a la deformación permanente (roderas) consiste en analizar la respuesta del material en estado sólido (concreto asfáltico) bajo condiciones desfavorables, es decir, cuando presenta una rigidez mejor

(situación que se presenta generalmente a altas temperaturas) bajo una carga de tránsito elevada.

Existe una gran variedad de ensayos de rodadura y son ampliamente utilizados para determinar la resistencia a las deformaciones permanentes en el concreto asfáltico. En estos ensayos se mide la profundidad de la rodera que se forma en una probeta o placa prismática sometida al paso repetido de una rueda cargada bajo una determinada temperatura de ensayo. Las roderas en el espécimen de ensayo se correlacionan con respecto a las roderas del pavimento en servicio.

En esta investigación se decidió realizar la prueba de pista tipo B de acuerdo con la normatividad UNE EN 12697-22. En la figura 6 se presentan los resultados de las pruebas de susceptibilidad a la deformación permanente efectuadas en especímenes de concreto asfáltico elaborados con combinaciones de agregado convencional y producto de reciclado de RCD en proporciones 100-0, 90-10, 80-20, 70-30 y 60-40.

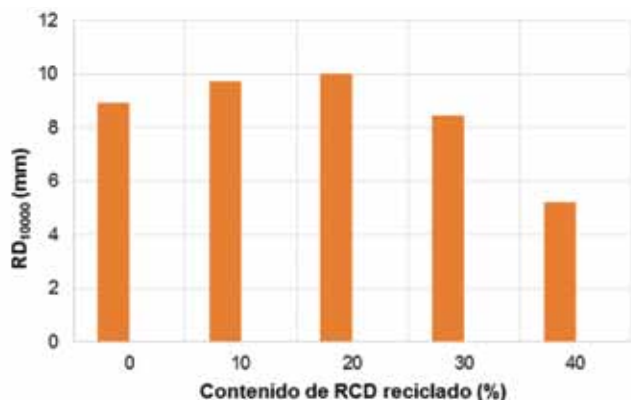


Figura 6. Resultados de pruebas de susceptibilidad a la deformación permanente

En la figura 6 se observa que las profundidades de rodera de todos los especímenes de concreto asfáltico en el ciclo diez mil (RD10000) en todos los casos es menor a 20 mm, tal como lo especifica la norma UNE EN 12697-22. Se observa además cómo este parámetro, en términos generales, tiende a disminuir en la medida que aumentan los porcentajes de agregados producto del reciclado de RCD en la mezcla; esto indica que las mezclas en las que se utilizan dichos agregados son menos susceptibles a la formación de roderas, lo cual podría suceder como consecuencia de un aumento de su angularidad (García Salas, 2014).

CONCLUSIONES

La incorporación de agregados productos del reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de mezclas de concreto asfáltico destinadas a la construcción de carpetas asfálticas en carreteras urbanas es viable desde el punto de vista de la susceptibilidad

al daño por humedad y a la deformación permanente. Sin embargo, se deberán realizar estudios adicionales que permitan definir los porcentajes de agregado reciclado adecuados para utilizarse en función de la variabilidad de sus características y propiedades.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General Asuntos del Personal Académico de la UNAM el apoyo financiero recibido para la realización y la culminación de esta investigación a través del proyecto PAPIIT IB100213. Adicionalmente, agradecen a la Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal y a la empresa Concretos Recicladados S. A. de C. V. la donación de los materiales necesarios para la fabricación de especímenes de concreto asfáltico (agregados pétreos naturales y cementos asfálticos, así como los agregados producto del reciclado de residuos de construcción y demolición respectivamente), vitales para que se realizara esta investigación.

REFERENCIAS

- Asociación Mexicana del Asfalto, AMAAC (2008). Diseño de mezclas asfálticas de granulometría de alto desempeño, *Protocolo AMAAC*, Colegio de Ingenieros Civiles de México.
- Asphalt Institute. (2001). *Superpave Mix Design*, Superpave, series no. 2 (SP-02), Asphalt Institute, Lexington, KY.
- García, J. L. (2014). *Empleo de residuos de concreto y demolición (RCD) en la construcción de carpetas asfálticas*, tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional.
- Garnica Anguas, P., M. Flores Flores, J. Gómez López y H. Delgado Alamilla (2005). *Caracterización geomecánica de mezclas asfálticas*, publicación no. 267, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro.
- Ossa, A. y J. L. García (2014). Empleo de residuos de concreto y demolición (RCD) en la construcción de carpetas asfálticas, XXVII Reunión Nacional de Mecánica de Suelo, Puerto Vallarta, Jalisco.
- Sánchez-Leal, F., P. Garnica Anguas, Gómez López y N. Pérez García (2002). *RAMCODES: Metodología racional para el análisis de densificación y resistencia de geomateriales compactados*, publicación no. 200, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro. |