

Avances y estado actual del conocimiento en el uso de áridos reciclados de RCD en obras de ingeniería civil y edificación

Sr. Rector de la Universidad de Córdoba, Sr. Consejero, miembros de la mesa, autoridades, miembros de la comunidad universitaria, señoras y señores.

Quisiera comenzar agradeciendo a la Escuela Politécnica Superior de Belmez y al Consejo de Gobierno de la Universidad de Córdoba la confianza deposita en mí para impartir esta lección inaugural. Es para mí un honor y una gran satisfacción personal. Espero les resulte amena, a pesar de lo árido del tema.

1.- Introducción

En el sector de la construcción, igual que en el resto de sectores, hemos pasado de un modelo de economía lineal basado en producir – consumir y tirar, donde los residuos se depositaban en vertederos de inertes, escombreras o simplemente se vertían ilegalmente, a un modelo de economía circular, en el que se pretende limitar el consumo de nuevos recursos y fomentar el uso de materiales reciclados, de manera que los residuos se reincorporan al proceso productivo, dándole una segunda vida útil. El depósito en vertedero sólo se contempla para aquellos residuos que no se puedan valorizar de ninguna manera.

La Universidad de Córdoba, viene investigando y promoviendo el uso de áridos reciclados (AR) de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) desde hace aproximadamente diez años, desde la creación del Grupo de Investigación de “Ingeniería de la Construcción” liderado por el Prof. Ayuso. En esta línea de trabajo también ha participa desde el inicio la “Cátedra de Medio Ambiente” y en los últimos años miembros del grupo de investigación “Materiales y Aplicaciones”.

En todo este tiempo, la Universidad ha colaborado con la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía y con la Asociación Andaluza de empresas recicladoras (AGRECA), así como con numerosas empresas del sector de la construcción, con las que se han llevado a cabo proyectos y contratos de investigación, innovación y transferencia relacionados con el uso de AR de RCD.

Recientemente ha finalizado uno de los proyectos más importantes liderados por la Universidad de Córdoba en esta línea. El proyecto ha sido financiado por la Consejería de Fomento y Vivienda a través de fondos FEDER. Los resultados más significativos de este proyecto han sido la creación de una plataforma web de áridos reciclados de RCD

y la publicación de tres documentos técnicos: la guía de buenas prácticas en la gestión y tratamiento de RCD, la guía de áridos reciclados de Andalucía y un catálogo de firmes y unidades de obra con AR de RCD. A lo largo de esta lección iré haciendo referencia a los contenidos de estos documentos y su importancia en el fomento del uso de AR.

2.- Residuos de construcción y demolición

¿Qué son los residuos de construcción y demolición (en adelante, RCD)? Son sustancias u objetos generados en una obra de construcción o demolición y que su poseedor desecha o tenga la intención o la obligación de desechar.

Se generan en cualquier tipo de obra de ingeniería civil o edificación, y a lo largo de todo el ciclo de vida de la obra: fase de construcción, fase de uso o explotación y durante la demolición total o parcial.

Los RCD están compuestos principalmente por hormigón, cerámicos, asfalto, pétreos y tierras de excavación, que son considerados residuos inertes, no peligrosos y que tienen un alto potencial de ser reciclados como áridos.

Además, están compuestos por otros residuos, como son el yeso y sus derivados, maderas, plásticos, aceros, papel, que, aunque son inertes y no peligrosos, son considerados impurezas, ya que su presencia puede limitar la producción de áridos reciclados.

De ahí la importancia de realizar una demolición selectiva, retirando previamente aquellos materiales que pueden ser considerados impurezas o aquellos que tengan la consideración de peligrosos, que deben ser gestionados por empresas autorizadas. Aparece el concepto de deconstrucción. Y una separación en origen de los residuos, separando las maderas, los plásticos, los yesos, etc., igual que hacemos con los residuos domésticos cuando separamos la materia orgánica, de los envases, el vidrio y el papel.

En las obras también pueden generarse residuos peligrosos, que deben recogerse y tratarse por separado por gestores autorizados.

La Comisión Europea considera los RCD un flujo prioritario de residuos ya que estos suponen entre el 25-30% del total de residuos. Si nos fijamos en la evolución de la producción de RCD en España, vemos que en pleno auge del sector de la construcción (año 2006-2007) se producían en torno a 40 millones de toneladas, aunque esta cifra descendió drásticamente debido a la fuerte recesión del sector de la construcción, alcanzando un mínimo de 15,5 millones de toneladas en el año 2012. Actualmente la producción está en torno a los 20 millones de toneladas (430 Kg/habitante y año).

3.- Marco legal vigente en materia de gestión de RCD

En cuanto al marco legal, a nivel europeo la Directiva que regula la producción y gestión de RCD es la Directiva Marco de Residuos (DMR). Esta Directiva establece el principio de

jerarquía en la gestión de RCD, priorizando la prevención y minimización (que se consigue con una demolición selectiva y selección en origen de los residuos), así como la reutilización, reciclado o valorización de los RCD mediante la producción de áridos reciclados, y como última opción la eliminación en un vertedero autorizado.

La Directiva obliga a los Estados miembros a que antes del 2020, el 70% en peso de los RCD deben ser valorizados.

La transposición de la DMR a la legislación española se hace a través de la Ley de Residuos y Suelos Contaminados. Al amparo de esta Ley, se ha desarrollado el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR), vigente en el periodo 2016-2020 y que establece unos objetivos cuantitativos para cumplir la Directiva, llegando a cumplir el 70% en el año 2020.

Pero la legislación básica que regula la producción y gestión de RCD a nivel nacional es el Real Decreto 105/2008. Este RD define las figuras involucradas en las producción y gestión de RCD, así como sus obligaciones.

La Guía de buenas prácticas a la que he hecho referencia al principio, aborda con detalle las obligaciones de cada una de estas figuras.

A nivel autonómico, en Andalucía es de aplicación el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos No Peligrosos 2010-2019, y el Reglamento de Residuos de Andalucía.

La gestión de los RCD de obras mayores (licencia de obras) compete a la Junta de Andalucía, y la gestión de los RCD de obras menores (sin licencia de obras) tienen la consideración de residuos municipales y compete a las Administraciones Locales.

A pesar de este marco legal, ¿cuál es la situación actual de la gestión de RCD en España? Según datos de la Asociación Española de reciclaje de RCD, España está en una tasa de reciclado del 39% (tenemos que llegar al 70% en 2020); cifra que dista bastante de la de otros países como Holanda (98%), Alemania (86%) o Francia (65%). El 24% se deposita en vertedero y un 30% se está gestionando de manera incontrolada o depositando en lugares no autorizados.

4.- Áridos reciclados de RCD

A partir de los RCD convenientemente gestionados y tratados en plantas de valorización autorizadas, se obtienen áridos reciclados (AR) que pueden ser utilizados como material de construcción en obras de ingeniería civil y edificación.

Las plantas de tratamiento pueden ser fijas o móviles. Los equipos utilizados son muy similares a las plantas de tratamiento de áridos naturales, incluyen machacadoras, molinos, cribas, cintas transportadoras y a adicionalmente incluyen elementos para eliminar impurezas, como cabinas de triaje, sopladores o electroimanes.

Hay que distinguir el concepto de RCD del concepto de AR. Nosotros en obra ponemos AR no RCD. Está totalmente prohibido poner RCD directamente en obra sin un tratamiento previo. Los AR dejan de ser residuos y pasan a ser considerados un nuevo material de construcción alternativo a los AN.

En esta foto se pueden hacer una idea de lo que es una planta de RCD. En la plataforma web de AR hecha por la UCO, están geolocalizadas las plantas de tratamiento de RCD de Andalucía, así como su ingeniería de proceso y los productos reciclados que de ellas se obtienen, lo cual muy útil para saber dónde hay que llevar los RCD y dónde se pueden comprar AR.

Los AR tienen unas propiedades físico-mecánicas y químicas diferentes a los AN, derivados de su propia naturaleza. La mayoría de los áridos reciclados están formados por áridos naturales con mortero adherido, o partículas cerámicas con o sin mortero adherido. La textura es más rugosa y porosa. La densidad de los AR es menor que en los áridos naturales y la absorción de agua es mayor.

Los AR también son más blandos que los AN y tienen una menor resistencia a la fragmentación, esto se evalúa mediante el índice de Los Ángeles.

Desde un punto de vista químico, los áridos reciclados contienen más sulfatos y sales solubles que los áridos naturales, estos proceden principalmente del mortero adherido o por la presencia de yeso. La cantidad de sulfatos y sales solubles se limita en carreteras para garantizar la estabilidad dimensionar de los firmes. Por otro lado, la presencia de compuestos de azufre favorece la formación de compuestos químicos expansivos en hormigones y morteros endurecidos. El contenido en materia orgánica no suele ser un problema.

En cuanto a la evaluación ambiental, hay que garantizar que los AR no contengan elementos peligrosos para el medio ambiente, como metales pesados y aniones tipo cloruros, fluoruros o sulfatos, que puedan ser lixiviados por el agua de lluvia. Los ensayos de lixiviación han demostrado que los AR son inertes por regla general. Los únicos elementos perjudiciales que superan el límite de inerte son el Cr y los sulfatos. El Cr se utilizaba en los cementos antiguamente y los sulfatos por la presencia de yeso.

Para poder comercializar los áridos y clarificar el mercado, es necesaria una clasificación común para todo el mundo. La Guía ha propuesto una clasificación general basada en la composición del AR y la absorción de agua. La absorción de agua se considera un indicio de calidad.

Los áridos reciclados están compuestos por partículas de hormigón y moteros (Rc), cerámicos (Rb), asfalto (Ra), árido no ligado (Ru), Impurezas (x): yeso, metales, vidrios y materiales flotantes (Fl): plásticos, maderas.

Se distinguen 4 tipos de AR y 2 tipos de suelos reciclados. Los áridos reciclados de hormigón (ARH) tienen un porcentaje de partículas de hormigón y áridos no ligados superior al 90%. Áridos reciclados mixtos (ARM), que representan la mayoría, donde se han distinguido dos calidades en función de sus impurezas y absorción de agua. Y por último un árido reciclado asfáltico (ARA) compuesto en más de un 50% por materiales bituminosos. Se clasificarán como suelos reciclados aquellos materiales que no cumplan las condiciones para ser clasificados como áridos.

5.- Aplicaciones de los áridos reciclados de RCD

Paralelamente al marco legal, se ha ido desarrollando normativa técnica para permitir el uso de áridos reciclados.

En concreto, la Instrucción de Hormigón Estructural vigente (del año 2008) permite el uso ARH (grava reciclada) en la fabricación de hormigones estructurales, aunque recomienda no utilizar más de un 20% de sustitución de árido natural por árido reciclado, y prohíbe el uso de áridos reciclados finos y el uso de áridos reciclados con partículas cerámicas, que son la mayor parte de los RCD producidos, por lo que el impacto de esta normativa en el reciclado de RCD ha sido insignificante.

Por otro lado, el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras (PG-3) permite el uso de AR en rellenos, explanadas y firmes. El problema que encontramos al aplicar el PG-3, es que las prescripciones técnicas exigidas a los áridos reciclados son similares a las exigidas a los áridos naturales. Además, el PG-3 es una normativa para la construcción de la Red de Carreteras del Estado y las prescripciones técnicas se han establecido tras muchos años de experiencia en el uso de AN, no en el uso de AR.

Si queremos aumentar la tasa de reciclado de los RCD, e necesario establecer Pliegos de Prescripciones Técnicas específicos para AR de RCD, así como establecer nuevos usos.

Las dos únicas comunidades autónomas que han desarrollado normativa específica para el uso de áridos reciclados, han sido la Comunidad Autónoma Andaluza y el País Vasco. Y a nivel nacional, la antigua Asociación de Recicladores de España que publicó en 2012 la Guía de Áridos Reciclados de España.

A pesar de que estos documentos han supuesto un avance, siguen tomando como referencia las propiedades de los áridos naturales para evaluar la calidad de los áridos reciclados. Los AR, por su propia naturaleza, no cumplen algunas especificaciones técnicas contempladas en esta normativa, por lo que los Ingenieros Directores se niegan a admitirlos en obra. La opinión de recicladores y empresas constructoras es que estas normativas no son suficientes para alcanzar la tasa de reciclado del 70% exigida por la Directiva Europea.

En este contexto, se desarrolla la Guía de AR de Andalucía, donde se contemplan nuevos usos para los áridos reciclados, como carreteras de baja intensidad de tráfico, vías urbanas y peatonales, vías ciclistas, caminos rurales, rellenos de zanja, material drenante, donde los requerimientos físico-mecánicos y químicos son menores que en la RCE y más acordes con las propiedades de los AR. La Guía establece las prescripciones técnicas que deben cumplir los AR para cada uno de estos usos. La hipótesis de partida es que los AR son materiales alternativos a los AN.

Las prescripciones técnicas incluidas en la Guía se han establecido a partir de una extensa campaña experimental de ensayos de laboratorio, y de la construcción de diversos tramos experimentales para evaluar el comportamiento in-situ y a largo plazo de los materiales reciclados.

Las prescripciones técnicas no se han establecido de manera unilateral por los investigadores de la Universidad, sino a partir de reuniones grupales entre el equipo de investigación, los recicladores, las empresas constructoras, ingenieros consultores, colegios profesionales y la administración pública (Agencia de Obra Pública, Diputaciones y Ayuntamientos). De manera que la Guía de AR cuenta de partida con un amplio consenso.

Entre los usos como materiales no ligados con cemento, se han establecido los siguientes:

- Zahorras recicladas
- Suelos reciclados
- Material drenante reciclado
- Árido fino reciclado

Entre los usos como materiales ligados con cemento, se han establecido los siguientes:

- Suelo-cemento y Grava-cemento para firmes de carreteras
- Gravas recicladas para hormigón estructural y no estructural
- Gravas recicladas para hormigón compactado con rodillo
- Arenas recicladas para morteros de albañilería

Los usos ligados con cemento dan a los AR un mayor valor añadido.

A continuación, voy a comentar algunas de los usos, que bajo mi punto de vista, pueden tener mayor utilidad.

Zahorras recicladas en firmes de infraestructuras viarias

Se contemplan cuatro tipos de zahorras recicladas: zahorras recicladas de hormigón (ZARHor), zahorras recicladas mixtas tipo I (ZARM-I) y zahorras recicladas mixtas tipo II (ZARM-II), zahorras recicladas asfálticas (ZARA).

Se han probado con éxito en caminos rurales, la carretera CH-2 del aeropuerto de Córdoba, en la vía ciclista de Rabanales, en el puerto de Huelva, y en la remodelación de las vías urbanas del tranvía de Chiclana, lo que ha permitido elevar el límite de las propiedades limitantes tipo compuestos totales de azufre, sulfatos solubles en agua y el índice de los LA que mide la resistencia a la fragmentación.

Suelos reciclados

Los materiales reciclados de granulometría continua que no cumplan las especificaciones para ser clasificados como zahorras pueden ser clasificados como suelos para rellenos de terraplenes o zanjas. En los suelos reciclados se distinguen dos calidades, seleccionados y tolerables, en función del contenido de impurezas.

Se han probado con éxito en caminos rurales y en la carretera CH-2 del aeropuerto de Córdoba, en la vía ciclista de Rabanales, lo que ha permitido elevar el límite de las propiedades limitantes tipo sales solubles y yesos.

Los suelos reciclados tienen una elevada capacidad portante que mejora con el tiempo, debido a cierta hidraulicidad latente de los cementos y cierta actividad puzolánica de las partículas cerámicas de los AR.

Suelo-cemento y grava cemento para firmes de carreteras

El suelo-cemento y la grava-cemento son unos materiales muy empleados en los últimos años en la construcción de firmes de carreteras y vías urbanas.

En la guía se han incluido dos tipos de suelo-cemento reciclados, donde se permite el uso de ARH y ARM, que son el SCR-40 y SCR-20. Las mezclas se han hecho con un 3% de cemento y no se han observado problemas de estabilidad dimensional, a pesar de utilizar materiales con unos compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido superiores a los permitidos por la normativa.

El material se ha probado con éxito en la Ronda Norte de Málaga.

Grava reciclada para hormigón estructural y no estructural

A pesar de que la mayor parte de la investigación y publicaciones científicas han estado encaminadas a estudiar el uso de áridos ARH en hormigones estructurales, nosotros no consideramos que este sea el mejor uso de los materiales reciclados, ya que la incorporación de AR afecta negativamente a las propiedades mecánicas y de durabilidad de los hormigones.

De ahí, que los estudios de la Universidad de Córdoba se han centrados en el uso de la fracción gruesa de los ARM (grava reciclada) con un porcentaje de material cerámico que osciló entre el 15 y 30% en la fabricación de hormigones no estructurales, donde los requerimientos son menores. Los resultados empleando 100% de grava reciclada mixta y arena natural han sido satisfactorios, incluso con bajos contenidos de cemento.

Se han probado con éxito en la fabricación de losas y en el revestimiento de cunetas en el carril bici de rabanales.

Hormigón seco compactado con rodillo para firmes de carreteras

El HCR es un material muy utilizado en los viales urbanos. Los ARH y ARM-I son totalmente competitivos en calidad y precio para fabricar HCR. Se han empleado dotaciones de cemento del 5% y se han alcanzado resistencias de 12 a 15 MPa.

Arenas recicladas para morteros de albañilería

Los estudios de la Universidad de Córdoba han puesto de manifiesto que la sustitución de un 50% de AN por arena reciclada procedente de RCD limpio puede emplearse en morteros de albañilería tipo M-5 a M-10 sin afectar negativamente sus propiedades físico-mecánicas, aunque se aconseja su uso en ambiente interior.

6.- Catálogo de unidades de obra

En la guía de áridos se han establecido las prescripciones técnicas que deben cumplir los materiales reciclados para los diferentes usos.

Sin embargo, cuando se redacta un proyecto, los ingenieros necesitan guías de diseño o recomendaciones de cálculo, como son la Norma 6.1 Secciones de firme del Ministerio de Fomento, Instrucción de Firmes ICAFIR de la Junta de Andalucía, o la Norma 5.2 de drenaje superficial. Pero ninguna de estas normas contempla el uso de AR en sus soluciones constructivas.

El catálogo de firmes y unidades de obra es un documento técnico con soluciones constructivas diseñadas con AR. Es el primer documento de estas características publicado en España y está sirviendo de referencia a otras Comunidades Autónomas que están intentando hacer algo parecido.

El catálogo aporta soluciones constructivas para:

- Firmes de carreteras de categoría de tráfico T2 e inferiores
- Firmes de caminos rurales
- Acerados y vías peatonales
- Firmes de vías ciclistas
- Rellenos drenantes y zanjas urbanas

El catálogo al igual que las Guías son de libre descarga en la plataforma web de AR.

7.- Certificados de calidad

Los técnicos todavía desconfían de la calidad de los materiales reciclados, ya que estos son mucho más heterogéneos que los AN. También desconfían de los tratamientos que se hagan en las plantas de reciclaje.

Para garantizar esta calidad, se debe exigir el marcado CE o en su defecto el sello de calidad AGRECA, que garantiza que se cumplen las prescripciones técnicas exigidas a los materiales.

En el catálogo de firmes y unidades de obra se han incluido 10 fichas modelo para los diferentes materiales reciclados contemplados en la guía de AR, con lo que las dudas, deberían quedar despejadas.

8.- Conclusiones

A la vista de todo lo anterior, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Hay un elevado porcentaje de RCD que no se están gestionando conforme al marco legal. Las figuras involucradas en la producción y gestión de RCD deberían tener en cuenta sus obligaciones.
- A partir de los RCD se pueden obtener AR que pueden aplicarse en obras de ingeniería civil y edificación.
- Los AR no son un residuo, es un nuevo material de construcción alternativo a los AN.
- Los Estados miembros de la UE estamos obligados a reciclar el 70% de los RCD producidos en el año 2020. España está en una tasa de reciclaje del 40%.
- Existe suficiente documentación técnica y garantías de calidad para incluir los AR en los proyectos.
- Es necesario fomentar el uso de AR en la obra pública (lo cual es además una obligación legal de las Administraciones Públicas).

Muchas gracias por su atención.



AVANCES Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO EN EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS DE RCD EN OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL Y EDIFICACIÓN



UNIVERSIDAD
DE
CÓRDOBA

LECCIÓN INAUGURAL
CURSO ACADÉMICO 2017-2018



PROF. **JOSÉ RAMÓN JIMÉNEZ ROMERO**
Área de Ingeniería de la Construcción
E.P.S. de Belmez. Universidad de Córdoba



Economía lineal en el sector de la construcción

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES



- Materias primas
- Construcción
- Conservación
- Demolición
- Residuos
- Vertedero





Economía circular en el sector de la construcción



INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES



Recursos Naturales

Eco-diseño

Construcción

Uso y Explotación

Reutilización /
Reciclaje

Ciclo
de vida

Conservación

Residuos

Deconstrucción

Vertedero

Clasificación y minimización





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE CALIDAD

CONCLUSIONES





Proyecto I+D+i

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE CALIDAD

CONCLUSIONES

Aridos Reciclados **RCD** Aplicación de los áridos reciclados de RCD para la construcción sostenible de infraestructuras viarias en Andalucía

Inicio Proyecto Gestores RCD Normativa Investigación Foros Contactar



Arido reciclado mixto
Valorización económica y medio ambiental de RCD



UNIVERSIDAD DE CORDOBA



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

- Son sustancias u objetos generados en una obra de construcción o demolición y que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.
- Fase de construcción ➤ Fase de uso y explotación ➤ Demolición total o parcial





Tipología y Composición de los RCD

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Hormigón



Cerámicos



Tierras



Asfaltos



Pétreos



Y otros...



Inertes / No Peligrosos

Alto potencial de RECICLADO



Tipología y Composición de los RCD

Inertes / No Peligrosos

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Yesos



Maderas



Aceros



Papel



Plásticos



Y otros...

Considerados IMPUREZAS



- ❑ Para poder reciclar los RCD es necesaria una demolición selectiva

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES



Deconstrucción

- ❑ Es necesaria una separación en origen de los RCD



INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE CALIDAD

CONCLUSIONES

Producción de RCD

□ La Comisión Europea considera los RCD un flujo prioritario de residuos (25-30% del total de residuos)

Producción de RCD en España





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES



• Directiva marco de residuos (Directiva 2008/98/CE)

Jerarquía Europea en la Gestión de RCD



Obligación de los Estados Miembros:
antes de 2020 el 70% en peso de los
RCD deben ser valorizados





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES



• Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados

- Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PMAR) (2016-2020)

Objetivos del PMAR (2016-2020)

Porcentaje de reutilización, reciclado y valorización de RCD	2016	2018	2020
	60%	65%	70%



INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE CALIDAD

CONCLUSIONES



• Real Decreto 105/2008 de producción y gestión de RCD



Figuras involucradas

- Productor de RCD
- Poseedor de RCD
- Gestor RCD
- Transportista
- Projectista
- Dirección Facultativa
- Administraciones Públicas





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

**ÁRIDOS
RECICLADOS**

APLICACIONES

**CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA**

**CONTROL DE
CALIDAD**

CONCLUSIONES



• **Plan Director Territorial de Gestión de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019 (Decreto 397/2010)**

• **Reglamento de Residuos de Andalucía (Decreto 73/2012)**



RCD de obra mayor



Junta de Andalucía



RCD de obra menor



Administraciones locales





Diagnóstico en la gestión de RCD en España

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

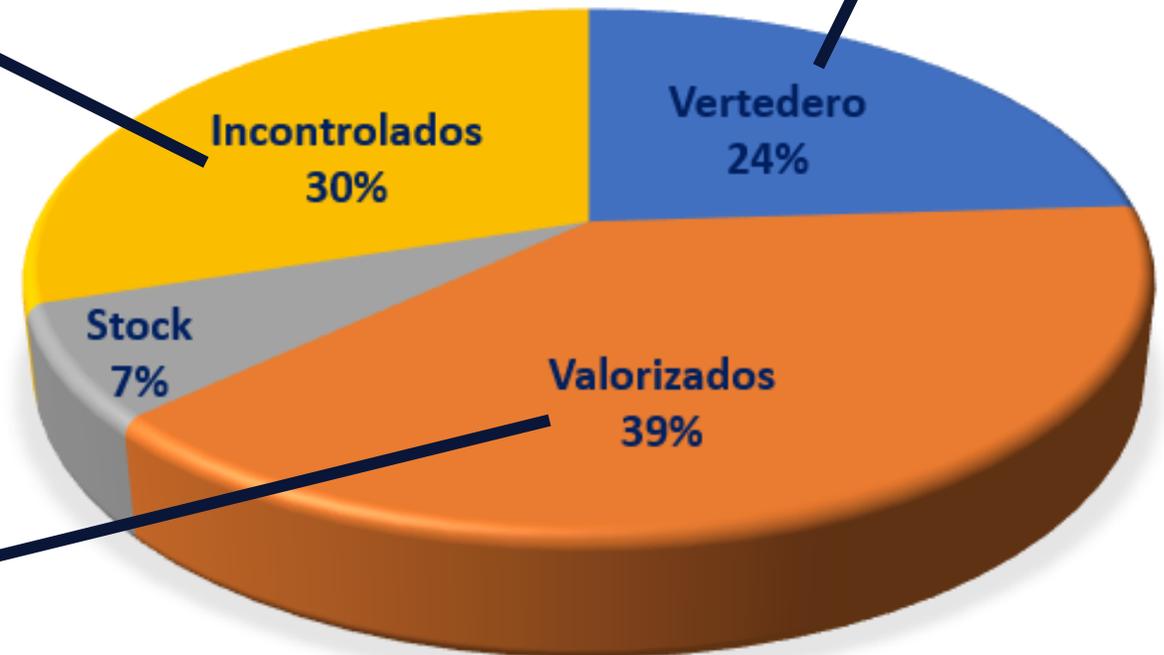
CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES



- Córdoba: 97 kg / habitante · año
- Málaga: 350 kg / habitante · año



Fuente: Asociación Española de reciclaje de RCD



INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE CALIDAD

CONCLUSIONES

RCD

Planta de valorización

Áridos Reciclados

Puesta en obra



Fuente: Youtube – canal de áridos y canteras





Plantas de tratamiento de RCD

Autorización Administrativa

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES





Plantas de tratamiento de RCD

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Aridos Reciclados **RCD**



Ingeniería del proceso en la planta de Gestión de Escombros de Córdoba (GECORSA)



Plantas de tratamiento de RCD en Andalucía



Fig. 15: AF-M-0/5



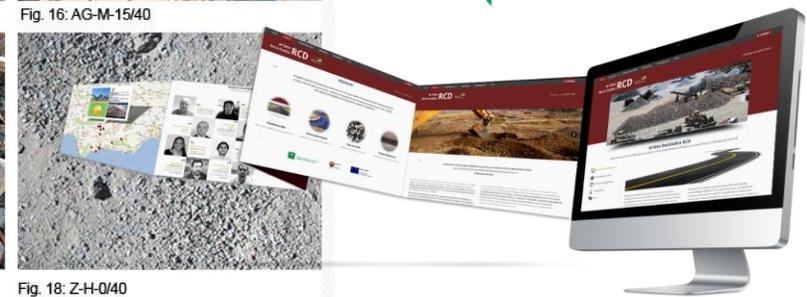
Fig. 16: AG-M-15/40



Fig. 17: AG-M-40/80



Fig. 18: Z-H-0/40





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Propiedades físico-mecánicas de los AR

- ✓ **Textura más rugosa y porosa: menor densidad y mayor absorción de agua**



- ✓ **Más blandos: menor resistencia a la fragmentación**



INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

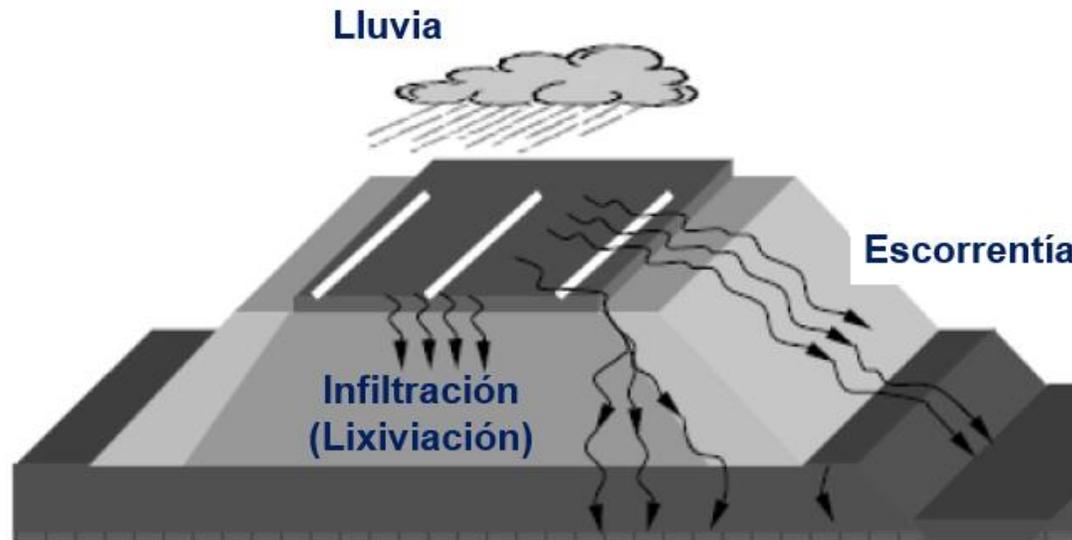
CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Propiedades químicas de los AR

- ✓ Sulfatos y sales solubles
- ✓ La materia orgánica no es un problema

Evaluación ambiental de los AR



Ensayos de Lixiviación

**INERTES o NO PELIGROSOS: NINGÚN
RIESGO PARA EL MEDIO AMBIENTE
El Cr y los Sulfatos**



Clasificación de los materiales reciclados de RCD

- INTRODUCCIÓN
- RCD
- MARCO LEGAL
- ÁRIDOS RECICLADOS**
- APLICACIONES
- CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA
- CONTROL DE CALIDAD
- CONCLUSIONES



COMPOSICIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA

ÁRIDOS



SUELOS





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

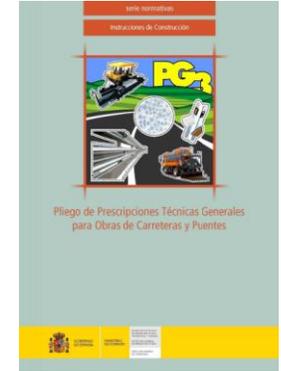
CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

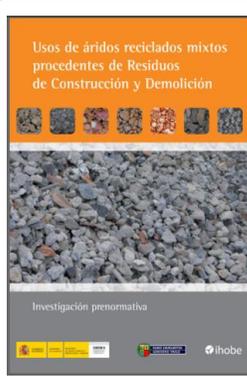
CONCLUSIONES

Normativa Técnica

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3)



Es necesario establecer PLIEGOS DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS específicos para áridos reciclados de RCD y regular NUEVOS USOS



Los AR son materiales alternativos a los AN



Recomendaciones técnicas para el uso de áridos reciclados procedentes de RCD en obras de ingeniería civil





Guía de AR de Andalucía

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Aridos Reciclad RCD
Andalucía Se mueve con Europa

GUÍA
de áridos reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) de Andalucía Central

Tramos Experimentales
Localización de los tramos de obras ya experimentados

Map locations: Sevilla, Alcalá de Guadaíra, Sanlúcar de Barrameda, San Juan del Puerto, San Pedro de Alcón, Utrera, Écija, Río, Montoro, And jua, Puente Genil, Antequera, Torrealmosinos.

✓ ENSAYOS DE LABORATORIO

✓ TRAMOS EXPERIMENTALES
Y ENSAYOS A ESCALA REAL





Programa Reuniones Grupales de Intercomunicación

Proceso participativo IAP (Investigación-Acción-Participación)

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

ESPACIO DE DIALOGO

- Una vez finalizada la presentación del proyecto por parte del equipo investigador, se procedió a abrir un espacio de reflexión y diálogo con el conjunto de asistentes. A este respecto, se trataron diversos asuntos de interés para los participantes, por lo que el objeto de facilitar la lectura de esta Agenda de Comunicación, se procede a anotar las cuestiones más relevantes allí tratadas, a las que se añaden aportaciones del Equipo Investigador, todo ello de forma clara y organizada.
- De forma generalizada los representantes de las plantas productoras mostraron su preocupación por la proliferación de vertederos ilegales, opción que supone una amenaza muy seria para la viabilidad de sus plantas productoras además de un grave problema ambiental.
- En este sentido, desde que comenzó la actual crisis económica se ha visto aumentado el número de vertederos de este tipo, competencia desleal para las plantas productoras y aumento de residuos de construcción y demolición (RCD) que no podrán ser tratados y revalorizados en forma de áridos reciclados, opción que dificulta en gran medida la implantación de un modelo más sostenible para el sector, como es el uso de áridos reciclados de RCD en obras de infraestructuras viarias. Por ello, los representantes de estas plantas productoras reclamaron más medidas por parte de las administraciones públicas competentes para luchar contra estos vertederos ilegales.

Aridos Reciclados RCD www.aridoscordoba.es

DESARROLLO DEL ACTO

- El pasado día 30 de Abril de 2013 se celebró en la sede del Factorado de la Universidad de Córdoba la III Reunión Grupal de Intercomunicación para el colectivo de los contratistas, representados en la misma por el Círculo de Empresas de la Construcción, Consultoría y Obra Pública, y varios contratistas que asistieron a título particular a este acto.
- Tras la presentación del Programa de Reuniones Grupales de Intercomunicación diseñado para este proyecto de investigación siguiendo la metodología Investigación-Acción-Participación (IAP), el equipo investigador expuso brevemente a los allí presentes los distintos aspectos técnicos-científicos del proyecto, haciendo mayor hincapié en las líneas de investigación en desarrollo actualmente, los objetivos que se persigue, la metodología adoptada y los aspectos innovadores del proyecto.

Aridos Reciclados RCD www.aridoscordoba.es

ESPACIO DE DIALOGO

- Con relación a los contenidos de la plataforma web, los participantes de este espacio de diálogo expresaron que creen básico disponer de información real y actualizada de las plantas productoras a la hora de redactar y ejecutar proyectos, y si que los proyectos de la administración necesitan saber si realmente la producción existente va a cubrir las necesidades de la obra, lo que representa una cuestión de importancia para el sector productivo en tanto al esfuerzo de información actualizada y continua.
- Los ayuntamientos desempeñan un papel muy importante en la gestión de los RCD. Por ello, se hace imprescindible que la Federación Andaluza de Municipios y Provincias (FAMP) como representante de la Administración Pública referente a nivel local, fomente la participación y la conciliación de los diversos municipios de Andalucía.
- A este respecto, la representante de dicha Federación manifestó su apoyo a este proyecto y mostró total predisposición para la cooperación de su Administración con el área transversal de la investigación de este proyecto, conducente a las recomendaciones para la adecuada gestión desde los ayuntamientos difundida por la propia FAMP. La misma quedó comprometida a la colaboración con esta plataforma de trabajo que representa el presente proyecto para trabajar conjuntamente en diversas aportaciones.
- Los representantes de las distintas Administraciones Públicas andaluzas presentes reconocen que actualmente la comunicación entre las mismas debe ser mejorada, de modo que sería interesante establecer un diálogo para homogeneizar criterios y mejorar la gestión, lo que decide esta plataforma se incorporará en la línea de obtener el avance en el objetivo de fomento de uso de los áridos reciclados que se plantea.

Aridos Reciclados RCD www.aridoscordoba.es

ESPACIO DE DIALOGO

- Una vez finalizada la presentación del proyecto por parte del equipo investigador, se procedió a abrir un espacio de reflexión y diálogo con el conjunto de asistentes. A este respecto, se trataron diversos asuntos de interés para los participantes, por lo que el objeto de facilitar la lectura de esta Agenda de Comunicación, se procede a anotar las cuestiones más relevantes allí tratadas, a las que se añaden aportaciones del Equipo Investigador, todo ello de forma clara y organizada.
- En primer lugar, los contratistas plantearon diversas cuestiones de carácter técnico sobre los áridos reciclados de RCD tales como tipos de áridos existentes, propiedades, comportamiento, resistencia al desgaste, o experiencia obtenida en obras reales, siendo todas ellas y contestadas por el equipo investigador.
- Por otro lado, los contratistas coincidieron en dos aspectos importantes a tratar con lo expuesto en la Mesa Informativa: 'Deliberativa anterior por los representantes de los consultores de ingeniería, los áridos reciclados en la normativa técnica para los áridos reciclados de RCD y la necesidad de disponer de una garantía de calidad de estos materiales reciclados.'
- Con respecto a la primera cuestión, los contratistas creen que para impulsar definitivamente el uso generalizado de los áridos reciclados de RCD en obras reales es fundamental elegir, en la medida de lo posible y de manera razonable, las especificaciones técnicas exigidas a estos materiales reciclados en la normativa técnica existente. Por tanto, esperan que las administraciones públicas competentes tomen decisión para solucionar este asunto.

Aridos Reciclados RCD www.aridoscordoba.es





Guía de AR de Andalucía

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Usos no ligados con cemento



Zahorras recicladas para bases granulares de firmes



Suelos reciclados



Material drenante reciclado



Árido fino reciclado (arena reciclada para asiento de tubería)





Guía de AR de Andalucía

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Usos ligados con cemento



Suelo-cemento y grava-cemento para firmes de carreteras



Gravas recicladas para hormigón estructural y no estructural



Gravas recicladas para hormigón compactado con rodillo



Arenas recicladas para morteros de albañilería



**MAYOR VALOR
AÑADIDO A LOS AR**



Zahorras recicladas para bases granulares de firmes

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

ZARHor

ZARM-I

ZARM-II

ZARA

Se han elevado los límites de compuestos totales de azufre, sulfatos solubles en agua e índice de Los Ángeles - según usos



Tramos experimentales de la Universidad de Córdoba





Suelos reciclados

GUÍA
de áridos reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) de Andalucía Central

Agencia de Obras Públicas de la Junta de Andalucía
CONSEJO REGULADOR DE OBRAS PÚBLICAS Y ENERGIAS

UNIVERSIDAD DE CORDOBA

Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

cemosa RCD

SR
Seleccionado

SR
Tolerable

Se han elevado los límites de sales solubles y yeso

- INTRODUCCIÓN
- RCD
- MARCO LEGAL
- ÁRIDOS RECICLADOS
- APLICACIONES
- CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA
- CONTROL DE CALIDAD
- CONCLUSIONES



Elevada capacidad portante



Tramos experimentales de la Universidad de Córdoba





Suelo-cemento y grava-cemento para firmes de carreteras

GUÍA
de áridos reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) de Andalucía Central

Agencia de Ordenación y Gestión de Residuos de Construcción y Demolición de Andalucía Central
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
Unidad Europea Fondo Europeo de Desarrollo Regional

cemusa ACO

- INTRODUCCIÓN
- RCD
- MARCO LEGAL
- ÁRIDOS RECICLADOS
- APLICACIONES
- CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA
- CONTROL DE CALIDAD
- CONCLUSIONES





Grava reciclada para hormigón no estructural



INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE CALIDAD

CONCLUSIONES

ARH

ARM-I

ARM con 15 y 30% de cerámicos

Grava reciclada mixta 100%



Arena natural

Tramos experimentales de la Universidad de Córdoba





Hormigón seco compactado con rodillo para firmes de carreteras

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

ARH

ARM-I



Cemento: 5%

Grava reciclada mixta 100%



GUÍA

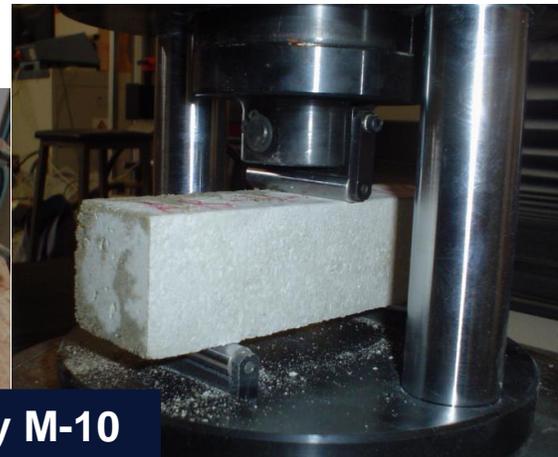
de áridos reciclados de
residuos de construcción
y demolición (RCD) de
Andalucía Central



Morteros de albañilería



Morteros M-5, M-7,5 y M-10



Arena reciclada: 50%



Catálogo de firmes y unidades de obra con AR de RCD

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

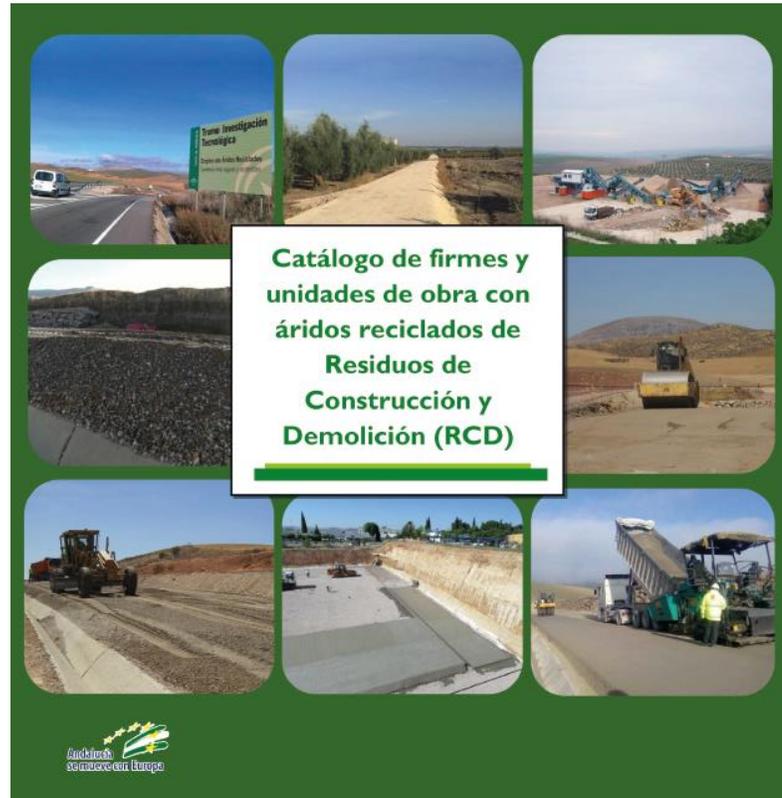
ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES



- Firmes de Carreteras. Categoría de tráficos < T2
- Firmes de Caminos Rurales
- Acerados y Vías Peatonales
- Firmes de Vías Ciclistas
- Rellenos Drenantes y Zanjas Urbanas

Libre descarga en la Plataforma de AR:

www.aridosrcdandalucia.es



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



UCOPress
Editorial Universidad de Córdoba

Unión Europea



Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Colaboradores

cemosa



Catálogo de firmes y unidades de obra con AR de RCD

Ejemplo:

INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

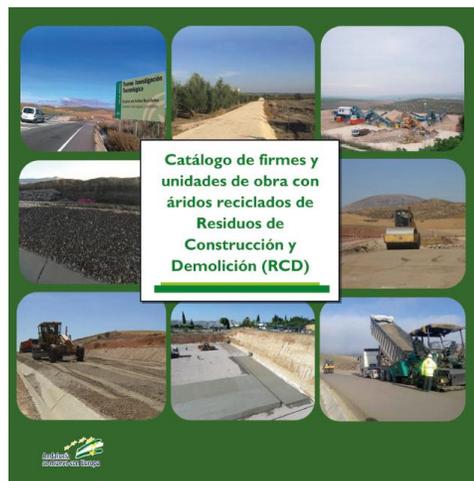
ÁRIDOS RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE CALIDAD

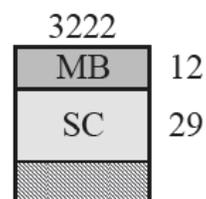
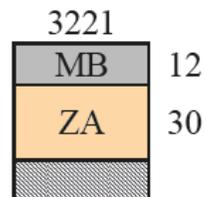
CONCLUSIONES



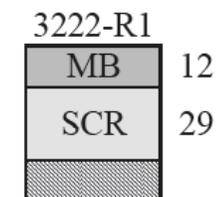
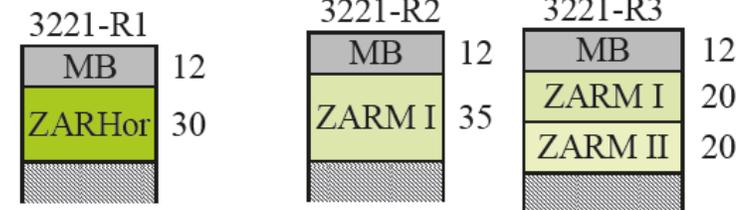
Unidades de obra con las mismas características FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES

- Carretera de categoría de tráfico T3B (≥ 50 y < 100 vehículos pesados al día)
- Categoría de la Explanada E₂ (≥ 100 MPa)

Árido natural



Árido reciclado



INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Control de calidad de los AR de RCD

Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda									
EMPRESA DIRECCIÓN XXXXXXXXXX									
CENTRO DE PRODUCCIÓN XXXXXXXXXXXX									
De nominación: Gravacemiento reciclado GCR20 Tipo multigran: Árido grueso para gravacemiento Uso previsto: firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas									
Composición									
Rc+Rv+Rb	Rc+Rv	Rb	Ra	X	El				
≥ 90 %	≤ 5 %	≤ 5 %	< 1 %	< 2 cm ³ /kg					
Granulometría de las partículas									
UNE-EN 933-1									
Índice pasaj.	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063
% peso	-	100	(80-100)	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7
Partículas total y parcialmente trituradas									
UNE-EN 933-5									
Partículas totalmente redondeadas									
UNE-EN 933-5									
Índice de lagos									
UNE-EN 933-3									
Desgaste de los Ángeles									
UNE-EN 1097-2									
Equivalente de arena									
UNE-EN 933-8									
Plasticidad									
UNE 103103 / UNE 103104									
Materia orgánica									
UNE 103204									
Comp. Totales de azufre (SO ₂)									
UNE 1744-1									
Sulf. Solubles en ácido (SO ₃)									
UNE-EN 1744-1									
Reactividad									
UNE-EN 146508									
UNE-EN 146507-2									
Contenido mínimo de cemento									
El contenido mínimo de cemento de la gravacemiento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la siguiente tabla. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres y medio por ciento (3,5%) en masa respecto del total del árido seco.									
Resistencia a compresión media a 7 días									



1377/AGRECA/XXXX

El marcado CE o el CERTIFICADO
AGRECA garantiza la calidad de los
materiales reciclados de RCD





INTRODUCCIÓN

RCD

MARCO LEGAL

ÁRIDOS
RECICLADOS

APLICACIONES

CATÁLOGO
UNIDADES DE OBRA

CONTROL DE
CALIDAD

CONCLUSIONES

Conclusiones

Elevado porcentaje de RCD gestionados al margen del marco legal

Los AR no son un residuo son un material alternativo a los AN

Documentos técnicos y garantía de calidad para usar AR en los proyectos

A partir de los RCD se pueden obtener
ÁRIDOS RECICLADOS (AR)

Obligación en la UE de reciclar el 70%
de los RCD (España: 40%)

Las Administraciones deben fomentar
el uso de AR en la Obra Pública



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



**UNIVERSIDAD
DE
CÓRDOBA**

**LECCIÓN INAUGURAL
CURSO ACADÉMICO 2017-2018**



PROF. JOSÉ RAMÓN JIMÉNEZ ROMERO
Área de Ingeniería de la Construcción
E.P.S. de Belmez. Universidad de Córdoba