

La revista técnica de medio ambiente

RESIDUOS

SÓLIDOS LÍQUIDOS GASEOSOS RECICLAJE RECUPERACIÓN TRATAMIENTO GESTIÓN I+D TECNOLOGÍAS LIMPIAS

Portavoz de **ATEGRUS**

Miembro nacional de



y **CWI**



Gestión de residuos

Vertederos

RED

Valorización de residuos

Suelos contaminados

Aguas residuales

Compactación de R.S.U. y C.D.R. en balas de Alta Densidad

El sistema más eficaz



cámara cerrada

fleje de plástico

**Más de 30
instalaciones
funcionando en
toda Europa**

FAES®

AMADEO FARELL S.A.U.
Pol. Ind. Can Carne • Montsià s/n - P.O. Box 125
E-08211 Castell del Vallès (Barcelona) Spain
Tel. +34 93 714 37 10 • +34 93 747 00 00

sumario

83

Residuos

Revista bimestral de medio ambiente

Año XV Número 83



Premiada con la Escoba de Plata TEM '92 y Escoba de Oro ISWA '92

Reed Business Information

OFICINAS CENTRALES
Zarcoeta, 9 - 7º
48013 Bilbao
T- 944 285 662 / 944 285 600
F- 944 285 663
www.revistaresiduos.com
revistaresiduos@rbi.es

EDITORIA
Begoña Undabellia Zabala

DIRECTOR TÉCNICO
Rafael Apráiz Egaña

REDACCIÓN
Aina Idoia Ivan, David Vidorrela

PRODUCCIÓN
Ivan Rivera

CIRCULACIÓN
Cris Nieto

ATENCIÓN AL SUScriptor
Natalia Iajada

VERIFICACIÓN Y PROMOCIÓN
Conchi Centeno
T- 944 285 641
pub.residuos@rbi.es

DIRECTOR GENERAL Isaac Rodrigo Keller
DIRECTOR FINANCIERO Francisco Sant Basterra
DIRECTORA DE MARKETING Miryam Delgado

Diseño original obisk

PRECIO SUSCRIPCIÓN

1 año: 72 € (+ 4% IVA)
2 años: 130 € (+ 4% IVA)
Suplemento extranjero: 75 € /año

Las colaboraciones son de exclusiva responsabilidad del autor de los artículos.
Prohibida la reproducción total o parcial, salvo debida autorización por escrito.

Nº Depósito Legal: BI-1.468-91
ISSN: 1131-9526



Portavoz de

ATEGUS



Esta revista se imprime en papel cuya fabricación es respetuosa con el medio ambiente.

editorial

15

noticias de ategrus

16

gestión de residuos

26

Modelización de sistemas de gestión de residuos
por Salvador Rueda, Marta Vila,
Gemma Nohales

RCD

44

Búsqueda de alternativas para el reciclaje
de los Residuos de Construcción y Demolición:
caracterización de los residuos generados
en Galicia
por Javier de la Puente Crespo,
Francisco Javier Rodríguez Rodríguez

gestión de residuos

54

Una aproximación a la valoración
del impacto económico de la política
de separación en el origen de los residuos
por Matías González Hernández,
Roberto Rendeiro Martín-Cejas,
Jesús Conde Fernández

análisis medioambiental

58

El estado del medio ambiente en Granada
mediante el empleo de indicadores
por Federico Velázquez de Castro González

gestión de residuos

66

Experiencia de tratamiento mecánico-biológico
de residuos sólidos urbanos en Chile
por Pablo Aguayo, Alberto Bezama,
Rodrigo Navia



LA PORTADA

FAES es la marca de uno de los más reputados fabricantes españoles de prensas y maquinaria para la selección y compactación de todo tipo de productos -papel, cartón, plásticos, alfalfa, textil, residuos-, perteneciente desde el año 2001 a PAAL GROUP (líder europeo en la fabricación de prensas de balas). Con más de 50 años de experiencia, FAES ha desarrollado y perfeccionado desde 1996 las prensas de cámara cerrada con atado de plástico para RCU y CDR, como demuestran las 36 instalaciones realizadas en toda Europa (España, Francia, Grecia, Italia, Noruega, Portugal, Suecia) y en lugares tan lejanos como Adelaida (Australia).

cont

16

sumario

CONSEJO ASESOR

Julían Uriarte Jaureguizar Dr Ing Ind
Presidente y Director Ejecutivo de
ATEGRUS. Representante de España
en ISWA

Ramón Martín Mateo Catedrático Emérito
Presidente de ADAME (Asociación
Española de Derecho Ambiental)

Jorge Sánchez Almaraz Lic Ciencias Físicas
Gerente de T.P.A. y Presidente de
ASEGRE

Alfonso García García Ing Ind
Director de Maquinaria de FCC, S.A.

Francisco Jardón Dr Ing Ind
Presidente de ASELIP

Alfonso Maíllo Dr Ing
Director Técnico de URBASER, S.A.

Audelino Álvaro Ramos Ing Ind
Director de Medio Ambiente Tercer
Milenio, S.A.

Iñaki Sanz Dr Ing
Consejero Delegado de Hidronor

Xavier Elías Castells Ing Ind
Director de la Bolsa de Subproductos
de Cataluña

Jorge Tinas Dr Ciencias Químicas
Director de Medio Ambiente del
Grupo Guascor

Joan Rieradevall Pons Dr Ciencias Químicas
Director Dpto. Ecodiseño del IRDD
Elisava. Universidad Pompeu Fabra

Iñaki Tejero
Catedrático de Tecnologías del Medio
Ambiente y Director de los Estudios
de Ingeniería Ambiental en la
Universidad de Cantabria

Eusebio Murillo Matilla Dr Ing
Comisión Europea. Dirección General
de Política Regional

José María Baldasano Recio Dr Ing
Catedrático de Ingeniería Ambiental
de la UPC

Jean Bernard Leroy Dr Ing
Grupo ELAN-Antibes

Eugenio de Fraja Frangipane Prof Ing
Anterior Presidente de ISWA

N.C. Vasuki, PE., Dee
Director Ejecutivo Delaware Solid
Waste Authority. Presidente de ISWA

David Wilson Profesor
Consultor de Medio Ambiente (Reino
Unido)

Masaru Tanaka Dr Ing
Universidad de Yokohama (Japón)

Jeff Cooper Environmental Agency (Reino Unido)
Presidente del STC de ISWA

Atilio Savino
Secretario de Estado de Medio
Ambiente y Desarrollo Sostenible del
Gobierno de Argentina

Marcel Szanto Narea
Académico de la Universidad Católica
de Valparaíso (Chile)

Fernando Jucá Dr Ciencias Biológicas
Universidad de Pernambuco (Brasil)

vertederos

LIGRE: una herramienta para la generación
de mapas de orientación a la ubicación
de instalaciones de gestión de residuos.
Aplicación al emplazamiento de vertederos
en la provincia de Castellón
por A. Gallardo, M.D. Bovea,
R. Bordás

74

valorización de fangos

Aspectos ambientales de la valorización
cerámica de fangos de EDAR (I)
por Xavier Elías

82

lodos

Las normativas sobre la utilización
de lodos de EDAR y su relación con el clima
por Gabriel Gascó Guerrero,
Ana Méndez Lázaro,
Domingo Gómez Orea

100

tratamiento de aguas

Tratamientos químicos de aguas residuales
por Carmen Arnáiz, Juan Miguel Medialdea,
Emilio Díaz

108

RAEE

La electrónica de consumo se suma
a la preocupación ecológica
por Joan Riba, Mar García Ramos

118

suelos contaminados

Implicaciones para la empresa
del Real Decreto 9/2005 de actividades
potencialmente contaminantes del suelo
por Enrique García John,
Pilar Fernández Gutiérrez

122

recogida de residuos

Recogida neumática de residuos.
La logística y tecnología de recogida
como parámetro definidor de la capacidad
del sistema
por A.J. Martínez

130

informaciones breves

138

novedades técnicas.

150

biblioteca

156

ferias y congresos

158

agenda

160

directorio

164

índice de anunciantes

174

141

Búsqueda de alternativas para el reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición: caracterización de los residuos generados en Galicia

Javier de la Puente Crespo

G.O.C. S.A.

Ingeniero Industrial, Director Técnico de Estudios.

Profesor del Área de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Vigo

Francisco Javier Rodríguez Rodríguez

G.O.C. S.A.

Dr. Ingeniero Industrial, Área de Estudios

Summary

This paper is based on the research project "Investigation of new alternative uses for construction and demolition waste applied to the situation in Galicia" carried out by the Studies Department of G.O.C. S.A. in co-operation with the firm Toysal S.L. The project is subsidised by the Dept. of Innovation of the Regional Government of Galicia under its Environmental Technology Programme, reference PGDIT03TAM016E.

Introducción

La presente comunicación deriva del Proyecto de investigación "Investigación de nuevas alternativas de aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición aplicado a la realidad de Galicia" desarrollado por el Área de Estudios de G.O.C. S.A. en colaboración con la empresa Toysal S.L. Este programa ha sido subvencionado por la Consellería de Innovación de la Xunta de Galicia, dentro del Programa de Tecnologías Ambientales, código PGDIT03TAM016E.

La cantidad y el volumen de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se generan y, en contra de muchas creencias, la variada serie de materiales que se engloban bajo esta denominación (ladrillos, azulejos, cerámicos, hormigón, piedra, arena, grava y otros áridos, madera, vidrio, plásticos, metales, asfalto, yeso, papel, basura, amianto, fibras minerales, disolventes, aditivos del hormigón, pinturas, resinas, plásticos, CFC de los equipos de refrigeración, PCB de transformadores,

compuestos halogenados para protección contra el fuego, luminarias de mercurio, sodio o níquel-cadmio...), han condicionado que este tipo de residuos adopte la categoría de problema ambiental y económico serio. En este sentido, de la problemática que presentan se ha de destacar, además: rápida colmatación de vertederos, incremento del impacto visual y paisajístico y degradación del entorno; riesgo de contaminación atmosférica y de acuíferos (exhalación de humo y generación de lixi-

150

viados); despilfarro de recursos naturales no renovables debido al, casi total, vertido directo y una ausencia de reciclaje; posible contaminación química y orgánica de aguas superficiales o subterráneas...

Además, aunque mayoritariamente se pueden considerar inertes¹, los listados recientes de Residuos Peligrosos vienen introduciendo, progresivamente, un mayor número de productos o materiales procedentes de la construcción y demolición (aditivos para el hormigón, adhesivos, amianto, fibras minerales, madera tratada, pinturas y recubrimientos...). Tal circunstancia es relevante, pues éstos se han de separar "en obra", de manera selectiva, con el fin de que se asegure su correcta gestión, no conviertan en peligrosos otros residuos que en origen no poseen tal característica y no interfieran en la reciclabilidad de aquellos componentes que tienen tal propiedad.

La reciente aprobación, por parte de A Xunta de Galicia, del "Decreto 352/2002, do 5 de decembro, polo que se regula a produción dos residuos de construción e demolición", y la también reciente aparición del Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición² (PNRCD), ponen de manifiesto la especificidad de la problemática inducida por este tipo de residuos.

En este contexto, G.O.C. S.A. ha abordado la temática indicada mediante un proyecto de investigación, en el cual se han caracterizando cuantitativa y cualitativamente los residuos generados en Galicia, con la firme creencia de que el análisis y diagnóstico de las propiedades físicas y químicas que éstos presentan permitirá definir para los mismos posibles destinos de reutilización y reciclado.

LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Origen, composición y producción

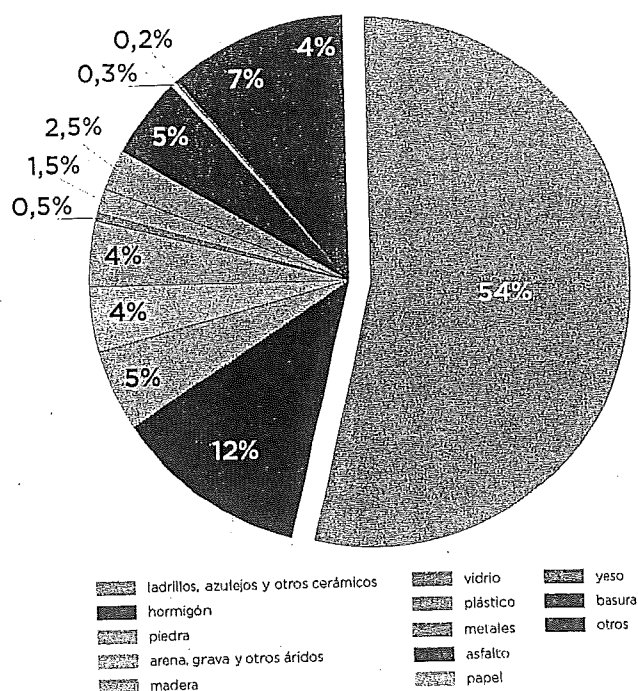
Los RCD poseen tres orígenes claramente diferenciados, que les otorgan distintas características en función de éstos: Obras de nueva construcción (edificación y obra civil), obras de rehabilitación y obras de demolición. A modo orientativo, la caracterización de los RCD, según el PNRCD 2001-2006, es la reflejada en la figura 1.

En este sentido, en el Catálogo Europeo de Residuos, CER, en vigor desde el 1 de enero de 2002, aparecen, como tales, los Residuos de Construcción y Demolición (incluyendo la Construcción de Carreteras) agrupados en el capítulo 17.

Por otra parte, la generación de RCD está estrechamente relacionada con factores condicionantes tales como la variación poblacional, la tipología de la vivienda existente y los ciclos económicos (inductores de políticas económicas de expansión que favorecen el desarrollo de la construcción, principal actividad generadora de este tipo de residuos).

El PNRCD ha estimado las toneladas de RCD que se generarán en las distintas comunidades autónomas en función de los datos

FIGURA 1
caracterización de los RCD según el PNRCD 2001-2006



de población previsible en éstas en el año 2006 (con hipótesis de 1t/hab/año): 2.934.606 t para Galicia y 42.446.252 t en España.

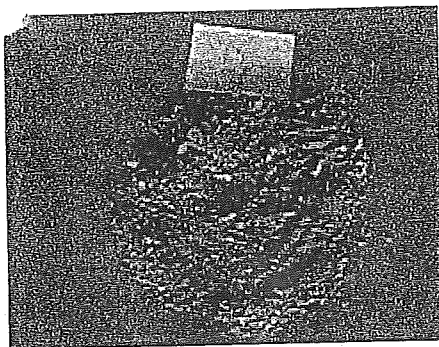
Visión general de la gestión de los RCD

Los datos anteriores cobran especial protagonismo si tenemos en cuenta la situación actual de la gestión de los RCD en España, pues el porcentaje de éstos que se reciclan o reutilizan resulta realmente bajo en comparación con los valores obtenidos a nivel europeo. Así, el consumo total de áridos en España en el año 2001 fue de 430 millones de toneladas (de ellas 397 fueron empleadas en la construcción), mientras que el consumo de áridos reciclados se situó, únicamente, en un 2% del total.

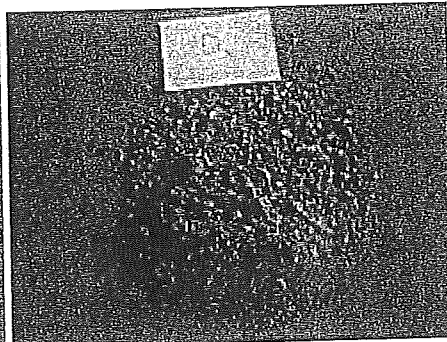
En este sentido, las medidas tendentes a favorecer la disminución tanto de vertido como de extracción de materias primas han de centrarse en el reciclaje de aquellos componentes derivados de los RCD (hormigón, ladrillos, tejas, etc.) que permitan conseguir áridos secundarios utilizables. Sin embargo, este proceso, imprescindible para la correcta gestión de tales residuos, viene influenciado por una serie de condicionantes: la separación selectiva tras la demolición resulta dificultosa si no se realiza en origen "en obra" y si no se desarrollan demoliciones selectivas planificadas, los precios de los áridos secundarios dependen en gran medida de factores tales como el coste de transporte, existe un déficit en el desarrollo de alternativas de reutilización para los áridos reciclados y de nuevas líneas de negocio...

1. Entendiendo como tales aquellos que, según el Real Decreto 1481/2001 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

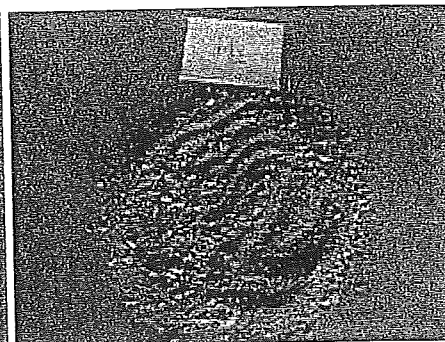
2. El cual persigue objetivos tan ambiciosos como el reciclaje o reutilización, en el peor de los casos, del 40% de los RCD en el año 2005 y el reciclaje o reutilización de un mínimo del 60% de los RCD, en el año 2006.



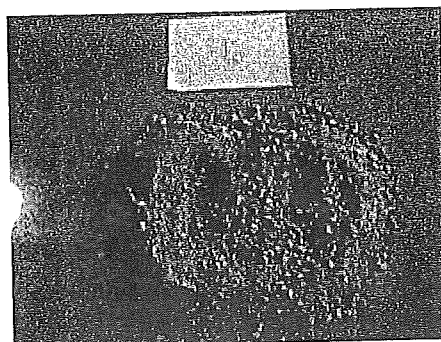
Muestra D1



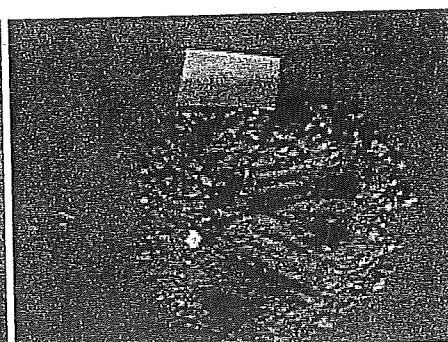
Muestra D3



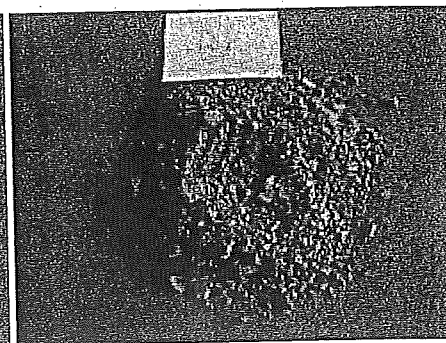
Muestra H2



Muestra H6



Muestra DA3



Muestra DA7

En la mayoría de los Estados Miembros de la Unión Europea, los RCD constituyen una corriente prioritaria que recibe una atención preferente

A pesar de todo, en la mayoría de los Estados Miembros de la Unión Europea los RCD constituyen una corriente prioritaria que recibe una atención preferente: nueve países europeos reciclaban ya en 1998 más del 15% de los RCD que generaban, otros tres más del 93% de la corriente de hormigón ladrillos, tejas y material cerámico y otros seis restantes se situaban entre el 15 y el 76% de reciclaje para esta subcorriente (cuyos áridos secundarios compiten en el mercado con el correspondiente material virgen).

PARTE EXPERIMENTAL REALIZADA: BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE REUTILIZACIÓN PARA LOS RCD

Tipología y metodología muestral

Para la realización de los ensayos en laboratorio se ha partido de una serie de muestras obtenidas de distintas obras en la provincia de Pontevedra:

- Muestras procedentes de demolición de casas antiguas, poseedoras de un elevado porcentaje de material pétreo.
- Muestras procedentes de obras de construcción y demolición donde el material predominante es el hormigón.
- Muestras procedentes de obras de construcción y demolición donde predominan los elementos cerámicos.

De cada una de las fuentes mencionadas se ensayaron 10 muestras perfectamente identificadas (en cuanto al emplazamiento geográfico de procedencia y fecha de recogida), evaluando las

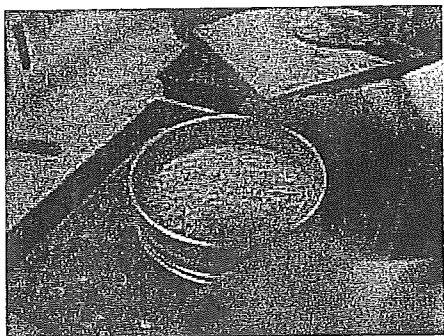
siguientes propiedades: granulometría, pesaje, coeficiente de absorción, coeficiente de los Ángeles, contenido de materia orgánica, reactividad, contenido de sulfatos solubles en ácidos en SO_3 , compuestos totales de S en SO_3 , contenido de cloruros (para el árido fino de las muestras se analizó, además, el equivalente en arena).

Los resultados obtenidos para las diferentes variables permitieron afirmar que la mayor viabilidad de reutilización (respecto a posibilidades y coste del tratamiento previo) se localiza en aquellas muestras procedentes de obras de construcción y demolición donde el material predominante es el hormigón.

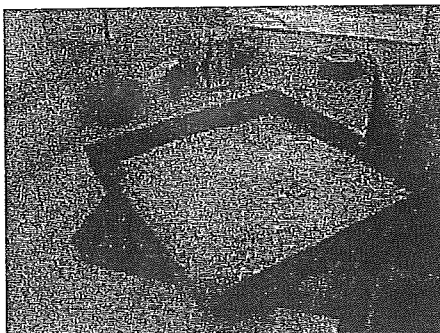
Por ello, posteriormente, los ensayos se han centrado en tales muestras, no excediendo el tamaño de árido del tamiz de 40 mm, analizando los siguientes parámetros: granulometría, pesaje, coeficiente de absorción (parámetro imprescindible para determinar la cantidad de agua que se ha de añadir al árido para su reutilización en hormigón), coeficiente de los Ángeles (ensayo encaminado a determinar la dureza del árido y, por tanto, su capacidad como empleo en sub-bases y capas de acondicionamiento de carreteras) y contenido de sulfatos solubles en ácidos en SO_3 .

152

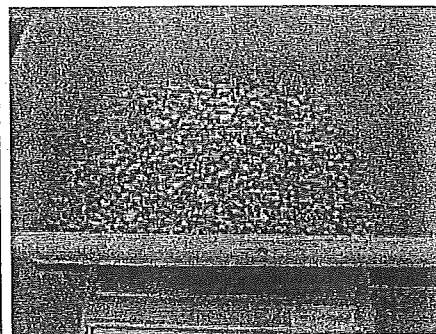
Para su análisis, a su vez, las muestras se han dividido en función de su procedencia en cuanto a obras de demolición de menos de 20 años de antigüedad (denominadas D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10), muestras provenientes de obras de demolición de más de 20 años de antigüedad (deno-



Vista del tamizado



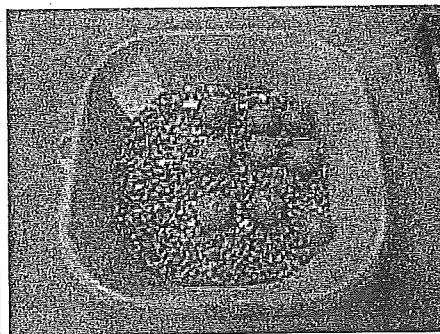
Separación de granulometrías



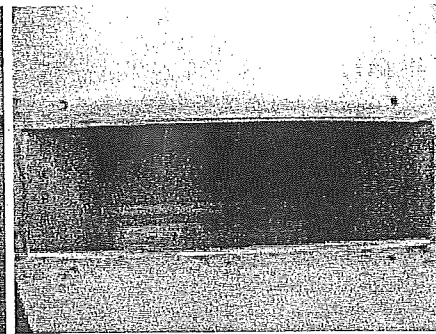
Realización del pesado de una de las muestras



Ensayo de absorción



Fracción de la muestra a ensayar una vez tamizada



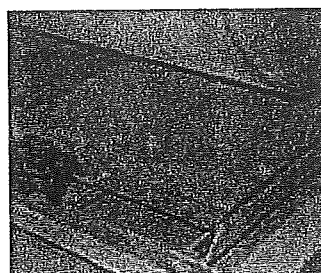
Tambor giratorio empleado en el ensayo

minadas DA1, DA2, DA3, DA4, DA5, DA6, DA7, DA8, DA9, DA10) y muestras provenientes de obras con predominio de hormigón (denominadas H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9 y H10); todas ellas de fechas de extracción entre febrero y marzo de 2004.

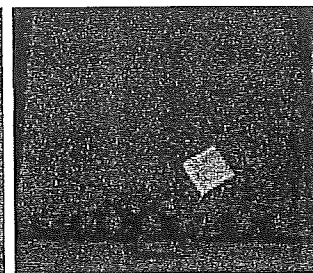
Propiedades analizadas y descripción del proceso

a) Análisis de granulometría. Se ha tamizado sobre todas las muestras obtenidas, descartándose aquellas que presentaban un tamaño de árido superior a los 40 mm.

b) Pesaje de la muestra. Determinación del peso específico de las muestras por dos vías: peso específico aparente sobre superficie saturada seca (Ap. s.s.s.) y peso específico real. El peso específico real representa la relación entre la masa seca de la



Vistas de una muestra tras pasar por el tambor



PARA REALIZAR EL PESADO DE LAS MUESTRAS SE HA DIVIDIDO CADA UNA DE ELLAS EN TRES RANGOS

muestra de árido seco y el volumen ocupado por la materia sólida, comprendiendo los huecos que forman parte de la muestra. El peso específico aparente sobre superficie saturada seca consiste en determinar la relación entre la masa de la muestra y el volumen que ocupa dicha muestra, con todos los poros llenos de agua. (Ambos se expresan en g/cm^3).

Para realizar el pesado de las muestras se ha dividido cada una de ellas en tres rangos diferentes (para los áridos con un tamaño comprendido entre 6 y 12 mm, entre 12 y 20 mm y entre 20 y 40 mm).

c) Coeficiente de absorción de la muestra. Se define como la relación entre el aumento de masa de la muestra debido a una imbibición parcial de agua, respecto a la superficie seca y la masa seca. La imbibición parcial se obtiene sumergiendo la muestra de árido en agua durante 24 h a 20 °C y a la presión atmosférica.

Este aspecto resulta fundamental para determinar la cantidad de agua a añadir al árido durante la fabricación del hormigón.

d) Coeficiente de Los Ángeles. El proceso consiste, inicialmente, en tamizar la muestra, de modo que se obtengan fracciones granulométricas.

Posteriormente, se lava y seca cada fracción por separado. Se vierte la muestra del árido en el interior de un tambor giratorio con las características definidas en la norma UNE 1097-2, introduciendo en éste bolas de acero.

153

El número de bolas utilizadas en el ensayo viene determinado por las fracciones granulométricas del árido a ensayar. Después, se voltea la muestra, incluidas las bolas de acero, y se determina el material retenido por el tamiz de 1,6 mm.

Este ensayo está encaminado a determinar la dureza del árido (a

Tabla 1 Resultados de los ensayos de laboratorio en muestra con predominio de hormigón

Árido grueso		
UNE 83134	Ap. a.s.	
Peso específico (gr/cm³) 6/12	Ap. s.s.s.	2,258
	Real	2,042
Absorción (%) UNE 83134		10,50
UNE 83134	Ap. a.s.	
Peso específico (gr/cm³) 12/20	Ap. s.s.s.	2,197
	Real	1,977
Absorción (%) UNE 83134		11,10
UNE 83134	Ap. a.s.	
Peso específico (gr/cm³) 20/40	Ap. s.s.s.	2,217
	Real	2,023
Absorción (%) UNE 83134		9,60
Desgaste Los Ángeles (%) UNE 1097-2		Tipo A - 51
Materia orgánica (%)		0,13
Reactividad UNE 146507-2		N R
Sulfatos solubles en ácidos en SO ₃ UNE EN 1744-1		0,750
Compuestos totales de S en SO ₃ UNE EN 1744-1		1,320
Cloruros expresados en Cl UNE 1744-1		0,01

menor porcentaje de Los Ángeles, mayor dureza presenta la muestra).

e) Contenido de materia orgánica. Relación entre la cantidad de materia orgánica presente en la muestra y el volumen total de la muestra. La presencia de materia orgánica en los áridos destinados a su uso en hormigones es muy perjudicial.

SI EL ÁRIDO PRESENTA UNA REACTIVIDAD ELEVADA REACCIONA CON LOS COMPONENTES DEL CEMENTO

pues retrasa el fraguado de éste y, además, con el tiempo, la materia orgánica desaparece dejando huecos en el interior del hormigón.

f) Reactividad. Determinación, por vía química, de la reactividad potencial álcali-carbonato de los áridos, según la Norma UNE 146507-2. La reactividad se determina en función de la relación existente entre CaO/MgO frente al porcentaje de Al₂O₃. A mayor porcentaje, mayor reactividad presenta.

Este aspecto resulta perjudicial para el hormigón, pues si el árido presenta una reactividad elevada reacciona con los componentes del cemento afectando a la durabilidad.

g) Contenido de sulfatos solubles en ácidos en SO₃. Con este ensayo se pretende determinar si los áridos de la muestra presentan sulfatos que puedan reaccionar con los componentes del cemento. El contenido de iones sulfato se expresa en tanto por ciento, en masa, del árido.

h) Compuestos totales de S en SO₃. Ensayo consistente en determinar el contenido de azufre que presenta la muestra de ensayo (expresado en porcentaje, en masa, del árido).

Tabla 2 Análisis granulométrico de la muestra DA3 (UNE EN 933-1)

TAMIZ	125	63	50	40	31,5	25	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
% QUE PASA				100	95	91,4	88,6	83,3	77,7	74,5	70,3	66,8	62,3	58,2	44,0	30,1	17,0	8,0	4,2	2,1

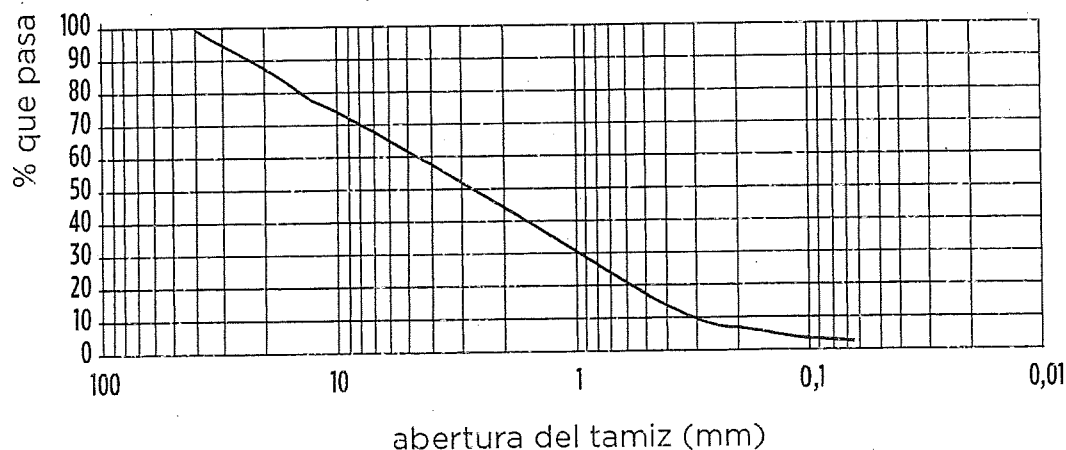


FIGURA 2

porcentajes de componentes de muestras procedentes de obras de menos de 20 años

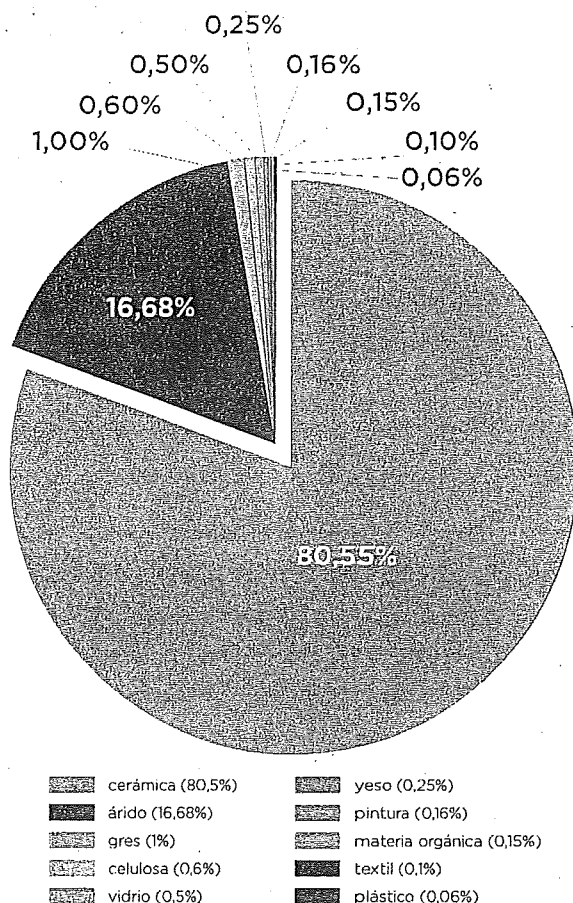
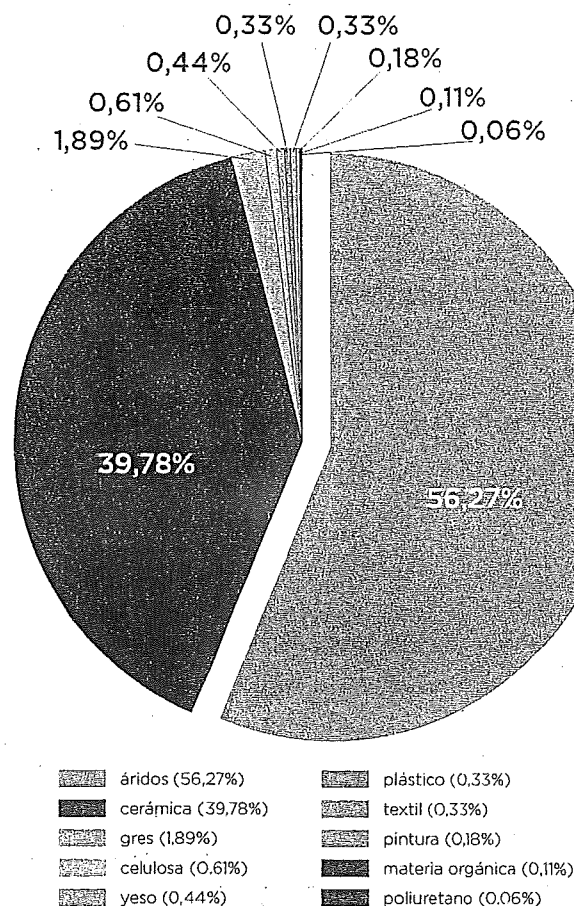


FIGURA 3

porcentajes de componentes de muestras procedentes de obras mayores de 20 años



La presencia de iones cloruros en el hormigón armado resulta altamente perjudicial, pues ataca directamente a la armadura, influyendo en la durabilidad de éste

i) Contenido de cloruros. Se trata de un ensayo destinado a determinar la presencia de cloruros en las muestras de áridos analizadas. (Los cloruros se expresan como iones cloruro, en porcentaje en masa, con relación al contenido en iones cloruro del árido).

La presencia de iones cloruros en el hormigón armado resulta altamente perjudicial, pues ataca directamente a la armadura, influyendo en la durabilidad de éste.

En la tabla 1, se muestra, a modo de ejemplo, una de las actas de resultados de los análisis, en la cual se aprecian los valores obtenidos para una de las muestras con predominio de elementos de hormigón.

Además, para árido fino, se ha analizado el equivalente en arena, consistente en determinar la relación entre el nivel de arenas existentes en una muestra y el nivel de arcillas que presenta dicha muestra.

RESULTADOS OBTENIDOS Y CONCLUSIONES

Residuos procedentes de demoliciones de obras de menos de 20 años de antigüedad

Todas las muestras presentan un denominador común: La existencia de un alto contenido de material cerámico, valores del orden del 80%; mientras que el resto de los materiales componentes, en distintas proporciones, son el plástico, celulosa, pintura, yeso y materia orgánica.

En la figura 2 se representan gráficamente los porcentajes medios para tales muestras.

Sobre este tipo de muestras no se han realizado ensayos de absorción ni de desgaste, pues la presencia de un porcentaje tan elevado de componentes cerámicos induce que la separación de los áridos reutilizables para hormigones o firmes sea más costosa y de mayor dificultad que los residuos provenientes de otras fuentes.

Tabla 3 Resultados de los ensayos de laboratorio sobre la muestra DA3

Árido grueso		
UNE 83134	Ap. a.s.	
Peso específico (gr/cm ³) - 6/12	Ap. s.s.s.	2,263
	Real	2,086
Absorción (%) - UNE 83134		8,51
Desgaste Los Ángeles (%) UNE 1097-2		48
Materia orgánica (%)		
Reactividad UNE 146507-2		
Sulfatos solubles en ácidos en SO ₃ - UNE EN 1744-1		
Compuestos totales de S en SO ₃ - UNE EN 1744-1		
Cloruros expresados en Cl - UNE 1744-1		

Residuos procedentes de demoliciones de obras de más de 20 años de antigüedad

Los componentes de las muestras no presentan una distribución tan homogénea como la anterior. Esta diferencia entre la composición de muestras ha de analizarse con cautela pues las muestras se han recogido aleatoriamente y su procedencia resulta muy variada (edificios de viviendas, naves industriales...).

Los ensayos de laboratorio realizados sobre este tipo de muestras se han basado en analizar la granulometría del árido de la muestra, su peso específico real y aparente en superficie saturada seca, así como el porcentaje de absorción de la muestra y el desgaste de Los Ángeles.

FIGURA 4

porcentajes de componentes de muestras con predominio de hormigón

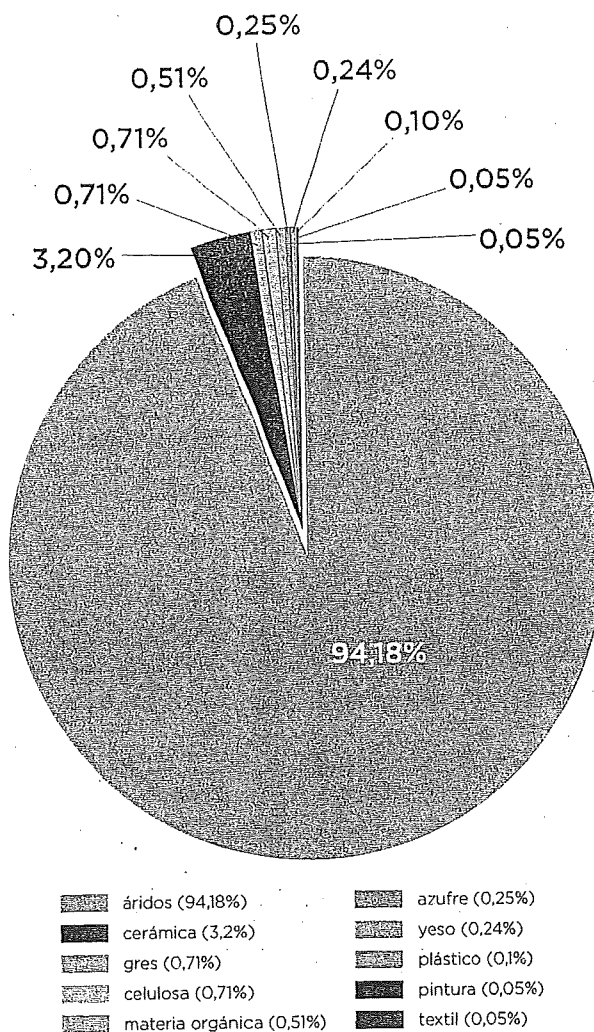


Tabla 4 Análisis granulométrico de la muestra H-1 (UNE EN 933-1)

TAMIZ	125	63	50	40	31,5	25	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
% QUE PASA				100	99,4	98,6	95,8	92,6	88,2	83,4	77,8	71,9	65,8	59,7	43,1	26,1	15,4	8,6	5,0	2,0

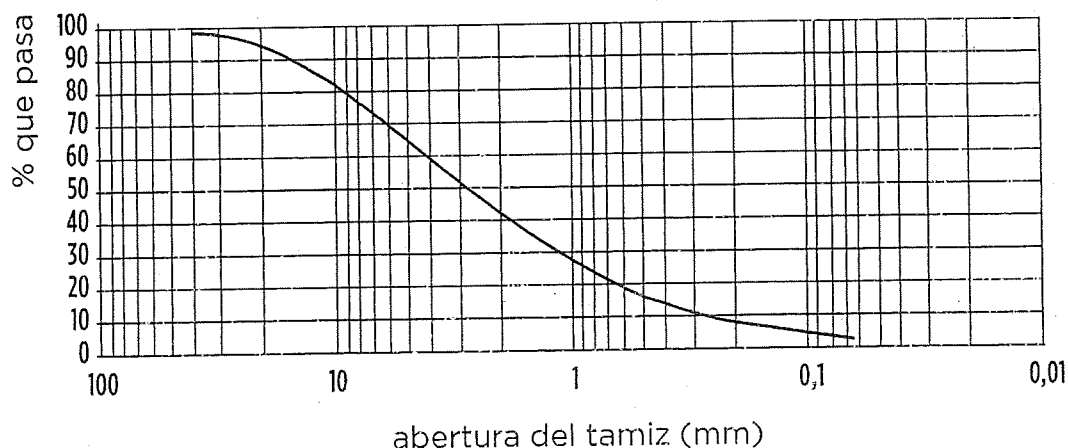


Tabla 5 Resultados de los ensayos de laboratorio sobre la muestra H-1

Árido grueso		
UNE 83134	Ap. as.	
Peso específico (gr/cm ³)	Ap. s.s.s.	2,353
	Real	2,205
Absorción (%) UNE 83134		6,71
Desgaste Los Angeles (%) UNE 1097-2		42
Materia orgánica (%)		
Reactividad UNE 146507-2		
Sulfatos solubles en ácidos en SO ₃ UNE EN 1744-1		
Compuestos totales de S en SO ₃ UNE EN 1744-1		
Cloruros expresados en CL UNE 1744-1		

A modo de ejemplo, los datos obtenidos para la muestra tipo DA3, en cuanto a granulometría son los reflejados en la **tabla 2**.

Se observa que la curva granulométrica parte desde una abertura de tamiz de 40 mm, descendiendo paulatinamente hasta un tamiz de 0,063 mm, por el cual solo pasa el 2,1 % de la muestra.

Los ensayos de absorción y desgaste de Los Ángeles de los áridos, así como el pesaje de los áridos de la muestra DA3, otorgan como resultado los valores que se indican en la **tabla 3**.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para las tres fuentes diferenciadas, permitieron identificar una viabilidad de reutilización mayor en las muestras procedentes de obras de construcción y demolición donde el material predominante es el hormigón.

Por ello, el proceso de ensayos en laboratorio continuó con tal tipo de muestras (diferenciando entre aquellas pertenecientes a edificaciones con una antigüedad menor de 20 años, obras con antigüedad superior a los 20 años y muestras con un predominio muy acentuado de hormigón), determinando, de modo orientado exclusivamente a los usos factibles, los valores adoptados por las siguientes propiedades: granulometría, pesaje, coeficiente de absorción (parámetro imprescindible para determinar la cantidad de agua que se ha de añadir al árido para su reutilización en hormigón), coeficiente de los Ángeles (ensayo encaminado a determinar la dureza del árido y, por tanto, su capacidad como empleo en sub-bases y capas de acondicionamiento de carreteras) y contenido de sulfatos solubles en ácidos en SO₃.

En todos los casos la granulometría se ha ajustado a 40 mm

Residuos procedentes de obras con predominio de hormigón

En tales muestras se observa, respecto a las anteriores, un mayor contenido de áridos, así como unos porcentajes de contenido de elementos cerámicos de poca relevancia (frente al porcentaje de árido existente).

Respecto a los ensayos de laboratorio, la granulometría presenta una curva ligeramente más pronunciada en torno a la apertura de tamiz, entre 1 y 10 mm (pues prácticamente el 100% de la muestra pasa por estos rangos). Ejemplo: Curva granulométrica del ensayo H-1 (Tabla 4).

En cuanto a los valores obtenidos en los ensayos de absorción, éstos resultan ligeramente inferiores a aquellos de las muestras procedentes de obras con una antigüedad superior a los 20 años,

EN MUESTRAS PROCEDENTES DE OBRAS CON PREDOMINIO DE HORMIGÓN SE OBSERVA UN MAYOR CONTENIDO DE ÁRIDOS

lo cual indica que los áridos obtenidos de obras con predominio de hormigón poseen mejor hidratación.

Por el contrario, los valores de peso específico medidos, tanto el peso específico real como el aparente, resultan sensiblemente superiores al resto de las muestras ensayadas.

En cuanto al desgaste de los áridos según el ensayo de Los Ángeles, se obtienen valores similares, con pequeñas variaciones, a los resultados obtenidos para muestras pertenecientes a los otros tipos de obras. ○

como máximo, de cara a tener parámetros comparables con los requisitos exigidos por la normativa PG3 para los usos mencionados anteriormente.

En este sentido, los resultados obtenidos permiten indicar, en un primer análisis, que:

- No resulta viable el empleo de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición como nueva materia prima para ninguna aplicación del hormigón: cunetas, bordillos, ladrillos perforados...
- Los valores que adopta el desgaste, parámetro determinante para el empleo de áridos reciclados como sub-bases y capas de acondicionamiento y mejora del terreno en carreteras, son aceptables y, por tanto, justifican que resulte factible tal finalidad (en solitario o mezclados con grava de cantera). Aunque se descarta el empleo como capa de rodadura.
- Por otra parte, se verifica la aplicabilidad a otras posibilidades de utilización del árido reciclado, que no necesitan valores tan excluyentes: Zanjas drenantes, rellerios localizados (únicamente se ha de verificar una granulometría < 76 mm), trasdós de muros y muros de Gavión (utilizando árido con granulometría > 40 mm).