

Mezclas asfálticas dosificadas con RCD para carreteras de bajo tráfico

Ignacio Pérez Pérez; Ana María Rodríguez Pasandín; Universidade da Coruña; E. T. S. I. de Caminos, Canales y Puertos
Juan Gallego Medina; Universidad Politécnica de Madrid; E. T. S. I. de Caminos, Canales y Puertos

Resumen

Se estudia la viabilidad técnica de utilizar áridos procedentes de residuos de construcción y demolición en mezclas asfálticas en caliente. Se eligió una mezcla gruesa con diferentes porcentajes de áridos reciclados. Los parámetros Marshall cumplen lo estipulado en el PG-3 para tráfico T3. Las mezclas asfálticas en caliente fabricadas con diferentes porcentajes de áridos reciclados tienen una mala adhesividad. Con áridos calizos se obtiene una mejor adhesividad. La adhesividad mejora notablemente al eliminar el mortero de cemento adherido a los áridos reciclados.

Palabras clave: mezclas asfálticas, residuos de construcción y demolición

1. Introducción

Los residuos constituyen uno de los problemas ambientales más graves de las sociedades modernas. Este es un problema en aumento, que no deja de agravarse debido al creciente volumen generado y a la estrecha relación entre los niveles de renta y de calidad de vida y el volumen de residuos que se genera. En este sentido, ya que la carretera es una obra pública que consume una gran cantidad de materiales, que habitualmente proceden de la industria extractiva, resulta necesario estudiar a fondo todas las posibles formas de uso de residuos en su construcción. Por ello, en este artículo se estudia la posibilidad de utilizar los áridos provenientes de residuos de construcción y demolición en mezclas asfálticas para carreteras de bajo tráfico.

2. Caracterización de los materiales

2.1. Áridos naturales.

Se utilizaron dos tipos diferentes de áridos naturales (AN). En primer lugar se dosificaron las mezclas con árido proporcionado por una cantera situada en el municipio de Carral en las cercanías de la ciudad de A Coruña, en fracciones 0/6, 6/12 y 12/25. El árido en cuestión es un Esquito Feldespático cuyos componentes principales son cuarzo (35%), feldespato sódico (30%), mica incolora o moscovita (20%) y clorita (15%). También se empleó como árido natural una caliza dolomítica procedente de una cantera situada en el municipio de Baralla en la provincia de Lugo. Ambos áridos cumplen las especificaciones del PG-3 (del año 2002), ya que todas sus caras son de fractura; presentan un índice de lajas en todas las fracciones ensayadas del árido grueso $\leq 20\%$; el coeficiente de Los Ángeles está comprendido entre 25% y 30%; el equivalente de arena es mayor del 50%.

2.2. Áridos reciclados.

Los áridos reciclados (AR) de Residuos de Construcción y demolición (RCD) fueron suministrados por la planta propiedad de la empresa TEC REC ubicada en la carretera de Valdemingómez PK 0+700 (Madrid) (Figura 1). Estos áridos tienen la granulometría requerida para rellenos en la fracción 0/40. Su composición, aproximada, en peso es la siguiente: Hormigón (72%); Piedra (20%); Cerámico (3%); Yeso y otras impurezas (1%) y Materiales asfálticos (4%). El índice de lajas y del equivalente de arena cumplen los requisitos del PG-3

(del año 2002). El valor del coeficiente de Los Ángeles es del 30%. Este valor no cumple los requisitos de tráfico pesado establecidos en el PG-3 (del año 2002) para tráfico pesado T00 y T0 en capas de base. Por otra parte, el coeficiente de absorción del AR (grueso) es 4,86%, un valor muy superior al ofrecido por los AN.



Figura 1. Áridos reciclados de RCD

2.3. Betún

Se eligió un betún de penetración 60/70, con un valor del punto de reblandecimiento de anillo y bola igual a 48,5. El índice de penetración es igual a -0,8. La densidad es de 1,03 g/cm³. Se comprobó que el betún cumple todas las especificaciones del PG-3.

3. Resultados

3.1. Dosificación de las mezclas

Se eligió una mezcla tipo AC 22 base G (anteriormente G-20) para su empleo en capas de base. En total se dosificaron 9 mezclas asfálticas con la misma granulometría pero diferentes porcentajes de AR. Las dosificaciones de las mezclas se hicieron empleando el Método Marshall (NLT-159) de acuerdo con el PG-3 del año 2002. En la figura 2 se presenta la granulometría elegida para todas las mezclas. Como polvo mineral se utilizó en todas ellas un 4,75% de cemento. En la tabla 1 se pueden observar las cuatro mezclas que emplearon esquisto feldespático (E) como árido natural. Los porcentajes de AR de estas mezclas fueron los siguientes: 0%, 20%, 40% y 60%. Estos porcentajes de AR fueron utilizados en las fracciones más gruesas de las curvas granulométricas. Posteriormente, se fabricaron dos mezclas asfálticas con un 20% y un 40% de AR después de ser sometidos a la abrasión de la máquina de Los Ángeles con el fin de eliminar el mortero adherido a los áridos reciclados. Estas dos mezclas están especificadas, en la tabla 1, mediante la nomenclatura AC22-20A-E; y, AC22-40A-E. Finalmente, se elaboraron tres mezclas asfálticas empleando el árido natural calizo (C), con unos porcentajes de AR del 0%, 20% y 40%.

En la tabla 1 están reflejados los valores de los parámetros Marshall: Huecos en áridos (Ha); Huecos en mezcla (Hm); Deformación (Def.); Estabilidad (Est.) y Densidad (D), así como el porcentaje de betún óptimo (Bo). De los resultados de dicha tabla se deduce que todas las mezclas son en principio susceptibles de ser utilizadas en capas de base, para tráfico T3, de acuerdo a los requisitos especificados en el PG-3 del año 2002.

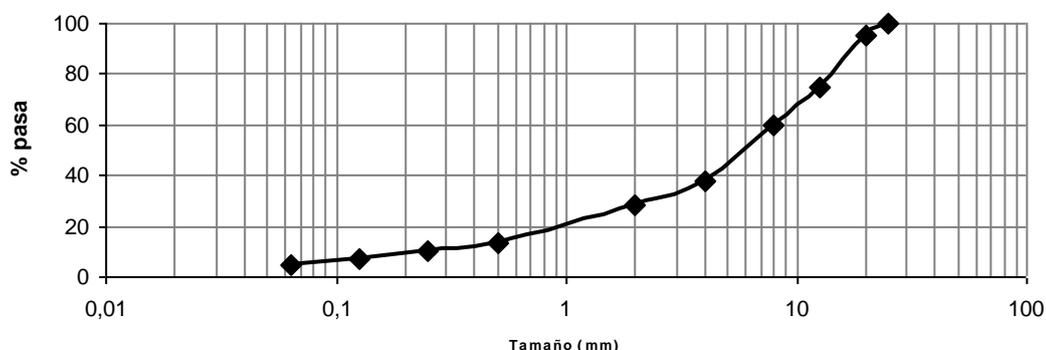


Figura 2 Curva granulométrica

Los resultados de la tabla 1 muestran que las probetas fabricadas con AR de RCD presentan un mayor porcentaje de huecos en áridos. En dicha tabla se ve claramente que a medida que se incrementa el porcentaje de AR de las mezclas aumenta el porcentaje de huecos en áridos. Así, las mezclas fabricadas con AR requieren un mayor porcentaje de betún óptimo que las mezclas fabricadas solamente con AN. Este comportamiento se produce tanto en las mezclas fabricadas con AR y áridos procedentes del esquisto; como en las mezclas elaboradas con AR y áridos calizos. Asimismo, obsérvese que las densidades de las mezclas disminuyen al incrementarse el porcentaje de AR. Las densidades de las mezclas que incorporan áridos calizos son mayores debido a la mayor densidad relativa de estos áridos. Esto se manifiesta en que las mezclas que contienen áridos calizos tienen un menor porcentaje de huecos en áridos que las mezclas que incorporan el esquisto y, por tanto, es necesario un menor porcentaje de betún óptimo.

Mezcla	AR (%)	Bo (%)	Ha (%)	Hm (%)	Def. (mm)	Est. (KN)	D (g/cm ³)
AC22-0-E	0	4,5	14,5	50	2,3	10,5	2,36
AC22-20-E	20	5,0	15,5	5,0	2,4	11,0	2,33
AC22-40-E	40	5,5	17,0	5,0	2,4	11,0	2,27
AC22-60-E	60	5,5	17,0	5,5	2,6	12,2	2,26
AC22-20A-E	20	4,5	15,5	5,0	2,3	10,0	2,32
AC22-40A-E	40	4,5	15,0	5,5	2,5	10,0	2,33
AC22-0-C	0	4,0	14,0	5,0	2,3	10,2	2,45
AC22-20-C	20	4,3	15,0	5,0	2,4	11,2	2,39
AC22-40-C	40	4,5	16,5	7,0	2,7	11,2	2,30

Tabla 1. Porcentaje de betún óptimo y parámetros Marshall.

En la tabla 1 puede observarse que, por el contrario, en las mezclas AC22-20A –E y AC22-40A-E, que no tienen ni mortero adherido a los AR ni impurezas, se presenta un comportamiento diferente. En este sentido, no se incrementa el porcentaje de huecos con el aumento del porcentaje de AR, ni tampoco requieren una mayor cantidad de betún para rellenar los huecos en áridos. Obsérvese que en estas dos mezclas se obtienen prácticamente los mismos valores de los parámetros Marshall. De estos resultados se deduce que las mezclas fabricadas con AR tienen más huecos que las mezclas con solamente AN. Este mayor porcentaje de huecos

posiblemente sea debido tanto al mortero adherido a los AR provenientes de la demolición de elementos estructurales fabricados con hormigón como a diversas impurezas: yesos, ladrillos, etc., incorporados en los RCD. Todo esto se manifiesta en una mayor absorción de agua. Además, en la tabla 1 se observa una tendencia de aumento de la estabilidad marshall de las mezclas a medida que se incrementa el porcentaje de AR de las mismas.

3.2. Rigidez de las mezclas

En la figura 3 están representados los valores del Módulo Marshall en función del porcentaje de betún para dos tipos de mezclas fabricadas con el esquistos feldespático. Puede observarse que las mezclas sin el mortero adherido al árido reciclado tienen una menor rigidez. Así, en la figura 3a la mezcla AC22-40A-E está situada por debajo de la mezcla AC22-40-E. Lo mismo ocurre en la figura 3b, la mezcla AC22-20A-E ésta situada por debajo de la mezcla AC22-20-E. Estos resultados muestran que al eliminarse el mortero de cemento que contienen los AR se produce una disminución de la rigidez de las mezclas.

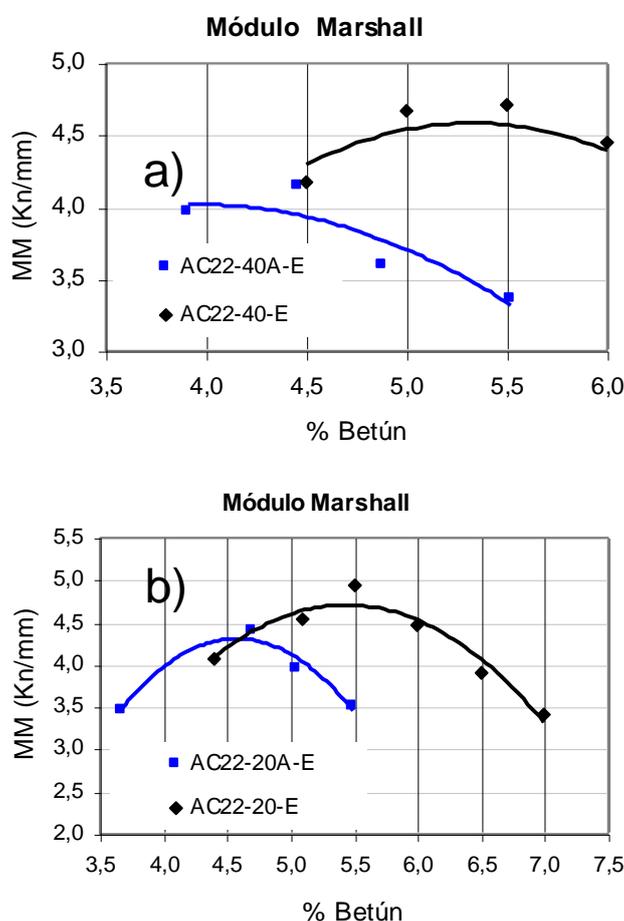


Figura 3. Módulo Marshall de las mezclas. a) 40% de AR, b) 20% de AR.

3.3 Resistencia a la acción del agua

La resistencia de estas mezclas a la acción del agua se evaluó mediante el ensayo inmersión-tracción según la norma UNE-EN- 12697-12. Se fabricaron seis probetas de cada tipo de mezcla que fueron ensayadas bajo las condiciones que indica la norma de ensayo. En la tabla 2 se pueden observar los resultados obtenidos de las Resistencias a Tracción Indirecta (RTI) tanto de las probetas en estado húmedo como seco. También están reflejados los índices de resistencia conservada (RRTI).

En las mezclas que utilizan como árido natural un 100% del esquistos feldespático (AC22-0-E) el resultado del índice de resistencia conservada fue del 79%, no cumpliendo el umbral del 80% que exige el PG-3 (del año 2008) para una mezcla asfáltica en caliente utilizada en capa de base. La mezcla AC22-20-E que utiliza un 20% de AR de RCD ofrece un valor de la resistencia conservada igual al 64%, no superando dicho umbral. La mezcla AC22-40-E que emplea un 40% de AR tampoco cumple. La excepción es la mezcla AC22-60-E que arrojó un índice RRTI del 87%. Las mezclas AC22-20A-E y AC22-40A-E, que llevan AR sometidos al proceso de abrasión en la máquina de Los Ángeles, superan el umbral del 80% ya que ofrecieron unas resistencias conservadas del 85% y 83%, respectivamente. Tanto la mezcla AC22-0-C como la AC22-20-C, que utilizan árido natural calizo y porcentajes de AR del 0% y 20%, arrojaron unas excelentes resistencias conservadas del 85% y 92%, respectivamente. La mezcla AC22-40-C, ofreció solamente una resistencia conservada del 72%.

Mezcla	RTI (MPa)		RRTI (%)
	Húmedas	Secas	
AC22-0-E	0,863	1,094	79
AC22-20-E	0,783	1,220	64
AC22-40-E	0,857	1,084	79
AC22-60-E	0,832	0,950	87
AC22-20A-E	0,788	0,927	85
AC22-40A-E	0,804	0,968	83
AC22-0-C.	0,789	0,927	85
AC22-20-C.	0,934	1,018	92
AC22-40-C.	0,799	1,118	72

Tabla 2. Resultados del ensayo de inmersión-tracción

En la tabla 2 puede observarse una gran variabilidad de los resultados de los ensayos de tracción indirecta. Llama la atención que la mezcla AC22-0-E ofrece un resultado del 79% de resistencia conservada, no cumpliendo el umbral mínimo del 80% para capas de base. Asimismo, las mezclas AC22-20-E y AC22-40-E tampoco cumplen. Por el contrario, la mezcla AC22-60-E con el mayor porcentaje de AR ofrece un 87% de resistencia conservada, por encima de dicho umbral. De momento, no se encuentra explicación para estos resultados, ya que la resistencia conservada debería ser menor debido al mayor porcentaje de AR, a no ser que la adhesividad se haya mejorado con la disminución del porcentaje de áridos silicios naturales. Claramente, hay que realizar más probetas para obtener resultados concluyentes. Por otro lado, en las mezclas AC22-20A-E y AC22-40A-E se producen unos buenos resultados de la resistencia conservada, siendo éstas muy parecidas, del 85% y 83% respectivamente. En los mismos pudo haber influido el hecho de que el AR es muy heterogéneo. El AR de RCD incluye yeso y otras partículas indeseables que se desmenuzan y rompen durante el mezclado y el proceso de fabricación de las probetas, afectando de forma negativamente a su granulometría. Además, estas partículas de yeso son perjudiciales desde el punto de vista de la adhesividad. Cualquier pequeña cantidad de estas partículas no deseables de yeso u otras impurezas puede afectar negativamente a la resistencia mecánica de una probeta tras la inmersión en agua. Por tanto, después de someter los AR a la abrasión de la Máquina de Los Ángeles se eliminan todas estas impurezas y fragmentos de yeso que hay en el AR. Asimismo, se elimina el mortero adherido a los AR. Esto podría ser la causa de la notable mejora del RRTI.

Por otro lado, en la mezcla AC22-0-C la resistencia conservada es del 85% y en la mezcla AC22-20-C es del 92%. Estos resultados parecen lógicos ya que el árido calizo debe mejorar la adhesividad de las mezclas asfálticas. Sin embargo, la mezcla AC22-40-C arroja un mal

resultado, ya que la resistencia conservada es de tan solo el 72%. Este último resultado también parece coherente, ya que con un mayor porcentaje de AR debe disminuir la adhesividad.

4. Conclusiones

De este trabajo se deducen las conclusiones siguientes:

- Las mezclas asfálticas en caliente fabricadas con diferentes porcentajes de AR gruesos y con polvo mineral de aportación de cemento presentan una mala adhesividad. Esta mala adhesividad se ve incrementada en áridos de naturaleza silíceo. Cuando se utilizan AR y áridos de naturaleza caliza se mejora notablemente la adhesividad de las mezclas
- El mortero adherido a los AR, así como diversas impurezas, influyen negativamente en la adhesividad y la resistencia mecánica tras inmersión en agua.
- Las mezclas asfálticas elaboradas con AR parecen ser más rígidas que las que no tienen este tipo de áridos.

Por último, cabe decir que es necesario seguir investigando la posibilidad de utilización de estos AR en mezclas asfálticas en caliente y en frío. En este sentido, se mencionan a continuación algunas de los posibles trabajos a realizar en el futuro:

- Caracterización química, mineralógica y micro estructural de los áridos naturales y reciclados.
- Estudiar la posible utilización de betunes activados que permitan mejorar la adhesividad de estas mezclas.
- Estudiar la compatibilidad con otros polvos minerales y aditivos.

5. Bibliografía

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). “Manual de normas técnicas UNE-EN. Serie construcción. Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras”. p. 526. Madrid, 2001.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). “Norma UNE-EN 12697-23. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayos para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas”. Madrid, 2004.
- Dirección general de Carreteras. “Normas NLT. Ensayos de carreteras”. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2ª Edición, Madrid, 1992.
- Dirección General de Carreteras. “Secciones de firme de la Instrucción de Carreteras IC”. p. 36. Ministerio de Fomento. Ediciones Liteam, Madrid, 2002.
- Dirección General de Carreteras. “Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3”. Ministerio de Fomento. Ediciones Liteam, Madrid, 2002.
- Dirección General de Carreteras. “Orden circular 24/2008 sobre el Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Artículos: 542-Mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso y 543-Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas”. Ministerio de Fomento. Madrid, 2008.
- Pérez, I., Toledano, M., Gallego, J. “Viability of the use of Construction and Demolition Debris in Hot Mix Asphalt” Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Proceedings of the 8th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields. The University of Illinois at Urbana-Champaign. June 29-July 2, USA, 2009.
- Pérez, I., Toledano, M., Gallego, J. “Construction and Demolition Debris in Hot Mix Asphalt” Geotechnical Special Publication N° 191. Road Pavement Material Characterization and Rehabilitation, American Society of Civil Engineers (ASCE), USA, 2009.

- Pérez, I., Toledano, M., Gallego, J., Taibo, J. “Propiedades mecánicas de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados de residuos de construcción y demolición”. *Materiales de Construcción*. Vol. 57, 285, 17-29, 2007.