Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

Jornada Recomendaciones RCD

Artículo I de las Recomendaciones: "Zahorras artificiales de reciclados de RCD's"

Ponente: María José Sierra López. GIASA

Marco Legal:

- **El Real Decreto 105/2008**, que regula la producción y gestión de los RCD's.
- **El Plan Nacional Integrado de residuos 2008– 2015**, que contempla estos residuos.
- **El Plan Director Territorial de Gestión de Residuos no Peligrosos de Andalucía 2010 – 2019 (Borrador),** establece las bases que deberán regir la política en materia de residuos no peligrosos en Andalucía.

Según la Ley 10/1998:

Residuo: Cualquier sustancia u objeto, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse.

Según el PNIR 2008-2015:

RCD: cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de "residuo" incluída en el art. 3.a) de la Ley 10/1998 de 21 de abril, se genera en una obra de construcción o demolición.

- **No se incluyen como RCD:**

✓ Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas (ya que pueden y deben ser reutilizadas en la misma obra o en otra diferente, o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno)

✓ Los residuos que estén regulados por una legislación específica cuando no se presenten mezclados con otros RCD (ej. los residuos de aceites industriales usados, envases, neumáticos fuera de uso,…)

Según el PNIR 2008-2015:

A los efectos del PNIR, obra de construcción y demolición, abarca las actividades de construcción, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, u otro análogo de ingeniería civil.

- **Se considerará parte integrante de la obra toda instalación que dé servicio exclusivo a la misma, y cuyo montaje y desmontaje tenga lugar durante la ejecución de la obra o al final de la misma (plantas de machaqueo, de hormigón, de mezclas bituminosas, de suelocemento, de gravacemento, de prefabricados,…)**

Objetivos del PNIR 2008-2015 sobre RCD

	2010	2012	2015
Separación y gestión de forma ambientalmente correcta de los RP procedentes de RCD (en %)	100	100	100
Reciclado de RCD (en %)	15	25	35
% RCD objeto de Otras operaciones de valorización, incluidas las operaciones de relleno	10	15	20
Eliminación de RCD en vertedero controlado (en %)	75	60	45

Real Decreto 105/2008:

Establece el principio de jerarquía que debe regir en la gestión de los RCD:

- **Prevención**
- **Reutilización**
- **Reciclado**
- **Valorización**
- **Eliminación**

Real Decreto 105/2008:

Las administraciones públicas fomentarán que en las obras públicas se contemple en la fase de proyecto las alternativas que contribuyan al ahorro en la utilización de recursos naturales, en particular mediante el empleo en las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de valorización de residuos.

En la contratación pública se fomentará la menor generación de residuos de construcción y demolición, así como la utilización en las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de valorización de residuos.

- **El Plan Director Territorial de Gestión de Residuos no Peligrosos de Andalucía 2010 – 2019**

Apartado 5.4 Residuos de Construcción y Demolición

- La actual Directiva Marco de Residuos establece que, antes de 2020, deberá aumentarse hasta un 70% de su peso la preparación para reutilización, el reciclado y otra valorización de los materiales contenidos en los RCD.

- Entre los **Objetivos Generales** del **Plan Director Territorial de Gestión de RNP de Andalucía** están:

  - Definición de nuevos modelos de gestión de residuos no peligrosos, con establecimiento de objetivos específicos de reciclado y valorización.

  - Fomento del mercado de productos reciclados.

- Mejora de la eficacia y eficiencia de las instalaciones existentes en Andalucía para el tratamiento de los residuos no peligrosos.

- Establecimiento de procedimientos de recopilación, procesado y difusión de información sobre la producción y gestión de residuos no peligrosos en Andalucía.

La normativa técnica nacional actual:

- Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes **"PG-3"**

- Instrucción de hormigón estructural **"EH-08"**

AMBAS **contemplan su empleo,**

pero es muy restrictiva

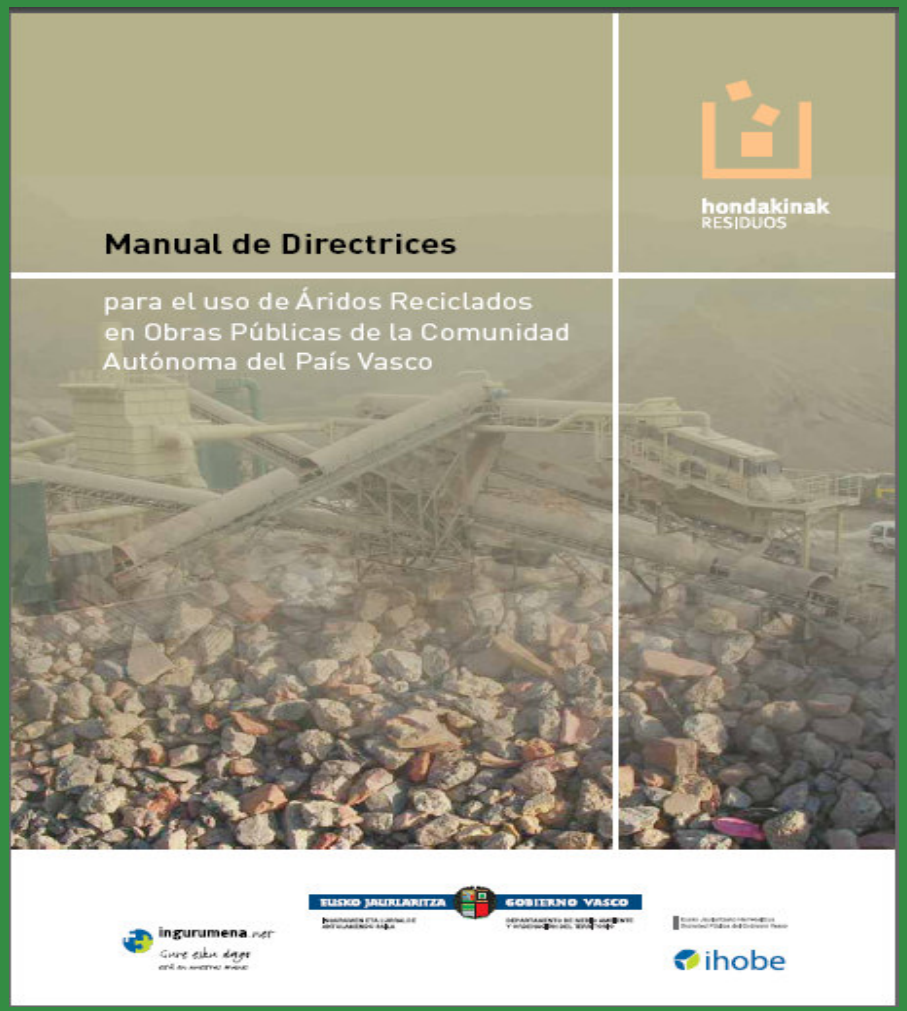
- **EHE-08. ANEJO 15 Recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados**

- **Define como Hormigón reciclado (HR) el fabricado con árido grueso reciclado procedente del machaqueo de residuos de hormigón.**
- **Para su aplicación en hormigón estructural, recomienda limitar el contenido al 20% en peso de árido grueso reciclado (sobre el total de árido grueso).**
- **Resistencia característica $\leq$ 40 N/mm^{2}.**

PG-3. Art. 510 ZAHORRAS

"Para las categorías de tráfico pesado T2 a T4 se podrán utilizar materiales granulares reciclados, subproductos y productos inertes de desecho,…, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este artículo…"

- La C.A. del País Vasco ha editado un Manual para el uso de los áridos reciclados.
- No entra en especificaciones técnicas para su uso.
- Indica que hacen falta dichas especificaciones técnicas



SITUACIÓN DE LOS RCD

País	Producción de residuos de la construcción (Mill.t)	Promedio (Kg/hab)	N° de plantas de reciclado (fijas y móviles)	Destino del porcentaje		
				Vertido	Reciclado	Otros
Holanda (1999)	11,7	718	120	9	90	1
Bélgica (1999)	6,7	666	92	17	81	2
Dinamarca(1999)	2,6	509	30	16	75	9
Reino Unido (1999)	30,0	509	50-100	55	45	0
Austria(1999)	4,7	580	150	59	41	0
Alemania(1999)	59,0	720	1.000	82	18	0
Francia (1999)	23,6	404	50	85	15	0
España (2005)[1]	***10,3***	***229***	***58***	***83***	***17***	**-**

- ¿Por qué estas bajas tasas de utilización de los materiales reciclados en las obras?

- - La inexistencia de normativa técnica específica para estos materiales.
- - Desconocimiento sobre el comportamiento de los mismos.
- - Un cierto rechazo subyacente a su uso.

- Se hace **necesario disponer de una normativa específica** que regule o defina las especificaciones para estos materiales, para su uso en tanto en obras civiles como en general, en las obras de construcción.
- Esta normativa específica debe elaborarse en base a **datos experimentales.**

Recomendaciones RCD's

Es imprescindible conciliar:

¡¡REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS!!

¡¡ CALIDAD TÉCNICA DE LAS OBRAS !!

- Estas Recomendaciones vienen a llenar un vacío existente en el ámbito de **normativa técnica específica para estos materiales.**

- **Facilitan el uso en las obras de los materiales procedentes del reciclado de residuos de construcción y demolición**. Su articulación a modo de Pliego facilita su inclusión en los Proyectos y Obras.

- Hay que indicar que este Documento que se ha elaborado constituye unas **Recomendaciones**, no es un Pliego.
- Es una **herramienta de trabajo** para Proyectistas y Directores de Obra a la hora de redactar sus pliegos o tomar sus decisiones de obra.

Recomendaciones RCD's

Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

RECOMENDACIONES PARA LA REDACCION DE: PLIEGOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE MATERIALES RECICLADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

EDICIÓN 1. ABRIL 2010

Recomendaciones para la redacción de pliegos para el uso de materiales reciclados de RCD. Edición

GRUPO DE TRABAJO:

1.- COORDINADOR GENERAL

- Manuel Atienza Díaz. GIASA.

2.- REDACTORES DE ESTAS RECOMENDACIONES

- Maria José Sierra Lopez. GIASA (Ponente)
- Manuel Salas Casanova. CEMOSA (Ponente)
- Maria del Lirio Garcia Garrido. GIASA
- Rosario Herrador Martínez. GIASA
- Manuel Martinez Martinez. GIASA

En esta 1ª Edición, las Recomendaciones constan de 3 Artículos:

- **Artículo 1. Zahorras artificiales** de reciclados de RCD's.

- **Artículo 2. Gravacemento** con árido grueso de reciclados de residuos de hormigón (GCR).

- **Artículo 3. Suelos** reciclados de RCD's.

• ¿Por qué estos materiales?

- Los áridos son los principales productos de valorización de los RCD.

- Hay muchas plantas que reciben todo tipo de materiales, que pueden, con el adecuado tratamiento, tener cabida en otras unidades o tipo de obras: suelos, arenas, …

ARTÍCULO 1. ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD's

Estructuración del Artículo:

1.- DEFINICIÓN. CLASIFICACIÓN.

2.- MATERIALES.

3.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

4.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

5.- TRAMO DE PRUEBA.

6.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.

7.- LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.

8.- CONTROL DE CALIDAD.

9.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DEL LOTE.

10.- MEDICIÓN Y ABONO.

11.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.

ANEJOS:

ANEJO NÚMERO 1: HUSOS GRANULOMÉTRICOS.

ANEJO NÚMERO 2: DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTROS Y CONTROL DE RECEPCIÓN.

Artículo 1. ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD's

Se definen en estas Recomendaciones 2 tipos de zahorras de materiales reciclados:

- **Zahorra artificial de hormigón (ZR HORM):** Material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración exclusiva de residuos de hormigones.

- **Zahorra artificial de RCD's (ZR RCD):** Material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración controlada de RCD's.

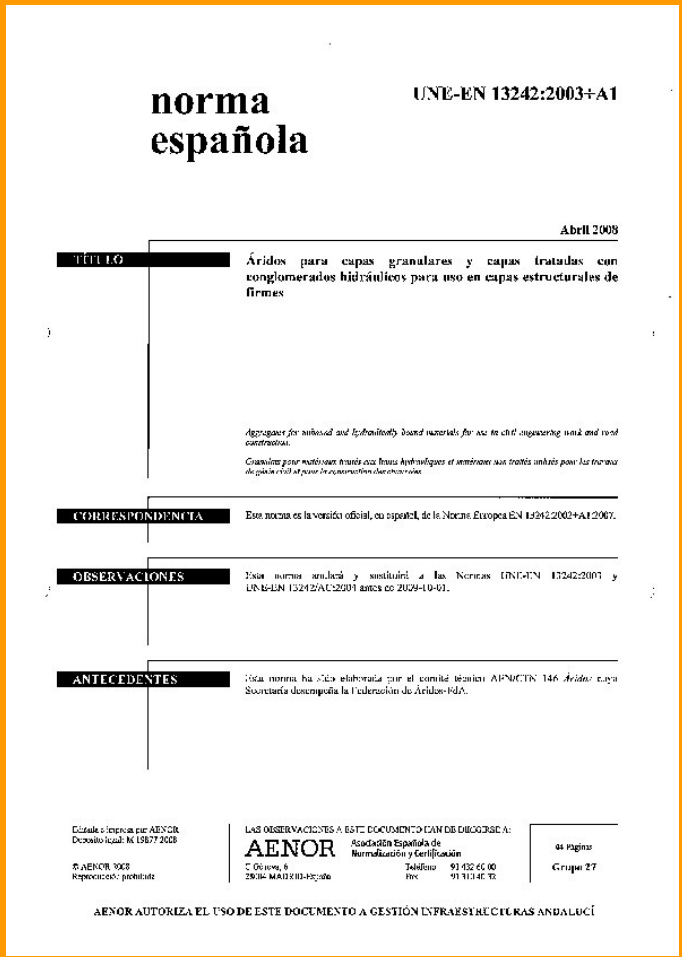
Zahorra artificial de hormigón (ZR HORM)

Zahorra artificial de RCD`s (ZR RCD)

La categoría de un material reciclado se determina en base a los tipos de residuos que componen su fracción gruesa.

Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados

UNE-EN 13242:2003 + A1



norma española

UNE-EN 13242:2003+A1

Abril 2008

TÍTULO

Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes

Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road constructions.

Granulats pour matériaux non liés et hydrauliques et mélanges non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13242:2002+A1:2007.

OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE-EN 13242:2003 y UNE-EN 13242/AC:2004 antes de 2009-10-01.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AENOR/CTN 146 *Áridos* cuya Secretaría desempeña la Federación de Áridos-FdA.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 15877:2008

© AENOR 2008
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO DAN DE DIRIGIRSE A:
AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación
C/ Génova, 6
28004 MADRID-España
Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

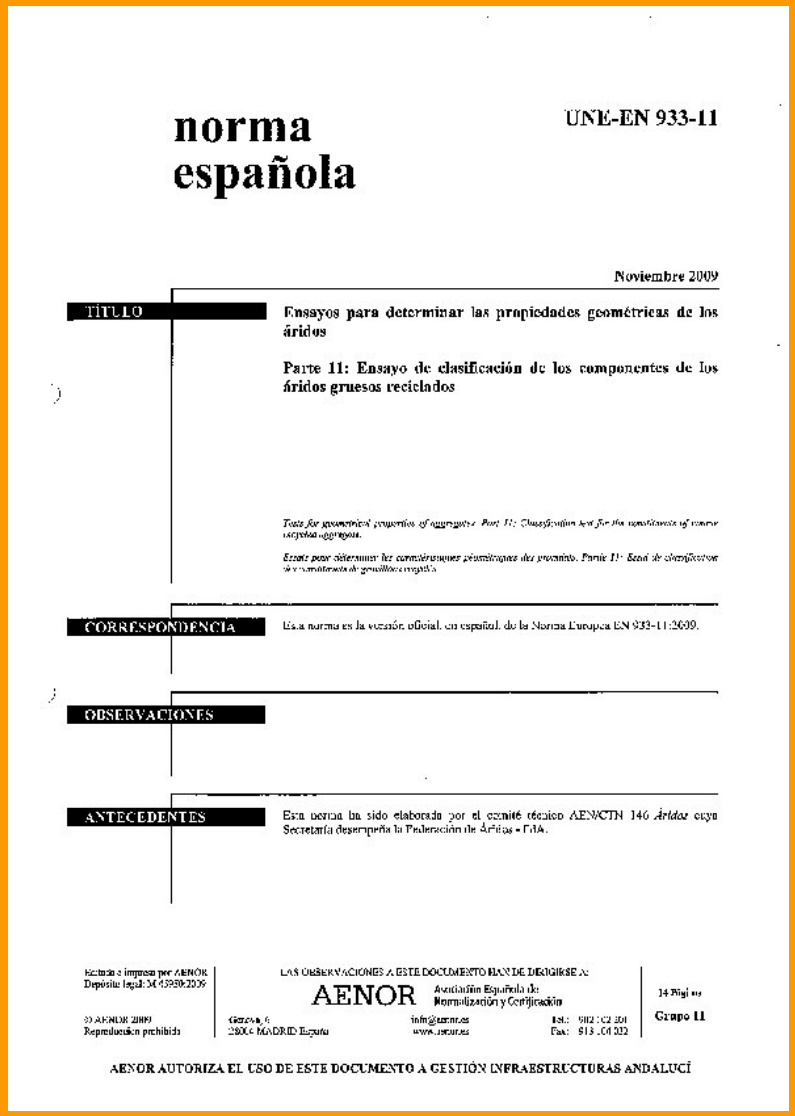
44 Páginas

Grupo 27

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A GESTIÓN INFRAESTRUCTURAS ANDALUCÍ

Componente	Descripción
Rc	Hormigón, productos de hormigón, mortero Piezas para fábrica de albañilería de hormigón
Ru	Áridos no tratados, piedra natural Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos
Rb	Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (ladrillos y tejas) Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio Hormigón celular no flotante
Ra	Materiales bituminosos
Rg	Vidrio
FL	Material flotante en volumen
X	Otros: Materiales cohesivos (arcilla y suelo) Varios: metales (ferrosos y no ferrosos) Madera, materia plástica y caucho no flotantes Yeso

La identificación y estimación de las proporciones relativas de los componentes de los áridos gruesos reciclados se realiza de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11



norma española

UNE-EN 933-11

Noviembre 2009

TÍTULO

Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos

Parte 11: Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 933-11:2009.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AENOR/CTN 146 *Áridos* cuya Secretaría desempeña la Federación de Áridos - FdA.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 45930:2009

© AENOR 2009
Reproducción prohibida

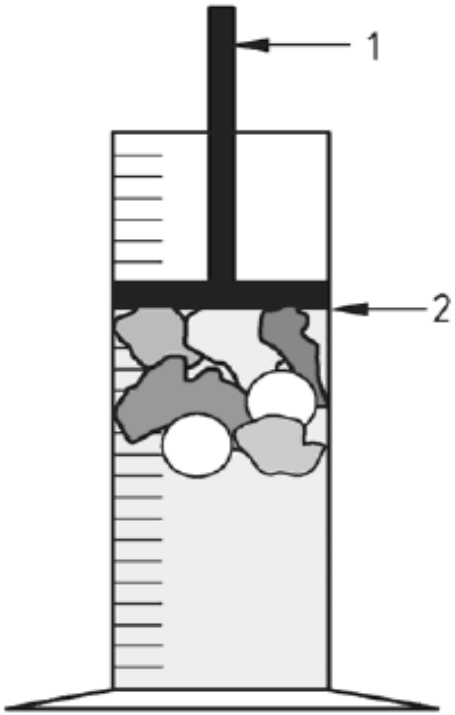
LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:
AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación
Génova, 6
28004 MADRID España
info@aenor.es
www.aenor.es
Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

14 Páginas
Grupo 11

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A GESTIÓN INFRAESTRUCTURAS ANDALUCÍ

- El ensayo consiste en la clasificación manual de partículas a partir de una porción de ensayo de árido grueso reciclado dentro de una lista de componentes.

- La proporción de cada componente se determina y expresa como un porcentaje en masa, excepto para la proporción de partículas flotantes que se expresa como un volumen en masa.



Leyenda

1 Émbolo

2 Nivel del agua

Figura 1 – Ejemplo de determinación del volumen de las partículas flotantes

- La norma UNE-EN 13242:2003 + A1 establece que la proporción de los componentes de los áridos gruesos reciclados debe declararse conforme a la categoría correspondiente especificada

- **Categoría:** nivel característico de una propiedad del árido expresada en forma de un intervalo de valores o como un valor límite

5.6 {A1►} Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados

La proporción de los componentes en los áridos gruesos reciclados debe determinarse de acuerdo con el proyecto Norma Europea prEN 933-11 y debe declararse conforme a la categoría correspondiente especificada en la tabla 12.

Tabla 12 — Categorías de los contenidos de los componentes en los áridos gruesos reciclados

Componentes	Contenidos	Categorías
	Porcentaje en masa	
Rc	≥ 90	Rc_{90}
	≥ 80	Rc_{80}
	≥ 70	Rc_{70}
	≥ 50	Rc_{50}
	< 50	$Rc_{Declarado}$
	sin requisito	Rc_{NR}
Rc + Ru + Rg	≥ 90	$Rcug_{90}$
	≥ 70	$Rcug_{70}$
	≥ 50	$Rcug_{50}$
	< 50	$Rcug_{Declarado}$
	sin requisito	$Rcug_{NR}$
Rb	≤ 10	Rb_{10-}
	≤ 30	Rb_{30-}
	≤ 50	Rb_{50-}
	< 50	$Rb_{Declarado}$
	sin requisito	Rb_{NR}
Ra	≥ 95	Ra_{95}
	≥ 80	Ra_{80}
	≥ 50	Ra_{50}
	≥ 40	Ra_{40}
	> 30	Ra_{30}
	≤ 30	Ra_{30-}
	≤ 20	Ra_{20-}
	≤ 10	Ra_{10-}
	≤ 5	Ra_{5-}
	≤ 1	Ra_{1-}
	sin requisito	Ra_{NR}
Rg	≤ 2	Rg_{2-}
	≤ 5	Rg_{5-}
	≤ 25	Rg_{25-}
	sin requisito	Rg_{NR}
X	≤ 1	X_{1-}
	Contenido cm^3/kg	**Categorías**
FL	≤ 5	FL_{5-}
	≤ 10	FL_{10-}

Zahorra artificial de hormigón (ZR HORM)	**Zahorra artificial de RCD's (ZR RCD)**
Rc $\geq$ 90% en masa	Rc $\geq$ 70% en masa
Rb $\leq$ 10% en masa	Rb $\leq$ 10% en masa
Ra $\leq$ 5% en masa	Ra $\leq$ 5% en masa
X $\leq$ 1% en masa	X $\leq$ 1% en masa
FL $\leq$ 5 cm^3/kg	FL $\leq$ 10 cm^3/kg

- **Zahorra artificial de hormigón (ZR HORM)**

Su categoría se especifica como:

Rc_{90}, Rb_{10-}, Ra_{5-}, X_{1-}, FL_{5-}

- **Zahorra artificial de RCD's (ZR RCD)**

Su categoría se especifica como:

Rc_{70}, Rb_{10-}, Ra_{5-}, X_{1-}, FL_{10-}

MATERIALES: CARACTERÍSTICAS GENERALES

- **USO: CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T2 A T4**
- **OBLIGATORIO: MARCADO CE**
- **A EFECTOS DE EMPLEO:**

ZR HORM → Zahorra artificial art. 510 PG-3

ZR RCD → Zahorra natural art. 510 PG-3

LIMPIEZA

Para los dos tipos de zahorra (ZR HORM y ZR RCD):

- **Coeficiente de limpieza (UNE 146130 Anexo C) < 2**
- **Equivalente de arena (UNE 933-8)**

TABLA .1.1 -EQUIVALENTE DE ARENA DE LAS ZAHORRAS

T2 a T4 Arcenes de T00 a T2	Arcenes de T3 a T4
EA > 35	EA > 30

De no cumplirse esta condición: Valor de azul de metileno < 10, y equivalente de arena no menor de 5 unidades a los valores prescritos.

- **Plasticidad (UNE 103104): No Plástico**

- Equivalente de arena

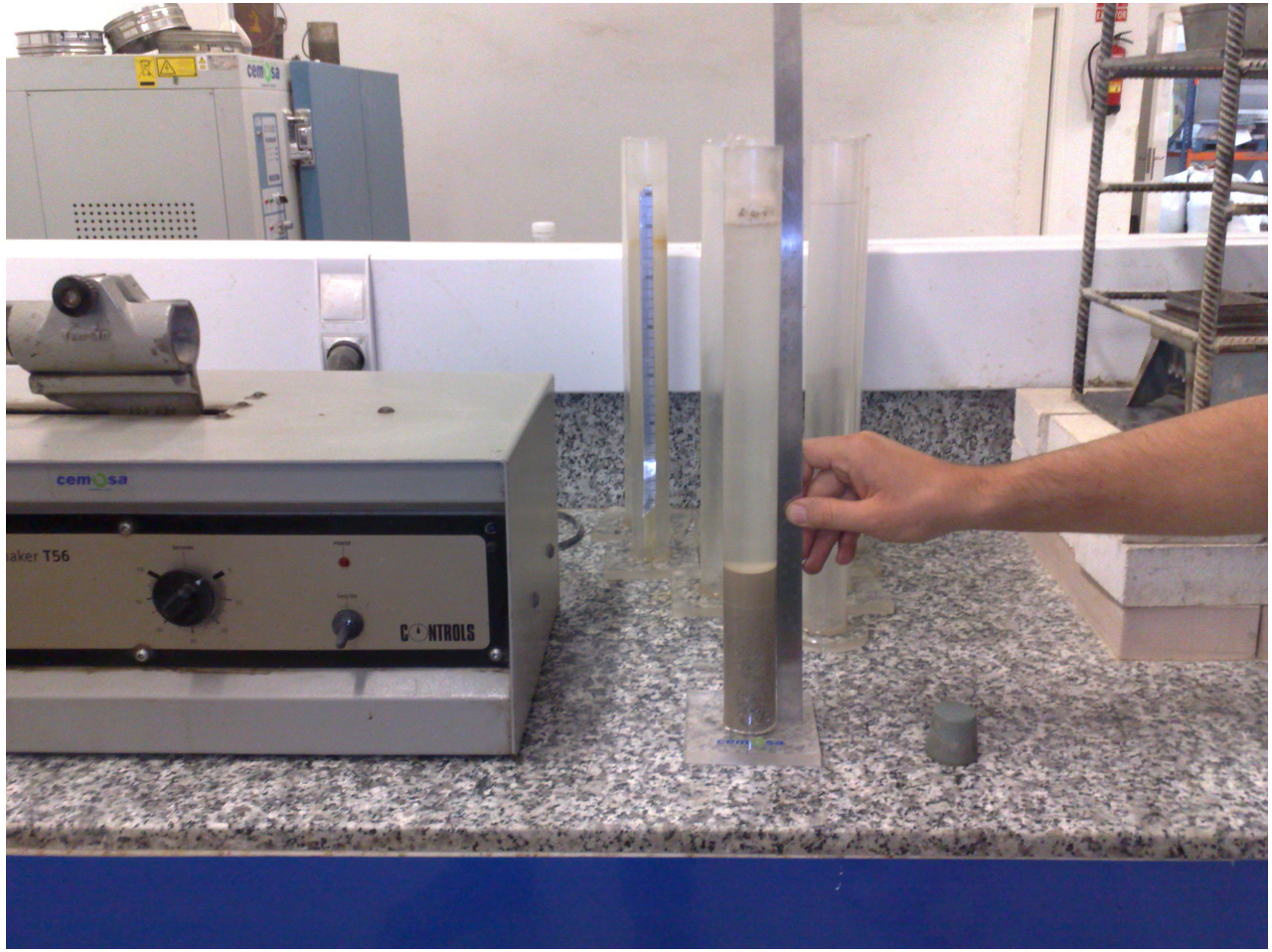


TABLA 1.2 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS ZAHORRAS RECICLADAS DE HORMIGÓN.

ZR HORM	ABERTURA DE TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)										
	45	32	22	16	11,2	8	4	2	0,5	0,25	0,063
ZR HORM 32/0	100	99-75	-	84-57	-	63-40	45-26	32-15	21-7	16-4	9-0
ZR HORM 22/0	-	100	99-75	-	82-54	73-45	54-31	40-20	24-9	18-5	9-0
ZR HORM 22/0 D	-	100	99-75	-	70-42	58-30	37-14	15-0	6-0	4-0	2-0

TABLA 510.3.1 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS ZAHORRAS ARTIFICIALES. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE ZAHORRA ARTIFICIAL(*)	ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)								
	40	25	20	8	4	2	0,500	0,250	0,063
ZA25	100	75-100	65-90	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9
ZA20	-	100	75-100	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9
ZAD20	-	100	65-100	30-58	14-37	0-15	0-6	0-4	0-2

TABLA 1.3 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS ZAHORRAS RECICLADAS DE RCD´s.

ZR RCD	ABERTURA DE TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)												
	56	45	40	32	22	16	11,2	8	4	2	0,5	0,25	0,063
ZR RCD 40/0	100	-	99-75	-	87-58	-	-	63-35	46-22	35-15	23-7	18-4	9-0
ZR RCD 32 /0	-	100	-	99-75	-	84-56	-	68-40	51-27	40-20	26-7	20-4	11-00
ZR RCD 22 /0	-	-	-	100	99-75	-	82-52	75-45	61-32	50-25	32-10	24-5	11-0

TABLA 510.3.2 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS ZAHORRAS NATURALES. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE ZAHORRA NATURAL (*)	ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	50	40	25	20	8	4	2	0,500	0,250	0,063
ZN40	100	80-95	65-90	54-84	35-63	22-46	15-35	7-23	4-18	0-9
ZN25	-	100	75-95	65-90	40-68	27-51	20-40	7-26	4-20	0-11
ZN20	-	-	100	80-100	45-75	32-61	25-50	10-32	5-24	0-11

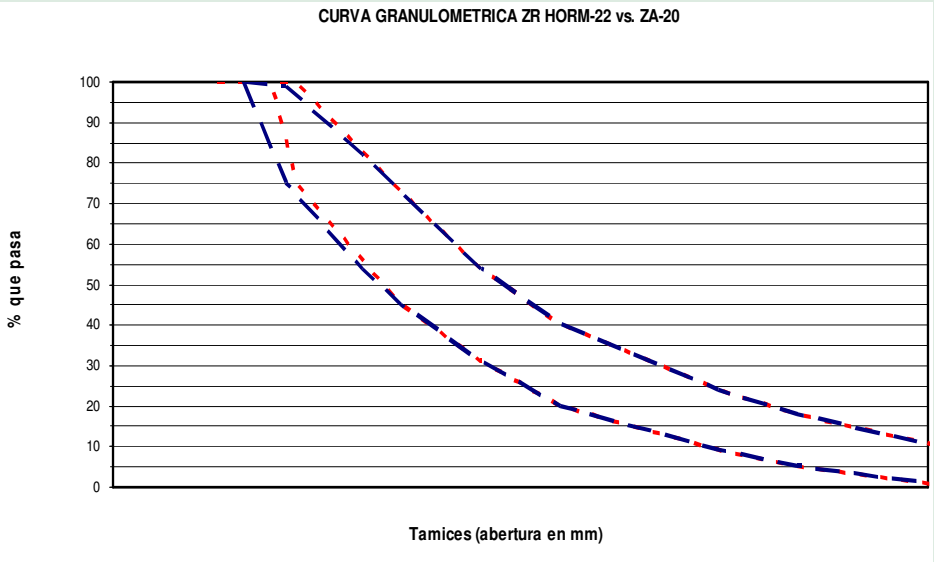
- **Las granulometrías no son distintas:** cambian los tamices, de acuerdo con la norma europea de áridos (UNE-EN 13242:2003 + A1). El PG-3 aún no se ha adaptado a la misma.
- **Cambia la designación:**

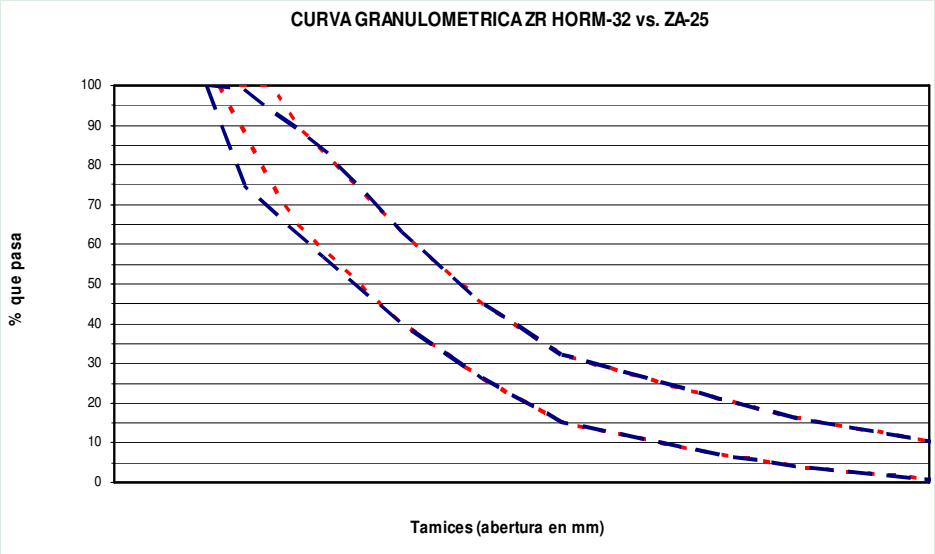
PG-3: Las zahorras se designan en función del tamaño máximo nominal del árido: ZA 25.

Norma europea: Se designan por su tamaño, expresado en función de los tamaños de los tamices inferior (d) y superior (D) empleando la denominación d/D:

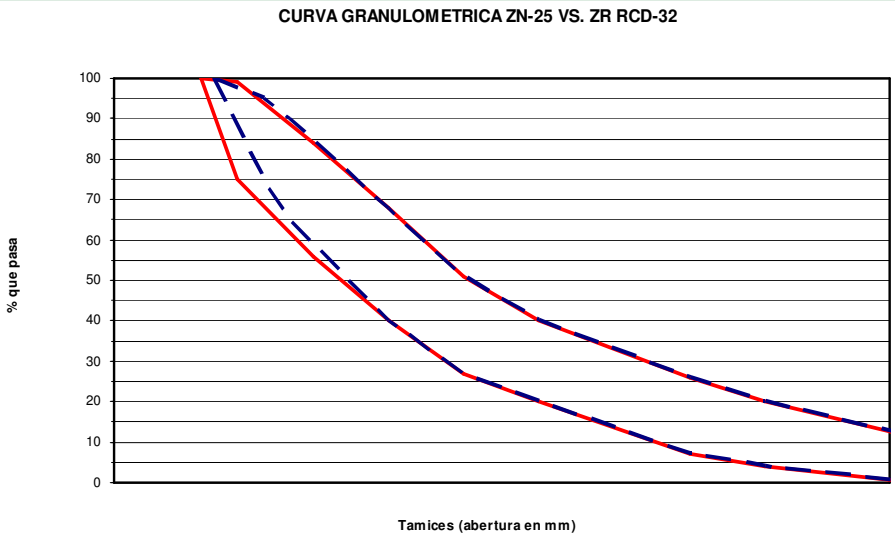
ZR HORM 0/32

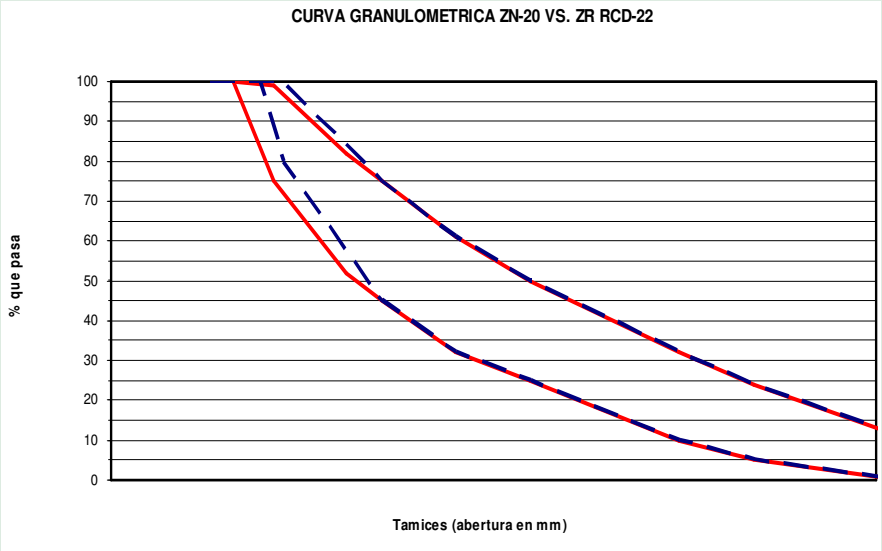
Recomendaciones RCD's





Recomendaciones RCD's





FORMA DEL ÁRIDO GRUESO

TABLA 1.4 – CATEGORÍA PARA LOS VALORES MÁXIMOS DEL ÍNDICE DE LAJAS

Índice de lajas	Categoría *(Fl)*
≤ 35	Fl_{35}

- **La misma especificación que el PG-3**

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS TRITURADAS Y DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS DEL ÁRIDO GRUESO

TABLA 1.5 – CATEGORÍA DE LOS PORCENTAJES DE PARTÍCULAS TRITURADAS O FRACTURADAS Y DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS EN LOS ÁRIDOS GRUESOS

Tipo de tráfico	Porcentaje de partículas trituradas o fracturadas (% en masa)	Porcentaje de partículas totalmente redondeadas (% en masa)	Categoría *(C)*
T2	75 a 100		
Otros casos: T3, T4 y Arcenes	50 a 100	0 a 10	$C_{50/10}$

IGUAL QUE EL PG-3 PARA LOS TRÁFICOS CONSIDERADOS

REQUISITOS FÍSICOS. RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN

TABLA 1.6 – CATEGORÍA DEL VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES

Tipo de zahorra	Coeficiente de los Ángeles (*)	Categoría *(LA)*
ZR HORM	≤ 45	LA_{45}
ZR RCD	≤ 50	LA_{50}

CATEGORIA TRAFICO PESADO	
T00 a T2	T3, T4 y arcenes
30	35

Para materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado de firmes de carretera o de demoliciones de hormigones de resistencia a compresión final superior a treinta y cinco megapascales (35 MPa), así *como para áridos siderúrgicos, el valor* del coeficiente de Los Ángeles podrá ser superior en cinco (5) unidades a los valores que se exigen en la tabla 510.2, siempre y cuando su composición granulométrica esté adaptada al huso ZAD20, especificado en la tabla 510.3.1.

En el caso de los áridos para la zahorra natural, el valor del coeficiente de Los Ángeles será superior en cinco (5) unidades a los valores que se exigen en la tabla 510.2, cuando se trate de áridos naturales. Para materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado de firmes de carretera o de demoliciones de hormigones y para áridos siderúrgicos a emplear como zahorras naturales el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser superior hasta en diez (10) unidades a los valores que se exigen en la tabla 510.2.

- **REQUISITOS FÍSICOS. RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN**

- **En el caso de que se obtengan valores de desgaste los Angeles superiores a 40, e inferiores a los especificados en la tabla, se comprobará en laboratorio la susceptibilidad de la zahorra a la compactación:**
- **Sobre el material compactado (PM)**

- **Granulometría y Equivalente de arena: si cumplen los valores de las Recomendaciones, se aceptará el valor de Desgaste.**

Recomendaciones RCD's

REQUISITOS QUÍMICOS. AZUFRE TOTAL

TABLA 1.7 – CATEGORÍA PARA EL MÁXIMO CONTENIDO TOTAL DE AZUFRE

Situación de obra	Contenido de azufre total (% SO_3)	Categoría *(S)*
-	≤ 1	S_1
En contacto con una capa tratada con cemento o una estructura de hormigón.	≤ 0.5	-

510.2.2 Composición química

El contenido ponderal de compuestos de azufre totales (expresados en SO_3), determinado según la UNE-EN 1744-1, será inferior al cinco por mil (0,5%) donde los materiales estén en contacto con capas tratadas con cemento, e inferior al uno por ciento (1%) en los demás casos.

EQUIPOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

De aplicación lo indicado en el art. 510 del PG-3 para:

- ✓ Central de fabricación de la zahorra reciclada
- ✓ Elementos de transporte
- ✓ Equipos de extensión
- ✓ Equipos de compactación

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

ESTUDIO DEL MATERIAL Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO:

¡IMPORTANTE!: Los materiales procedentes del reciclado de RCD's presentan una absorción de agua superior a los áridos naturales, que se produce además de forma más lenta.

Esto afecta tanto a los ensayos de laboratorio como a la puesta en obra de estos materiales

- **Ensayo Próctor Modificado**

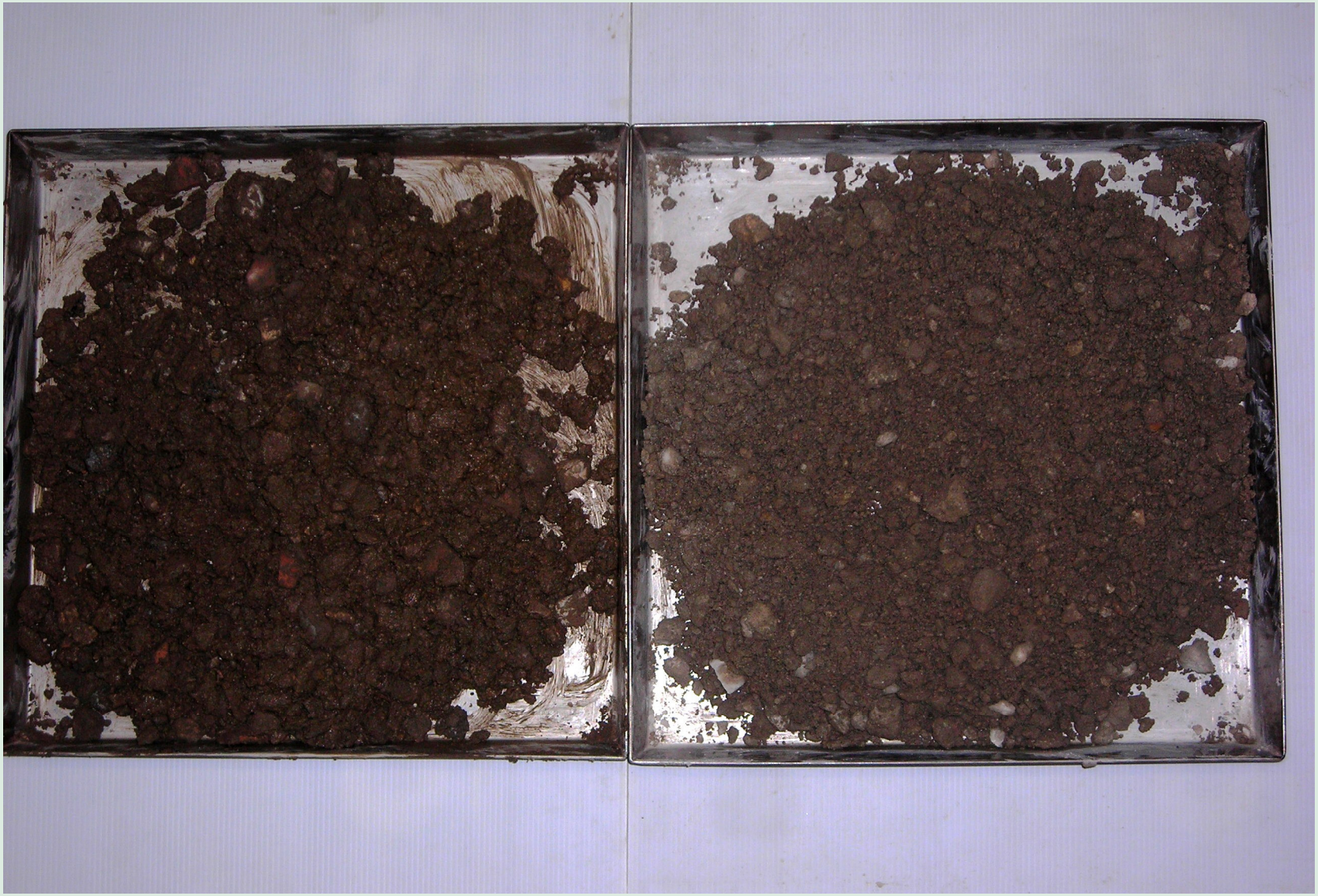
➢ **Procedimiento habitual:** amasado de las muestras con distintas dotaciones de agua sin "tiempo de maduración" e inmediata compactación.

➢ **Procedimiento para materiales de reciclado de RCD:**

- **Saturación previa del material:** las muestras deberán mantenerse en el estado de humedad un mínimo de una hora, para garantizar que los áridos han completado su absorción de agua.

Próctor Modificado "tras saturación"

Recomendaciones RCD's



HUMEDAD DE PUESTA EN OBRA Y COMPACTACIÓN:

- De aplicación lo dispuesto en apdo. correspondiente del PG-3, con la modificación:

- ***Se determinará con el ensayo de Próctor Modificado UNE 103501, sobre las zahorras previamente humectadas con una dotación de agua en el entorno de la humedad óptima (Próctor Modificado "tras saturación")***

- Ensayo Próctor

El no hacerlo así conduce a la determinación de una **humedad óptima inferior a la necesaria para conseguir una correcta compactación en obra.**

- **En obra: PREPARACIÓN DEL MATERIAL**

✓ **La zahorra**, tanto si se fabrica en central como en los demás casos, **deberá estar humectada en los acopios**, en el entorno de la humedad óptima, y, en obra se ajustará la humedad de compactación.

En cuanto a las operaciones de extensión, compactación y tramo de prueba, será de aplicación lo dispuesto en los apartados correspondientes del art. 510 del PG-3.

ESENCIAL TRAMO DE PRUEBA!!!!

- **ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**
- **DENSIDAD:**
- **RECOMENDACIONES**

ZR HORM	100% PM **sobre la zahorra previamente humectada**
ZR RCD y ZR HORM (T3, T4 y Arcenes)	≥ 98% PM **sobre la zahorra previamente humectada**

- **PG-3**

ZA (T00 a T2)	100% PM
ZN y ZA (T3, T4 y Arcenes)	≥ 98% PM

•CAPACIDAD DE SOPORTE

TABLA 1.8 - VALOR MÍNIMO DEL MÓDULO Ev2 (MPa)

TIPO DE ZAHORRA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T2	T3	T4 y arcenes
ZR HORM	150	100	80
ZR RCD		80	60

- El valor exigido a la superficie sobre la que se apoya la capa de zahorra multiplicado por uno coma tres (1,3), cuando se trate de zahorras sobre coronación de explanadas.

Además de lo anterior, el valor de la relación de módulos Ev2/Ev1 será inferior a dos unidades y dos décimas (2,2).

En pliegos particulares de algunas administraciones, se admite que no se cumpla la relación de módulos indicada, (K≤ 2.2), siempre que se cumplan las siguientes dos condiciones:

- El valor obtenido para E2 sea igual o superior al solicitado.
- El valor obtenido para E1 sea superior al 60% de lo solicitado para E2.

TABLA 510.5 - VALOR MÍNIMO DEL MÓDULO E_{v2} (MPa)

TIPO DE ZAHORRA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO			
	T00 a T1	T2	T3	T4 y arcenes
ARTIFICIAL	180	150	100	80
NATURAL			80	60

El valor exigido a la superficie sobre la que se apoya la capa de zahorra multiplicado por uno coma tres (1,3), cuando se trate de zahorras sobre coronación de explanadas.

Además de lo anterior, el valor de la relación de módulos E_{v2}/E_{v1} será inferior a dos unidades y dos décimas (2,2).

- Rasante, espesor y anchura
- Regularidad superficial
- Limitaciones de la ejecución

- De aplicación lo indicado en el PG-3

CONTROL DE CALIDAD

- Control de procedencia del material
- Control de ejecución
- Control de recepción de la unidad terminada

Control de procedencia del material

- ¡Marcado CE preceptivo!
- Control documental.
- Verificación de la instalación de fabricación de la zahorra.
- Ensayos de control de procedencia

- Las características finales de los materiales reciclados son muy dependientes de los procesos de tratamiento de las plantas de reciclado:

DEBE EXIGIRSE COMPROMISOS DE CALIDAD DE LOS PRODUCTOS A LOS FABRICANTES

- **Control documental**
  - - Documento que garantice que el productor es **Gestor autorizado** para la valorización de los residuos de RCD.
  - - **Documentación correspondiente al marcado CE**: etiqueta CE, declaración de conformidad del fabricante y certificado del control de producción del Organismo Notificado.
  - - **Certificado de suministro**, que reflejará la totalidad del producto suministrado, y deberá mantener la trazabilidad de los materiales o productos certificados.

Recomendaciones RCD's

EJEMPLO DE MARCADO CE
ZAHORRA RECICLADA DE HORMIGÓN

CE		*Marcado de conformidad CE, representado por el símbolo "CE", según la Directiva 93/68/CEE*
0123		*Número de identificación del organismo de inspección*
Compañía, dirección		*Nombre o marca de identificación y dirección registrada del fabricante*
07		*Dos últimos dígitos del año en que se estampó el marcado*
0123-CPD-0456		*Número del certificado CE*
EN 13242:2002+A1:2007		*Número de la norma europea*
Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes		*Descripción del producto e información de las características reguladas*
Forma de las partículas	Valor declarado	(*FI*)
Tamaño de partículas	Denominación	(*d/D*) y categoría de tolerancia (por ejemplo, G_{0} 80-20)
Densidad de partículas	Valor declarado	(Mg/m^3)
Limpieza		
Contenido en finos	Categoría	(por ejemplo, f_{10})
Calidad de los finos	Cumple/no cumple el valor umbral/valor declarado	(%, *MB*, *SE*)
Porcentaje de partículas machacadas	Categoría	(por ejemplo, $C_{0,1}$)
Resistencia a la fragmentación y machaqueo	Categoría	(por ejemplo, LA_{10})
Estabilidad en volumen	Categoría	(por ejemplo, V_2)
Absorción/succión de agua	Valor declarado	(% en masa)
Composición/contenido		
Clasificación de áridos gruesos reciclados	Categoría	(por ejemplo, $R_{0,10}$, $X_{1,}$, $FL_{0,1}$)
Sulfatos solubles en agua de áridos reciclados	Categoría	(por ejemplo, $SS_{0,1}$)
Sulfatos solubles en ácido	Categoría	(por ejemplo, $AS_{0,2}$)
Azufre total	Categoría	(por ejemplo, $S_{0,10}$)
Componentes que alteran la velocidad de fraguado y endurecimiento de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos	Cumple/no cumple el valor umbral	(Tiempo de fraguado en asta y resistencia a la compresión *S* %)
Resistencia al desgaste	Categoría	(por ejemplo, M_{10} 25)
Liberación de metales pesados por lixiviación	Valor umbral válido en el lugar de uso	
Liberación de otras sustancias peligrosas	Por ejemplo, sustancia X: 0.3 µm³	
Durabilidad frente al hielo y deshielo	Categoría	(por ejemplo, F_4 o MS_{10})

{◄A1}

MODELO DE DECLARACIÓN DE GESTOR AUTORIZADO

LOGOTIPO EMPRESA	**REQUISITOS ADMINISTRATIVOS GESTOR AUTORIZADO**	

Nombre de la empresa
Dirección
Gestor autorizado número: GRU-

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

Se adjunta la resolución por la cual se acredita que la empresa _____ es gestor autorizado por la Junta de Andalucía para la **valorización de residuos de la construcción y demolición**

Sin otro particular, le saluda atentamente.

Fdo.
Cargo:
Sello:

Recomendaciones RCD's

MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	**CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS**	

Nombre de la empresa
Dirección

Cliente: Nombre del cliente
Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 2010

En referencia a los suministros efectuados a su obra, del siguiente producto:

Designación

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

Producto con Marcado CE	
Declaración de Conformidad CE	☐
Etiqueta CE completa	☐
Certificado de Conformidad del Organismo Notificado	☐

Y certifico que el producto es conforme a las características declaradas en la documentación que se adjunta.

Sin otro particular, le saluda atentamente.

Fdo.
Cargo:
Sello:

MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	**CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS**	

Nombre de la empresa
Nombre y cargo del responsable de suministro:
Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF)

XXX a, xx de xxxxx de 2010

Certifico

Que hasta la fecha presente, se han entregado a:

Cliente:	Nombre del cliente
Obra:	Nombre de obra

Los suministros que a continuación se detallan:

Identificación del producto o material	**Cantidad**

Declaro bajo mi responsabilidad la conformidad de los suministros arriba indicados con las características técnicas declaradas en el momento de la entrega.

Fdo.
Cargo:
Sello:

- **Verificación de la instalación**

- Conforme al modelo de GIASA.
- Se documentará:
- - Origen de los residuos.
- - Clasificación de los residuos.
- - Procedimiento del tratamiento.
- - Control de producción.

Material en bruto

INSPECCIÓN VISUAL, TRIAJE MANUAL Y SEPARACIÓN DE HIERRO.

Molienda

Clasificación

Macadam (40/70)

Zahorra artificial (0/32)

Foto 4. Esquema proceso productivo

Ensayos de control de procedencia:

Mínimo 4 muestras

1 más/10.000 m^3 o fracción de exceso sobre 50.000 m^3

Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados según apdo. 5.6 de la norma UNE-EN 13242:2003+A1	**PNE-EN 933-11**
Granulometría por tamizado	**UNE-EN 933-1**
Límite líquido e índice de plasticidad	**UNE 103103 / UNE 103104**
Coeficiente de desgaste los Angeles	**UNE-EN 1097-2**
Equivalente de arena (y en su caso, azul de metileno)	**UNE-EN 933-8 (UNE-EN 933-9)**
Indice de lajas	**UNE-EN 933-3**
Partículas trituradas	**UNE-EN 933-5**
Humedad natural	**UNE-EN 1097-5**
Contenido de azufre total	**UNE-EN 1744-1**

CONTROL DE EJECUCIÓN

ENSAYO	NORMA O PROCEDIMIENTO	NORMATIVA ENSAYOS		Ud
		Nº	TAMAÑO LOTE	
Control de ejecución (en obra). Fabricación				
Equivalente de arena de áridos	UNE-EN 933-8	2	1.000	m^3
Azul de metileno	UNE-EN 933-9		1.000	m^3
Análisis granulométrico de zahorra	UNE-EN 933-1	2	1.000	m^3
Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados	UNE-EN 13242:2033+A1 / UNE-EN 933-11			
Límites de Atterberg	UNE 103103 / UNE 103104	1	5.000	m^3
Ensayo de compactación. Próctor modificado	UNE 103501	1	5.000	m^3
Índice de lajas	UNE-EN 933-3	1	5.000	m^3
Porcentaje de partículas trituradas	UNE-EN 933-5	1	5.000	m^3
Humedad mediante secado en estufa	UNE-EN 1097-5	1	5.000	m^3
Coeficiente de Los Angeles	UNE-EN 1097-2	1	20.000	m^3

El D.O. podrá reducir la frecuencia de ensayos a la mitad si los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recepción de la unidad terminada se hubieran aprobado 10 lotes consecutivos.

- PARA EL CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA UNIDAD TERMINADA Y LOS CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO: SE SIGUE LO ESPECIFICADO EN EL PG-3

Conclusiones: Es necesario el compromiso de todos los agentes:

- Las **Administraciones Públicas** deben fomentar el uso de los materiales reciclados en sus propias obras, su papel es importantísimo en esta tarea.

- Los **Proyectistas** deben contemplar en sus proyectos la utilización de estos materiales y la minimización de la generación de residuos.

- Las **Empresas constructoras** deben estar predispuestas a la utilización de estos materiales y a gestionar adecuadamente los residuos que se generen en las obras.

- Los **Recicladores** deben asegurar la calidad de sus productos mediante una adecuada gestión y control de los procesos de tratamiento.

MUCHAS GRACIAS