

Aprovechamiento del árido fino porfídico en las mezclas bituminosas



Gustavo Adolfo Pérez Morales (Jefe de Servicio de Planeamiento, Proyectos y Obras) y Antonio López Juan (Jefe de Laboratorio) de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia (Ministerio de Fomento); José Simón Grau (Coordinador de asfaltos) y Julio López Ayerra (Jefe de Laboratorio) de Constructora Hormigones Martínez S.A.; y Juan Mendoza González (Delegado Zona de Levante) de Repsol YPF, Lubricantes y Especialidades, S.A. (RYLESA)

Resumen

Los áridos porfídicos son utilizados en las mezclas bituminosas en la capa de rodadura, aprovechando sus excelentes

propiedades (desgaste de Los Ángeles, coeficiente de pulimento acelerado etc.), pero debido a su falta de adhesividad en las mezclas, el árido fino porfídico no era aprovechado y se sustituía por árido fino calizo. Con el desarrollo de betunes aditivados se ha solucionado la falta de adhesividad de los materiales porfídicos.

Este artículo expone las ventajas de la utilización de árido fino porfídico¹ en las mezclas bituminosas desde el punto de vista medioambiental, y analiza los primeros resultados obtenidos en la mejora del coeficiente de rozamiento transversal (CRT) en un tramo de prueba ejecutado en la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia, cuya evolución a lo largo del tiempo será objeto de un segundo artículo.

Palabras clave: mezclas bituminosas, adhesividad, betunes aditivados, aprovechamiento de residuos minerales, resistencia al deslizamiento.

1. Introducción

Durante los últimos años la Demarcación de Carreteras del Ministerio de Fomento en Murcia se ha interesado por la mejora de la resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura de los firmes, debido a su incidencia en la seguridad vial y en línea con la Orden Circular

(1) Actualmente los áridos finos de pórfido y el filler porfídico están considerados RDC (residuos de demolición y construcción).

20/06 de la Dirección General de Carreteras, en la que se pone de manifiesto que deben ser objeto prioritario del control de calidad la regularidad superficial y la textura (macrotextura superficial y coeficiente de deslizamiento).

Por este motivo y a propuesta del Contratista (Constructora Hormigones Martínez, S.A.), basada en sus experiencias e investigaciones en la utilización de árido porfídico en capas de rodadura y en el uso de betunes *aditivados* (betunes a los que se les incorpora aditivos que no modifican las características reológicas del betún de partida) en colaboración con el Suministrador (REPSOL YPF), se decide por parte de la Demarcación de Carreteras la ejecución de un tramo de prueba con los siguientes objetivos:

1- Mejora del coeficiente de resistencia al deslizamiento transversal (CRT) y por tanto de la seguridad vial.

2- Aprovechamiento de un material no utilizado hasta ahora en mezclas bituminosas por sus problemas de adhesividad.

2. Antecedentes

El Contratista había realizado una serie de trabajos de I+D+i incluidos en el proyecto "Optimización y reutilización de residuos minerales de las plantas de machaqueo y asfálticas como medida medioambiental (Plan Resmima), reconocido por AE-NOR, en el que se utilizaba el árido fino porfídico para la realización de una mezcla S-20 y M-10 en capas de rodadura con resultados satisfactorios (*tablas 1.a y 1.b* respectivamente).

Así mismo y en colaboración con el Suministrador, en la obra "Autovía Mudéjar, Tramo Segorbe-Río Palancia" (año 2004) se solucionó el problema de la falta de adhesividad de las cuarcitas mediante el uso de betunes *aditivados*, obteniendo unos resultados satisfactorios por lo que se siguió investigando en la línea del aprovechamiento del árido fino porfídico en las mezclas bituminosas

MBC TIPO S-20				
ENSAYO	Norma	Árido fino porfídico sin betún aditivado	Árido fino porfídico con betún aditivado	Valor mínimo PG-3
Inmersión-compresión, %	NLT-162	71,5	88,5	≥ 75
Resistencia conservada por tracción indirecta, %	NLT-346/90	81,2	99,8	Sin especificación

Tabla 1 a.

MBC TIPO M-10				
ENSAYO	Norma	Árido fino porfídico sin betún aditivado	Árido fino porfídico con betún aditivado	Valor mínimo PG-3
Ensayo cántabro seco	NLT-352	7,8	8,4	≤ 15%
Ensayo cántabro húmedo	NLT-352	38,2	12,1	≤ 25%

Tabla 1 b.

Con el desarrollo de betunes aditivados se ha solucionado la falta de adhesividad de los materiales porfídicos

dentro del citado Plan Resmima.

3. Tramo de ensayo

El tramo de ensayo está ubicado dentro de la obra de construcción del tercer carril en la autovía A-30, en el tramo entre Murcia y el enlace con la autovía de San Javier C-3319.

3.1. Características de la obra

Actualmente, este tramo de la A-30 constituye la principal vía de conexión de la ciudad de Murcia con Cartagena, el litoral mediterráneo y el Mar Menor. Soporta una intensidad media de circulación muy elevada (entre los 60 000 y 110 000 vehículos/día según los tramos) con una categoría de tráfico pesado T00.

Con esta actuación se amplía la capacidad de la autovía A-30 para

mejorar la fluidez del tráfico, mediante la construcción de un tercer carril en ambos sentidos en los tramos donde no existe. Además, se mejora tanto el trazado de la A-30 en el tramo del Puerto de la Cadena, para adaptarlo a una autovía tipo AV-80, como el enlace con la autovía de San Javier (C-3319), duplicando el ramal sentido Murcia – San Javier. En este ramal que se sitúa a la altura del p.k. 158 de la A-30 se ha realizado el tramo de prueba (*figura 1*).

3.2. Características del tramo de prueba

Para facilitar el tráfico de acceso a las playas del Mar Menor, durante el verano de 2006 se iniciaron las obras con la modificación del Enlace de San Javier, para dotar de dos carriles al ramal de salida desde la autovía A-30 hacia San Javier.

El tramo de prueba se realizó con fecha 26 de abril de 2007 en el ramal desde la A-30 hacia la autovía C-3319 (*fotos 1, 2 y 3*). Se trata de un ramal de 600 m de longitud formado por 2 carriles de 3,50 m, arcén exterior de 2,50 m y arcén interior de 1,00. Tiene 2 curvas: la primera a derechas con radio 280 m y la segunda a izquierdas de radio 130 m y amplio desarrollo. En su parte final, pasa por encima de la autovía A-30 mediante una estructura de tipo losa pretensada postesada.

4. Características de los materiales

4.1. Betún aditivado

Como se ha mencionado, un betún *aditivado* es aquel tipo de betún asfáltico o modificado al que se le incorpora un aditivo que mejore una determinada propiedad, en este caso la adhesividad, sin que afecte a las características reológicas del ligante de partida.

El diseño de un betún *aditivado* exige disponer de diferentes corrientes de crudos que permita seleccionar aquellos betunes óptimos para su *aditivación* en función de los áridos, su naturaleza y comportamiento.

Una vez elegido el tipo de ligante y el del aditivo, este se incorpora en la línea de fabricación de la refinería garantizando su homogeneidad y calidad.

El uso de estos betunes *aditivados* hace posible en muchos casos la utilización de áridos, arenas y *filleres* en mezclas bituminosas, que, de otra manera, no cumplirían las especificaciones de los diferentes pliegos.

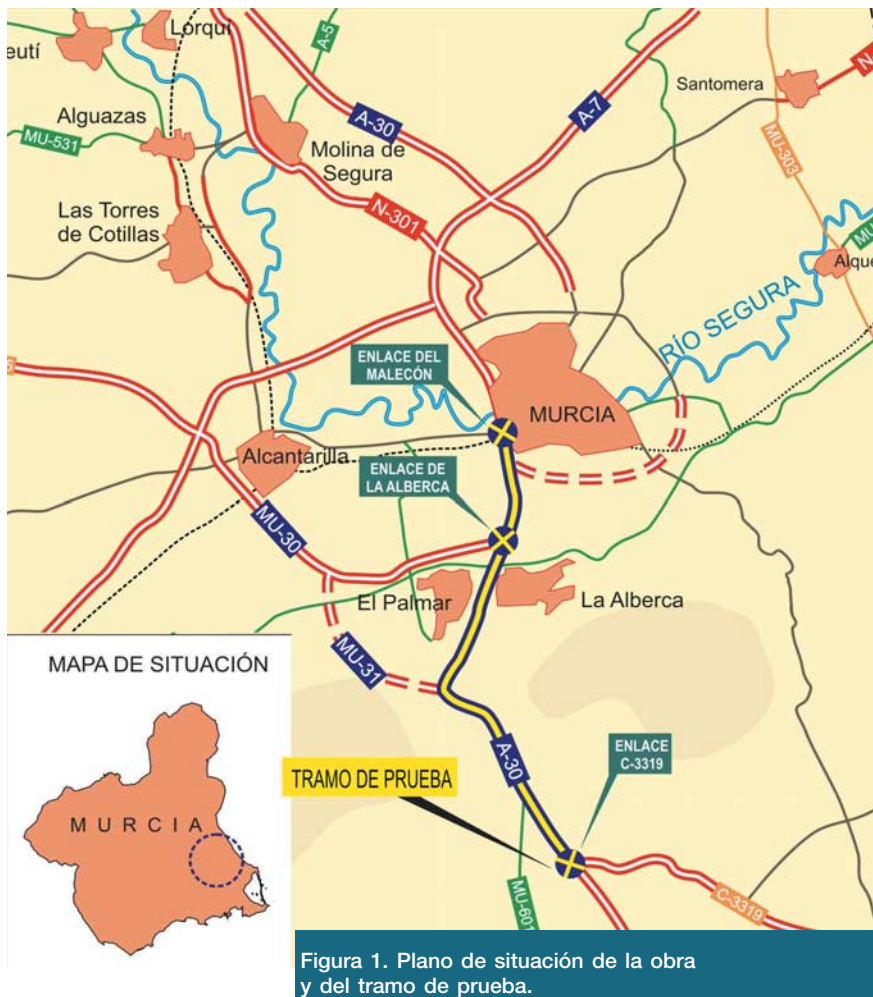


Figura 1. Plano de situación de la obra y del tramo de prueba.



Foto 1. Vista del ramal nuevo con 2 carriles a la izquierda y del antiguo con 1 carril a la derecha.



Foto 2. Tramo de prueba, una vez extendida la capa de rodadura.

ORIGEN	CANtera	FRACCIÓN mm	E.A. UNE-EN-933-8	D.L.A. (áridos de origen) UNE-EN 1097-2
Pórfido	El Coto	0/2	66	9
Calizo	Calicoto	0/3	73	24
Pórfido	El Coto	0/2	—	9

Tabla 2a.- Caracterización del árido fino.

En el caso concreto de esta obra, el ligante seleccionado ha sido un betún específico con las características de un BM-3C, *aditivado* con un activante que le confiere:

- Excelente adherencia a los áridos utilizados
- Buena resistencia al calor
- Buena solubilidad en el betún seleccionado
- Ningún olor ni efecto nocivo sobre el betún utilizado.

4.2. Áridos empleados en la mezcla

Los materiales empleados para la fabricación de la mezclas bituminosas en el tramo de prueba procedían en su totalidad del machaqueo de la cantera Coto (árido 6/12 porfídico y árido fino 0/2 porfídico), y del machaqueo de la cantera Calicoto (0/3 caliza y polvo mineral de recuperación calizo), ambas con Marcado CE y que se sitúan en Abarán (Murcia). Los ensayos de caracterización de estos materiales son los indicados e las siguientes (tablas 2a,

2b y 3).

5. Características de la mezcla

A partir de las granulometrías anteriores se ajustaron las curvas granulométricas (figura 2) de las mezclas M-10 con árido fino calizo y porfídico.

Con estas granulometrías se formularon sendas dosificaciones en el laboratorio del contratista (con árido fino calizo 0/3 mm y con árido fino de pórfido 0/2 mm), según las normas NLT-159 y NLT-352 con las siguientes características:

* Temperatura de fabricación entre 165 -175 °C.

* Temperatura de compactación



Foto 3. Comparación entre la macrotextura de los tramos de árido fino de pórfido y calizo.

ORIGEN	CANtera	FRACCIÓN mm	C.P.A.. UNE-EN-1097-8	D.L.A. UNE-EN 1097-2
Pórfido	El Coto	6/12	≥49* y ≤ 53**	9

* CPA = 49 Valor obtenido en la última campaña de ensayos de CPA realizados en el año 2007 por el Laboratorio de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia.

** CPA= 53 Valor indicado por el fabricante del árido en su marcado CE.

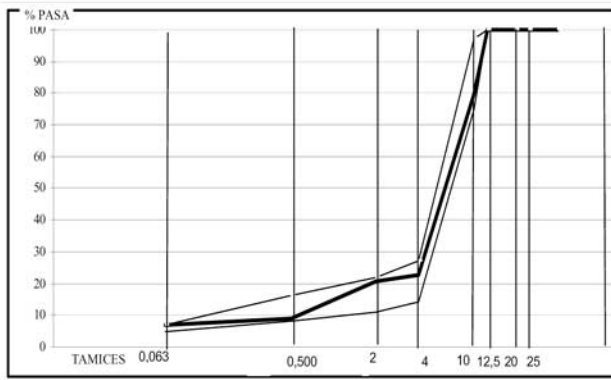
Tabla 2 b. Caracterización árido grueso.

% pasa Tamiz, mm.	UNE-EN 933-1			
	6/12 pórfido	0/2 pórfido (*)	0/3 calizo	filler calizo
12,5	100	100	100	100
10	74,6	100	100	100
4	2,6	100	99,2	100
2	0,7	93,8	76,8	100
0,5	0,6	21,1	30,8	100
0,063	0,3	8,3	8	90,6

(*) La obtención de la fracción 0/2 mm de pórfido, se obtiene volviendo a reclasificar el árido 0/5 mm obtenido del machaqueo del pórfido y que no se utilizaba. Esta reclasificación consiste en hacer pasar el árido fino 0/5 mm, por una malla de 3 mm y por una tela mosquitera para eliminar el máximo posible de filler porfídico, con lo que se obtiene un árido fino 0/2 mm *desfillerizado* para la fabricación del M-10, cuya granulometría podemos observar en esta tabla.

Tabla 3. Granulometría de los áridos.

M-10 con árido fino de pórfido 0/2 mm



M-10 con árido fino calizo 0/3 mm

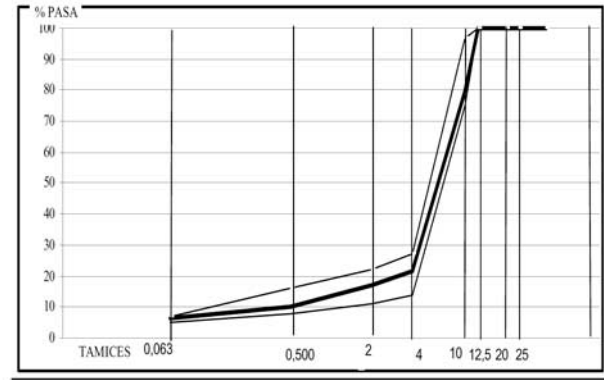


Figura 2.- Curvas granulométricas de las mezclas M-10.

M-10.- ÁRIDO FINO DE PÓRFIDO

% Betún/Áridos	5,10
% Betún/Mezcla	4,90
Densidad (g/cm ₃)	2,195
Ensayo Cántabro en seco, 25°C	6,20
Ensayo Cántabro en húmedo, 60°C y 24 h.	12,5
% Huecos en mezcla	17,9

Betún: BM-3c aditivado

M-10.- ÁRIDO FINO CALIZO

% Betún/Áridos	5,10
% Betún/Mezcla	4,90
Densidad (grs./cm ₃)	2,180
Ensayo Cántabro en seco, 25°C	4,80
Ensayo Cántabro en húmedo, 60°C y 24 h.	9,6
% Huecos en mezcla	17,5

Betún: BM-3c

Tabla 4.- Resultados óptimos.

ÁRIDO FINO (0/2)	TIPO FÍLLER	BETÚN ADITIVADO	CÁNTABRO HÚMEDO (%)
CALIZO	CALIZO	NO	10,7
PORFIDO	CALIZO	SI	12,5
PORFIDO	CALIZO	NO	19,2
PORFIDO	PORFIDO	NO	24,4
PORFIDO	PORFIDO	SI	21

Tabla 5. Ensayo sobre muestras fabricadas en laboratorio con *filler* y árido fino de distinta procedencia.

comprendida entre 160 -170 °C.

En la mezcla M-10 con árido fino calizo se utiliza el *filler* de recuperación de dicho árido fino para su ajuste granulométrico.

En el caso de la mezcla M-10 con árido fino de pórfido se desecha el *filler* de recuperación, aportándole *filler* calizo para su ajuste granulométrico.

% Perdidas cantabro húmedo

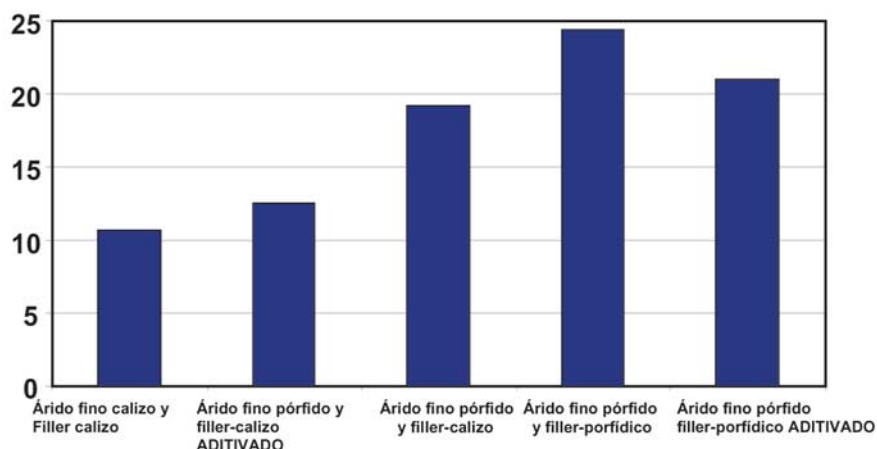


Figura 3.- Resultados comparados en el ensayo Cántabro.

Se obtuvieron los resultados óptimos indicados en la *tabla 4*.

Con los resultados óptimos de caracterización de las mezclas (*tabla 4*), se fabricaron en laboratorio unas probetas para la realización del ensayo Cántabro en húmedo, para evaluar la adhesividad árido-ligante y la pérdida de cohesión de la mezcla en presencia de agua. Este ensayo nos da una idea de las prestaciones de cada mezcla, y su evaluación adquiere especial importancia en el caso de mezclas con árido fino de origen porfídico, que tradicionalmente han tenido problemas de adhesividad.

Se comparó la mezcla M-10 con árido fino calizo, *filler* de recuperación calizo y betún modificado estándar con las mezclas tipo M-10 con árido fino de pórfido y distintas combinaciones de *filler* (calizo y porfídico) y betunes (*aditivado* y sin *aditivar*), obteniéndose los resultados reflejados en la *tabla 5*.

Estos resultados confirman la necesidad de sustitución del *filler* porfídico por *filler* de aportación en la fabricación de mezclas con árido fino de pórfido. Además, por este mismo motivo, se recomienda limitar al 10%

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	MÉTODO ENSAYO	M-10 ÁRIDO FINO CALIZO	M-10 ÁRIDO FINO PORFÍDICO	ESPECIFICACIÓN PG-3
Betún/Áridos	%	NLT-384	5,03	4,82	≥ 5 %
filler/betún		NLT-165	0,99	1,11	1,1 a 1,3
Huecos mezcla	%	NLT-168	15,1	17,65	≥ 12 %
Ensayo Cántabro em seco	%	NLT-352	7,5	8,6	≤ 15 %
Ensayo Cántabro en húmedo	%	NLT-352	10,8	15,4	≤ 25 %
Permeabilidad	s	NLT-327	20,2	20,0	
Macrotextura superficial	mm	NLT-335	5,9	4,2	
Resist ^a . T. Indirecta (ITS)	MPa	UNE-EN 12697-23	2,4	2,3	
Resist ^a . a compresión diametral	MPa	NLT-346	2,5	2,5	
Resist ^a . T. indirecta conservada (ITSR)	%	UNE-EN 12697-12	95,9	98,5	
Módulo dinámico	MPa	NLT-349	5598	5270	
Angulo de desfase	%	NLT-349	18,6	18,5	

Tabla 6.- Resultados de las muestras tomadas en obra de los 2 tipos de mezcla.

el contenido de finos (material que pasa por el tamiz 0,063 mm) incluido en el árido fino de esta naturaleza.

5.1. Fabricación y compactación de las mezclas

La mezcla se fabrica en una planta discontinua situada en Abarán (Murcia). Al fabricar la mezcla con árido fino porfídico, el *filler* de recuperación porfídico era rechazado y se aportaba a la mezcla *filler* calizo.

El ligante utilizado en la fabricación de los dos tipos de mezcla ha sido un betún *aditivado* con las características del BM-3c .

La compactación se realizó con rodillos metálicos, debido a que son mezclas discontinuas, no produciéndose ninguna incidencia en ninguna de las dos variantes (con árido fino calizo ó porfídico).

5.2. Resultados del tramo de prueba

Durante la ejecución de la obra se realizó un control de las mezclas, por parte de los laboratorios de la Demarcación de Carreteras, del contratista y del Centro Tecnológico del suministrador del ligante, cuyos resultados fueron los que se indican en la *tabla* 6.

Transcurridos 6 meses de la puesta en obra de la capa de rodadura, se realizó, por el Servicio de Auscultación de Firms y Pavimentos de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, la medición

del coeficiente de resistencia al deslizamiento transversal CRT, obteniéndose los resultados que se reflejan en la *tabla* 7.

5.3. Balance económico

En la utilización de árido fino de pórfido con betún *aditivado* en las mezclas tipo M-10 sustituyendo al árido fino calizo con betunes modificados estándar, tenemos el siguiente balance:

AHORRO.-

El aprovechamiento de un residuo, como es árido fino, que representa hasta el 25% del material obtenido en el machaqueo de los pórfidos, repercute a la baja en el precio de los áridos gruesos obtenidos en dicha actividad.

Existe otro ahorro, que es el canon de vertido a vertederos autorizados como RCD.

GASTO.-

Precio más elevado del betún *aditivado*.

Transporte del filler de aportación (*filler* calizo).

Haciendo cálculos, podemos afirmar que en la utilización del árido fino porfídico con betún *aditivado* para la fabricación de MBC tipo M-10 en vez de árido fino calizo y betunes modificados estándar, se obtiene un ahorro en los costes de la mezcla de un 5%, (siempre que la obtención de la fracción 0/2 mm porfídica se obtenga del machaqueo del material, ya que, si este material se tiene que reclasificar del árido machacado, los costes

nos llevarían a no obtener el ahorro económico mencionado.

6. Conclusiones

A la vista de los resultados anteriores se puede concluir que la utilización de árido fino de origen porfídico con betunes *aditivados* en la fabricación de mezclas bituminosas para capas de rodadura cumple con las especificaciones del PG-3. Como consecuencia de lo anterior, se abre la posibilidad de utilización de este material, que hasta ahora era un residuo de la explotación minera de pórfido, con las consiguientes ventajas desde el punto de vista ambiental.

Además de las ventajas ambientales citadas, se han obtenido de la mezcla con árido fino porfídico unos valores iniciales de CRT superiores a los de la mezcla con árido fino calizo. Está previsto por la Demarcación de Carreteras del Ministerio de Fomento en Murcia realizar el seguimiento de los valores del CRT en los próximos años, para ver su evolución y comportamiento ante la acción del tráfico, lo que será objeto de un segundo artículo.

Del mismo modo, las ventajas obtenidas con la utilización de árido fino de pórfido para las capas de rodadura, serían aplicables al resto de mezclas bituminosas en caliente con independencia de la capa a la que se destine y del betún utilizado.

7. Bibliografía

1.- PG-3.- FOM/1382/2002-FOM/891/2004.- MINISTERIO DE FOMENTO.

2.- Ortiz Ripoll, J; Subarroca Gella, M.- “¿Filler de aportación o de recuperación? Aspectos técnicos y medioambientales a considerar y propuestas de adaptación normativa”.-VI Congreso Nacional de Firmes-AEC, 24-27 mayo 2004.

3.- VII Congreso Nacional Medio Ambiente.- Mayo-2004. Fundación CONAMA. Grupo de trabajo 14. Gestión de Residuos de Construcción (RCD).

4.- Ortiz Ripoll, Jorge. “Influencia del polvo mineral en la reología de los materiales bituminosos e indicadores idóneos para su evaluación”. Revista Ingeniería Civil del CEDEX.- nº 134/2004.

5.- I Congreso Nacional de Demolición y Reciclaje.- Abril 2003.- GERD. Plan Nacional Residuos de

Carretera Id. Tramo	A-30 Datos	Total
1. ÁRIDO FINO CALIZO+ betún aditivado	Nº DE REGISTROS RESULTADO MÁS BAJO CRT RESULTADO MEDIO RESULTADO MÁS ALTO CRT	21 68 75,9 84
2. ÁRIDO FINO PORFÍDICO+ betún aditivado	Nº DE REGISTROS RESULTADO MÁS BAJO CRT RESULTADO MEDIO RESULTADO MÁS ALTO CRT	12 75 84 94

Tabla 7 Resultados CRT a 6 meses con SCRIM (NLT-336).

Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006.

6.- Revista Técnica de la AEC.- CARRETERAS. Nº 123 sep/oct 2002.- Monográfico sobre filler.

7.- COTTON-WILKINSON.” Química Inorgánica Avanzada” Limusa, México 1986.

8.- BABOR-IBARZ, “Química General Moderna”. Marín 1977.

9.- Pérez Jiménez, F., Miró Recasens, R., Martínez, A.- Estudio, Diseño y Control de MB.- Laboratorio de

Caminos – DITT.- UPB- 2005.

10.- Botasso, G; Balige, M; Bisio, A; González, Rubén; y Rebollo, O.- “Nueva metodología para la valoración de la adherencia árido-ligante”.- Universidad Tecnológica Nacional, Centro de Investigaciones Viales y Repsol-YPF Lubricantes y Especialidades de Buenos Aires (Argentina).- 2002.

11.- Métodos de ensayos para mezclas bituminosas en calientes. Serie de Normas UNE-EN 12697, Tomo 1.- AENOR-2006. ■

C R E C E M O S
D I S E Ñ A N D O
P R O G R E S O

CONSULTORÍA:



GEOPLANK



CONSTRUCCIÓN:



CONCESIONES Y PROMOCIONES:



GRUPO
APIAXXI
www.grupoapiaxxi.com

INFRAESTRUCTURAS

OBRAS HIDRÁULICAS

URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE

EDIFICACIÓN E INDUSTRIA

GESTIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS