

BORRADOR DEL PROYECTO DE DECRETO POR EL QUE SE APRUEBA EL PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS PROCEDENTES DE RCD EN EXTREMADURA

El artículo 45 de la Constitución Española establece que todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo, atribuyéndose a los poderes públicos la función de velar por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.

El Estatuto de Autonomía de Extremadura, en su redacción dada por la Ley Orgánica 1/2011, de 28 de enero, establece en su artículo 7, que entre los principios a que han de ajustarse su actuación los poderes públicos extremeños se encuentra el perseguir un modelo de desarrollo sostenible, cuidando de la preservación y mejora de la calidad medioambiental de la región.

En materia de residuos, el artículo 8 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelo contaminado, establece el reciclado como la acción jerárquicamente preferente, tras la prevención y preparación para la reutilización, que las administraciones competentes, en el desarrollo de las políticas y de la legislación en materia de prevención y gestión de residuos, aplicarán para conseguir el mejor resultado ambiental global.

Por otro lado, las instituciones comunitarias trabajan en la [reforma del marco legislativo](#) para promover un cambio del modelo de gestión de residuos actual, que tiene un carácter lineal, por una verdadera [“economía circular”](#) consistente en un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

En la práctica, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible. Estos pueden ser productivamente utilizados una y otra vez, creando así un valor adicional.

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son una de las corrientes de residuos más importantes en Europa, tanto por la ingente cantidad que se genera, como por los impactos visuales, de ocupación de espacios y medioambientales que producen. Además, en la línea marcada en la actualidad por la implantación de una economía circular, en todo el continente, estos residuos suponen una fuente muy significativa de materias primas si son correctamente gestionados. El objetivo de la Unión Europea es que para el año 2020, se recicle un 70% de estos residuos y por ello, es necesario establecer un marco técnico adecuado para la reutilización de estos materiales.

En este contexto, en virtud del consenso general de todos los sectores afectados sobre la necesidad de disponer de una normativa básica, específica para los residuos de construcción y demolición, que establezca los requisitos mínimos de su producción y gestión, con objeto de promover su prevención, reutilización, reciclado, valorización y el adecuado tratamiento de los destinados a su eliminación, surge el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, y en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Extremadura el Decreto 20/2011, de 25 de febrero, por el que se establece el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma de Extremadura.

En la situación actual del sector de la construcción, es importante que los áridos reciclados sean reutilizados y revalorizados hasta llegar a ser equiparables a los áridos naturales. Para ello es imprescindible que se mejore el actual proceso de gestión de RCD incentivando la implementación de nuevas tecnologías que permitan optimizar la relación calidad producto final/ coste de producción. De este modo, los áridos reciclados serían competitivos frente a los áridos naturales y permitiría cumplir los objetivos de reciclaje establecidos por la normativa tanto europea como estatal y regional. En esta línea, resulta fundamental por tanto el desarrollo de normativa técnica específica para estos materiales.

El objetivo de este Pliego de Prescripciones Técnicas es, por tanto, fomentar y facilitar el uso de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición. Se presenta articulada a modo de pliego como base técnica que permita su incorporación a los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares de los proyectos de ejecución de obras públicas y privadas, durante su fase de redacción, con la función de presentar los requisitos detallados que deben cumplir los áridos reciclados que van a ser utilizados en las distintas aplicaciones consideradas, y describir las condiciones de su aplicación y los controles de calidad que se deben establecer, para su puesta en obra de forma que la calidad de las obras ejecutadas, esté garantizada.

El desarrollo del presente documento, facilitará la inclusión de estas nuevas tipologías de materiales reciclados desde el momento en que se redactan los proyectos, que deberán considerar en sus Pliegos de condiciones particulares las recomendaciones que se dan en estas especificaciones. Así se favorece el consumo y la utilización de áridos reciclados con garantía suficiente y en aplicaciones concretas para las que resultan técnicamente válidos sin mayores inconvenientes.

En su virtud, a propuesta de la Consejera para la Transición Ecológica y Sostenibilidad, de acuerdo/oído con la Comisión Jurídica, y previa deliberación del Consejo de Gobierno de la Junta de Extremadura, en la sesión de... de.... de 2019,

DISPONGO

Artículo único. Aprobación del Pliego de Prescripciones Técnicas para el uso de áridos procedentes de RCD en Extremadura

Se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas para el uso de áridos reciclados procedentes de RCD en Extremadura, cuyo texto se inserta a continuación.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa.

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual e inferior rango se opongan a lo dispuesto en este Decreto.

Disposición final primera. Desarrollo normativo.

Se faculta a la Consejería con competencias en medio ambiente, para dictar para dictar cuantas disposiciones sean necesarias en desarrollo y ejecución de lo establecido en este Decreto.

Disposición final segunda. Entrada en vigor.

El presente Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en Diario Oficial de Extremadura.

**LA CONSEJERA PARA
LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y SOSTENIBILIDAD**

Olga García García

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE ÁRIDOS PROCEDENTES DE RCD EN EXTREMADURA

1. Objeto

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas comprenderá un conjunto limitado de propuestas de especificaciones técnicas generales referidas a las principales aplicaciones de los áridos reciclados procedentes de RCD. La función de estas especificaciones es la de presentar los requisitos detallados que deben cumplir los áridos reciclados que van a ser utilizados en las distintas aplicaciones consideradas, y describir las condiciones de su aplicación y los controles de calidad que se deben establecer.

2. Clasificación de los áridos reciclados

La categoría de un material proveniente del reciclado se determina en base a los tipos de residuos (componentes) que componen su fracción gruesa, lo que se determina con arreglo a la norma UNE-EN 933-11.

Resulta necesario proceder a una clasificación previa de los áridos reciclados, ya que al igual que sucede en el ámbito nacional, a nivel regional la gran parte de áridos reciclados procedentes de la gestión de RCD son de composición mixta. En la actualidad, se entiende que un árido reciclado tiene composición única cuando uno de los componentes está presente en porcentajes superiores al 90% del total de material producido. Esta composición va a influir en los niveles de calidad y características intrínsecas del árido reciclado, siendo ésta un condicionante a la hora de establecer su posible viabilidad en aplicaciones para construcción e ingeniería.

Por lo tanto, en la tabla 1 se hace una propuesta de clasificación basada en los criterios establecidos por la Guía Española de Áridos Reciclados GEAR:

Tabla 1. Categorías de los áridos reciclados

Categoría	Descripción	Clasificación (UNE-EN 933-11)
ARH	Árido reciclado de Hormigón	$R_c + R_u \geq 90\%$ $R_b < 10\%$ $R_a < 5\%$ $X < 1\%$
ARMh	Árido reciclado Mixto de hormigón	$70\% \leq R_c + R_u < 90\%$ $10\% \leq R_b < 30\%$ $R_a < 5\%$ $X < 1\%$
ARMc	Árido reciclado Mixto cerámico	$30\% < R_c + R_u < 70\%$ $R_b \leq 30\%$ $R_a < 5\%$ $X < 1\%$

Nota. – **R_c**: hormigón, productos de hormigón, mortero y unidades de albañilería de hormigón; **R_u**: árido no tratados, piedra natural y áridos tratados con conglomerantes hidráulicos; **R_b**: unidades de albañilería de arcilla cocida, unidades de albañilería de silicato cálcico y hormigón aireado no flotante; **R_a**: materiales bituminosos; **I**: impropios u otros materiales que ensucian el árido reciclado por insuficiencia de los sistemas de limpieza y separación; **R_g**: vidrio; **X**: cohesivos, metales madera no flotante, plástico, caucho y yeso; y **FL**: material flotante en volumen.

Nota Técnica: “sensu stricto” la clase ARH también sería un árido reciclado mixto. No obstante, se decide considerar como parámetro de clasificación la suma de los componentes $R_b + R_u$ porque los áridos no ligados (R_u) son de mejor o similar calidad a los áridos con mortero adherido (R_b), y porque de la experiencia se deduce que el porcentaje de R_u en los áridos reciclados de Extremadura es bastante significativo. No se denomina como mixto también para poder diferenciar con la clase ARMh.

Además de estas categorías, existen otras dos: *Áridos reciclados de Cerámicos (ARC, aquellos con Rb>70%)*, y los *Áridos reciclados mixtos con Asfalto (ARMa, con Ra entre 5 y 30%)*, mucho menos habituales en las plantas de reciclaje, y que este documento no contempla en sus especificaciones.

Por otro lado, la tabla 2 muestra las aplicaciones recogidas en el presente Pliego Prescripciones Técnicas para las tipologías de árido reciclado contempladas la misma (*véase tabla 1*).

Tabla 2. Especificaciones técnicas de la Guía y clases de árido reciclado contempladas.

ESPECIFICACIÓN	APLICACIÓN	CATEGORÍA
GEX-ET-01	ZAHORRA RECICLADA	<i>ARH; ARMh; ARMc</i>
GEX-ET-02	SUELO RECICLADO	<i>ARH; ARMh; ARMc</i>
GEX-ET-03	GRAVACIMIENTO Y SUELOCIMIENTO	<i>ARH; ARMh; ARMc (solo SC)</i>
GEX-ET-04	MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO	<i>ARH</i>
GEX-ET-05	HORMIGÓN ESTRUCTURAL	<i>ARH; ARMh</i>
GEX-ET-06	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL	<i>ARH; ARMh; ARMc</i>
GEX-ET-07	CAMAS DE TUBERÍA	<i>Arena (árido fino) reciclada (cualquier Categoría)</i>

3. Especificaciones Técnicas

3.1. GEX-ET-01. Especificaciones técnicas para los áridos reciclados procedentes de RCD a emplear como Zahorra reciclada

3.1.1 Ámbito de aplicación

Estas especificaciones técnicas se aplican a los áridos procedentes del reciclado de material inorgánico previamente utilizado en la construcción, para su utilización en capas de firmes de carreteras y caminos.

Estas especificaciones establecen los requisitos y propiedades de los áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (en adelante, RCD) que se destinan a dichos usos.

El presente documento no afecta al procesado de residuos o subproductos industriales realizado en plantas de tratamiento de otro tipo de residuos (plantas de la industria de materiales de construcción), ni a otro tipo de áridos artificiales distintos de los procedentes de residuos de construcción y demolición (por ejemplo, áridos siderúrgicos o áridos bituminosos).

Las aplicaciones consideradas en esta recomendación son:

- Bases
- Subbases
- Arcenes

El material considerado, fabricado a partir de residuos de construcción y demolición, es la zahorra reciclada.

Esta propuesta contempla la legislación y normativa técnica vigente en España correspondiente a esta aplicación:

- UNE EN 13242. “Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes de carreteras”;
- Art. 510 Orden FOM/2523/2014, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a firmes y pavimentos”.

3.1.2 Categorías de áridos utilizables y usos contemplados

Para las aplicaciones contempladas en estas especificaciones técnicas pueden utilizarse áridos reciclados de las siguientes categorías, según establece el punto 2 de esta Guía:

- Categoría ARH: Áridos Reciclados de Hormigón.
- Categoría ARMh: Áridos Reciclados Mixtos de Hormigón.
- Categoría ARMc: Áridos Reciclados Mixtos Cerámicos.

Las posibles aplicaciones de los áridos reciclados incluidas en estas especificaciones técnicas son función de las características de la red viaria que actualmente existe en Extremadura. Por tanto, en función de las categorías de tráfico incluidas en el PG-3, se plantea el empleo de una clase u otra de árido reciclado en la tabla 3:

Tabla 3. Clases de uso para la zahorra reciclada, según grado de exigencia técnica

Clases	Aplicación
ARH	Bases, subbases y arcenes para vías de tráfico T1 y T2
ARH; ARMh	Bases, subbases y arcenes para vías de tráfico T3 y T4
ARH; ARMh; ARMc	Bases y subbases para caminos con categoría de tráfico menor de T4

La posibilidad de utilización de los áridos reciclados en las aplicaciones detalladas en la tabla anterior quedará sujeta al cumplimiento de los requisitos técnicos particulares de cada aplicación, establecidos en estas especificaciones técnicas.

Nota técnica:

La clasificación no debe ser utilizada como un elemento limitador de uso del material en una determinada clase. La calidad técnica del material, independiente de su composición, es el elemento que determina la viabilidad de uso del material en una aplicación. Si el árido reciclado no se adapta a la categoría indicada para una determinada aplicación, pero, aun así, presenta características geométricas, físico-mecánicas y químicas adecuadas a su uso en ella (de acuerdo con los límites presentados en estas especificaciones), el material puede ser utilizado en el uso planteado.

3.1.3 Requisitos de los áridos

3.1.3.1 Requisitos geométricos

- **Granulometría**

La granulometría del material deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos de la zavorra artificial recogidos en la tabla 4.

Tabla 4. Husos granulométricos para los áridos reciclados

Tipo	Cernido acumulado (% en masa mínimo-máximo) ^b
-------------	---

^a	40	32	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,063
ZA 0/32	100	88- 100	65- 90	52- 76	40- 63	26- 45	15- 32	7-21	4-16	0-9
ZA 0/20	—	100	75- 100	60- 86	45- 73	31- 54	20- 40	9-24	5-18	0-9
ZAD 0/20	—	100	65- 100	47- 78	30- 58	14- 37	0- 15	0-6	0-4	0-2

^a La designación del tipo de zahorra se hace en función del tamaño máximo nominal, de acuerdo al intervalo de % que pasa fijado en el correspondiente huso.

^b La abertura de los tamices se define en la norma UNE-EN 933-2.

En cualquier caso, el cernido por el tamiz de 0,063 mm será menor que los dos tercios (2/3) del cernido por el tamiz 0,250 mm.

Para la aplicación en caminos con categorías de tráfico inferiores a T4, el tamaño máximo del material no rebasará la mitad (1/2) del espesor de la tongada compactada.

- **Forma**

La forma del árido grueso, según el ensayo de determinación del índice de lajas UNE-EN 933-3, en las aplicaciones granulares descritas deberá ser inferior a 35 (IL<35).

- **Angulosidad**

La angulosidad de los áridos, según el ensayo de determinación de las caras de fractura en el árido grueso UNE-EN 933-5, en las aplicaciones granulares contempladas debe cumplir las condiciones presentadas en la Tabla 5.

Tabla 5. Angulosidad de los áridos reciclados

Categoría tráfico	Porcentaje de partículas trituradas Cc (%) - UNE-EN 933-5
T1, T2	≥ 75
T3, T4 y Arcenes	≥ 50
Menor a T4	≥ 50

Además, en ningún caso, el porcentaje de partículas totalmente redondeadas Ctr superará el 10%.

3.1.3.2 Requisitos físico-mecánicos

- **Composición**

La composición de los áridos reciclados se determinará según la norma UNE-EN 933-11.

Los áridos se clasificarán según las categorías indicadas en la tabla siguiente.

Tabla 6. Categorías de los áridos reciclados procedentes de RCD

Categoría	Descripción	Cantidad de elementos (% del peso total)¹				
		Ru	Rc	Rb	Ra	X
Ar H	Árido reciclado de hormigón	$\geq 90\%$		$\leq 10\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$
ArM H	Árido reciclado mixto de hormigón	$\geq 70\%$		$\leq 30\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$

ArM C	Árido reciclado mixto cerámico	< 70%	> 30%	≤ 5%	≤ 1%
--------------	--------------------------------	-------	-------	------	------

Nota. - Rc: hormigón, productos de hormigón, mortero y unidades de albañilería de hormigón; **Ru:** árido no tratados, piedra natural y áridos tratados con conglomerantes hidráulicos; **Rb:** unidades de albañilería de arcilla cocida, unidades de albañilería de silicato cálcico y hormigón aireado no flotante; **Ra:** materiales bituminosos; y **X:** cohesivos, metales madera no flotante, plástico, caucho y yeso.

- **Resistencia a la fragmentación**

La resistencia a la fragmentación de los áridos reciclados en las aplicaciones granulares contempladas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 7.

Tabla 7. Resistencia a la fragmentación de los áridos reciclados

Categoría Tráfico	Coefficiente Los Ángeles (%) - UNE-EN 1097-2	
	Caso 1	Caso 2
T1, T2	≤ 30	≤ 35
T3, T4 y Arcenes	≤ 35	≤ 40
Menor a T4	≤ 40	≤ 45

Nota técnica:

Para el Huso granulométrico ZA 0/32, el ensayo debería realizarse según el anexo G de la norma de ensayo UNE-EN 1097-2.

Para valores que se encuentren en el caso 2, la zahorra reciclada será válida para su uso cuando se hagan las siguientes comprobaciones adicionales sobre el material ya compactado en obra: la granulometría, la plasticidad y el equivalente de arena deben cumplir los límites marcados en estas especificaciones técnicas para el material antes de compactar. De

esta forma se asegura que una previsible resistencia a la fragmentación baja influya en la distribución de tamaños de la zahorra y en la generación de un exceso de finos perniciosos durante la compactación.

- **Plasticidad**

Las zahorras recicladas para utilizar en las aplicaciones granulares contempladas deberán ser NO PLÁSTICAS. Solo para categorías de tráfico menores a T4, se permitirá un índice de plasticidad igual o inferior a 5 (UNE 103104), con un límite líquido igual o menor a 25 (UNE 103103).

Para arcenes no pavimentados, se estará a lo que recoge el punto 510.2.2.4.2 del artículo 510 del PG-3.

- **Calidad de los finos**

El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, de la zahorra reciclada, deberá cumplir lo indicado en la tabla 8.

Tabla 8. Calidad de los finos de los áridos reciclados

Categoría Tráfico	Equivalente de arena - UNE-EN 933-8	
	Caso 1	Caso 2
T1, T2	>40	>35
T3, T4 y Arcenes	>35	>30
Menor a T4	>30	>25

De estar en el Caso 2, el valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10), realizado para la fracción 0/0,125 mm.

- **Limpieza**

Los materiales deben estar exentos de terrones de arcilla, marga, materia orgánica, o cualquier otro material que pueda afectar a la durabilidad del producto. Principalmente, en lo que se refiere a ausencia del polvo y de las partículas arcillosas, se pretende garantizar que en presencia de agua sean conservadas las características resistentes de la capa.

La fracción gruesa de los áridos reciclados, por la propia naturaleza de los residuos cerámicos, la porosidad del mortero adherido a los áridos, etc, puede presentar dificultades para cumplir con la limitación de finos establecida por el PG-3. No obstante, si se cumplen el resto de requisitos físico-mecánicos, calidad de los finos y químicos, este no debería ser motivo para rechazar la zahorra reciclada, ya que esos finos adheridos no se consideran perjudiciales para el desempeño del material puesto en obra, en usos no ligados.

3.1.3.3 Requisitos químicos

- **Compuestos de azufre**

El contenido total de azufre de los áridos reciclados según UNE-EN 1744-1 (expresado en S), no superará el 1%, para el caso de capas que no estén en contacto con capas tratadas con cemento. En caso contrario, se estima más adecuado el ensayo de sulfatos solubles en agua según la norma UNE-EN 1744-1, manteniendo igualmente el límite dado por el PG-3 de 0,7%.

3.1.3.4 Requisitos ambientales

De considerarse necesario su estudio, los requisitos ambientales para los áridos reciclados se valorarán de acuerdo con los criterios dados por la Guía Española de Áridos Reciclados (GEAR) en el capítulo 9 de su edición completa (CD).

3.1.4 Control de calidad

El productor de áridos debe tener en funcionamiento un sistema de control de producción en fábrica que cumpla con los requisitos

especificados en la norma armonizada de uso UNE EN 13242. “Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes de carreteras”.

El objetivo es garantizar que todos los áridos producidos cumplirán los requisitos exigidos para la aplicación prevista de acuerdo con las especificaciones técnicas aplicables.

3.1.5 Ejecución de la obra

Durante la ejecución de la obra, los productos objeto de las presentes especificaciones técnicas deben ser tratados igual a sus equivalentes convencionales, siguiendo las precauciones y recomendaciones indicadas a continuación.

3.1.5.1 Equipo necesario para la ejecución de la obra

- Central de fabricación de la zahorra de árido reciclado: Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.2 del PG-3.
- Elementos de transporte: Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.3 del PG-3.
- Equipos de extensión: Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.4 del PG-3.
- Equipos de compactación: Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.5 del PG-3.

3.1.5.2 Estudio del material y obtención de la fórmula de trabajo

Se estará a lo dispuesto el en apartado 510.5.1 del PG-3, con las siguientes consideraciones:

- *Densidad y humedad*: dado que una de las características del árido reciclado es su alta absorción de agua, que además es más lenta por

lo general que en los áridos naturales, será necesario prehumectar el árido al menos durante una hora previo a la realización del ensayo de Próctor Modificado según UNE-EN 13286-2.

3.1.5.3 Tramo de prueba:

Respecto al tramo de prueba, será de aplicación lo indicado en el apartado 510.5.6 del PG-3, teniendo en consideración las recomendaciones que se dan a continuación para la ejecución y comprobación de la unidad de obra terminada.

3.1.5.4 Preparación de la superficie:

Para la preparación de la superficie que va a recibir la zahorra, será de aplicación lo indicado en el apartado 510.5.2 del PG-3.

3.1.5.5 Fabricación y preparación del material

Para la preparación del árido reciclado a utilizar, dado su mayor absorción de agua, es recomendable llevar a cabo una presaturación del material antes de su aplicación, para que los valores de densidad y humedad en la compactación se puedan controlar de forma adecuada y se optimice la puesta en obra:

- Cuando las zahorras se fabriquen en central, la adición del agua de compactación se realizará también en central, salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares permita expresamente la humectación in situ, hasta una humedad ligeramente inferior a la óptima para la compactación. La zahorra estará convenientemente humectada antes de su traslado y puesta en obra.
- En los demás casos, antes de extender una tongada se procederá, si es necesario, a su homogeneización y humectación. Se podrán utilizar para ello la humectación previa en central u otros procedimientos sancionados por la práctica que garanticen, a juicio

del Director de las Obras, las características previstas del material previamente aceptado, así como su uniformidad.

3.1.5.6 Transporte, vertido, extendido y compactación:

Respecto a los procedimientos de extensión y compactación de la zahorra reciclada, será de aplicación lo recogido en los apartados 510.5.4, 510.5.5 y 510.5.6. del PG-3, respectivamente.

3.1.6 Especificaciones de la unidad terminada:

En lo que se refiere a las especificaciones de la unidad terminada:

- *Densidad:* los valores de referencia para la compactación se obtendrán del ensayo de Próctor Modificado según UNE-EN 13286-2, con el método de prehumectar el árido antes del ensayo (**punto 3.1.5.2**). En la compactación de la zahorra, la densidad in situ según UNE 103 503 ó ASTM-D 3017, cumplirá lo especificado en la Tabla 9.
- *Capacidad de soporte:* Deberá cumplir lo especificado en la Tabla 9. Para las categorías de tráfico de T1 a T4, será de aplicación lo recogido en la tabla 4/10 para el ensayo de carga vertical de suelos mediante placa estática de 300 mm de diámetro nominal (UNE 103 808). Para el uso en categorías de tráfico menores a T4, el índice C.B.R. según UNE 103 502 post-saturación será superior a 20 para subbases y a 70 para bases, y el hinchamiento libre según UNE 103 601 será inferior al 0,5 %.
- *Rasante, espesor y anchura:* Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.7.3 del PG-3.
- *Regularidad superficial:* Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.7.4 del PG-3.

Tabla 9. Porcentaje (%) de la Densidad máxima de referencia del Próctor Modificado “prehumectado” y capacidad de soporte

Categoría Tráfico	Densidad Máxima ASTM-D 3017	Módulo de deformación E_{v2}- UNE 103 808 (*)	Hinchamiento libre UNE 103 601
T1, T2	$\leq 100 \%$	120	-
T3, T4 y Arcenes	$\leq 98 \%$	80	-
Menores a T4	$\leq 95 \%$	C.B.R.> 20% (subbases) y >70% (bases)	< 0,5%

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

3.1.7 Control de calidad

Los áridos reciclados que son objeto de regulación en estas especificaciones deberán disponer en todo caso de marcado CE, según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+.

3.1.7.1 Control de procedencia del material

Será de aplicación lo recogido en el apartado 510.9.1 del PG-3.

3.1.7.2 Control de ejecución

Será de aplicación lo recogido en el apartado 510.9.2 del PG-3, con la siguiente puntualización:

- Para el control de fabricación se realizará un ensayo de Clasificación de componentes del árido grueso reciclado (UNE-EN 933-11) cada 5000 m³ de material producido, o 1 vez a la semana si se fabricase menos material.
- Solo para categorías de tráfico menores a T4, se realizará un ensayo de Hinchamiento libre (UNE 103 601) por cada 20.000 m³ de material producido, o 1 vez al mes si se fabricase menos material.

3.2 GEX-ET-02. Especificaciones técnicas para los áridos reciclados procedentes de RCD a emplear como Suelos reciclados en Terraplenes y Rellenos

3.2.1 Ámbito de aplicación

Se consideran suelos reciclados de RCD a los materiales preparados en las plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición que cumpliendo los requisitos recogidos en estas especificaciones, puedan emplearse en la construcción de terraplenes de carreteras con categorías de tráfico de T2 a T4.

El presente documento no afecta al procesado de residuos o subproductos industriales realizado en plantas de tratamiento de otro tipo de residuos (plantas de la industria de materiales de construcción), ni a otro tipo de áridos artificiales distintos de los procedentes de residuos de construcción y demolición (por ejemplo, áridos siderúrgicos o áridos bituminosos).

La definición de terraplén, y de las zonas de rellenos tipo terraplén, se corresponden con los recogidos en los apartados 330.1 y 330.2 del PG-3.

De acuerdo a los criterios de clasificación que establece el PG-3, los tipos de suelo reciclado que se consideran para estas especificaciones son:

- SUELO RECICLADO SELECCIONADO
- SUELO RECICLADO ADECUADO
- SUELO RECICLADO TOLERABLE

Esta propuesta contempla la legislación y normativa técnica vigente en España correspondiente a esta aplicación:

- UNE EN 13242. “Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes de carreteras”;
- Art. 330 Orden FOM/2523/2014, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a firmes y pavimentos”.

3.2.2 Categorías de áridos utilizables y usos contemplados

Para las aplicaciones contempladas en estas especificaciones técnicas pueden utilizarse áridos reciclados de las siguientes categorías, según establece el punto 2 de este Pliego:

- Categoría ARH: Áridos Reciclados de Hormigón.
- Categoría ARMh: Áridos Reciclados Mixtos de Hormigón.
- Categoría ARMc: Áridos Reciclados Mixtos Cerámicos.

Las posibles aplicaciones de los áridos reciclados incluidas en estas especificaciones técnicas son función de las características de la red viaria que actualmente existe en Extremadura. Por tanto, en función de las categorías de tráfico incluidas en el PG-3, se plantea el empleo de una clase u otra de árido reciclado en la tabla 10:

Tabla 10. Clases de uso para el Suelo reciclado procedente de RCD, según grado de exigencia técnica

Clases	Aplicación
ARH	Suelo reciclado seleccionado y adecuado. Tráfico T2
ARMh; ARMc	Suelo reciclado adecuado y tolerable. Tráfico T3 y T4

La posibilidad de utilización de los áridos reciclados en las aplicaciones detalladas en la tabla anterior quedará sujeta al cumplimiento de los requisitos técnicos particulares de cada aplicación, establecidos en estas especificaciones técnicas.

3.2.3 Materiales

El PG-3 en su apartado 330.3.2 contempla la utilización en terraplenes de productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que se cumplan las presentes especificaciones y que se garantice la estabilidad presente y futura del conjunto. Se cumplirá además toda la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

3.2.3.1 Características generales

Estos materiales se utilizarán de acuerdo a las presentes especificaciones, y el productor deberá disponer y facilitar la siguiente documentación:

- Certificado como gestor autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- Ficha técnica del producto.
- Declaración de conformidad del producto.
- Certificado del control de producción en fábrica del suelo en planta, correspondiente al mercado CE.

Los suelos reciclados para rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:

- Cernido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por ciento ($\# 20 > 70 \%$), según UNE 103101.
- Cernido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento ($\# 0,080 \geq 35 \%$), según UNE 103101.

- **Composición**

La composición de la fracción gruesa de los suelos reciclados se determinará según la norma UNE-EN 933-11.

Los suelos reciclados se clasificarán según las categorías indicadas en la tabla siguiente.

Tabla 11. Categorías de los áridos reciclados procedentes de RCD

Categoría	Descripción	Cantidad de elementos (% del peso total) ²				
		Ru (Productos pétreos)	Rc (Hormigón y mortero)	Rb (Cerámico)	Ra (Asfalto)	X (Otros)
ARH	Árido reciclado de hormigón	$\geq 90\%$		$\leq 10\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$
ARMh	Árido reciclado mixto de	$\geq 70\%$		$\leq 30\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$

	hormigón				
ARMc	Árido reciclado mixto cerámico	< 70%	> 30%	≤ 5%	≤ 1%
<p><i>Nota. - Rc: hormigón, productos de hormigón, mortero y unidades de albañilería de hormigón; Ru: árido no tratados, piedra natural y áridos tratados con conglomerantes hidráulicos; Rb: unidades de albañilería de arcilla cocida, unidades de albañilería de silicato cálcico y hormigón aireado no flotante; Ra: materiales bituminosos; y X: cohesivos, metales madera no flotante, plástico, caucho y yeso.</i></p>					

3.2.3.2 SUELO RECICLADO SELECCIONADO

Se consideran como tales los que cumplan las condiciones que estable el PG-3 en su apartado 330.3.3. Clasificación de los materiales, con las consideraciones que se recogen a continuación:

- **Contenido en materia orgánica**

Si en la composición del suelo reciclado según UNE-EN 933-11 aparece un porcentaje de materiales bituminosos Ra entre 1% y 5%, el contenido en materia orgánica según UNE 103 204 podrá ser menor a 2% (MO<2%), cuando se deba a la presencia de residuos procedentes del fresado de firmes asfálticos.

- **Sales solubles en agua**

El contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, según NLT 114, podrá ser inferior al 1% (SS>1%), siempre que el contenido de yesos sea menor al 1%., según NLT 115. Si el contenido en sales solubles en agua del suelo reciclado es igual o menor a 0,2% (SS≤0,2%), no será necesario realizar el ensayo de contenido en yesos.

3.2.3.3 SUELO RECICLADO ADECUADO

Se consideran como tales los que cumplan las condiciones que estable el PG-3 en su apartado 330.3.3. Clasificación de los materiales, con las consideraciones que se recogen a continuación:

- **Contenido en materia orgánica**

Si en la composición del suelo reciclado según UNE-EN 933-11 aparece un porcentaje de materiales bituminosos Ra entre 1% y 5%, el contenido en materia orgánica según UNE 103 204 podrá ser menor a 3% ($MO < 3\%$), cuando se deba a la presencia de residuos procedentes del fresado de firmes asfálticos.

- **Sales solubles en agua**

El contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, según NLT 114, podrá ser inferior al 1% ($SS > 1\%$), siempre que el contenido de yesos sea menor al 1%, según NLT 115. Si el contenido en sales solubles en agua del suelo reciclado es igual o menor a 0,2% ($SS \leq 0,2\%$), no será necesario realizar el ensayo de contenido en yesos.

3.2.3.4 SUELO RECICLADO TOLERABLE

Se consideran como tales los que cumplan las condiciones que estable el PG-3 en su apartado 330.3.3. Clasificación de los materiales, con las consideraciones que se recogen a continuación:

- **Contenido en materia orgánica**

Si en la composición del suelo reciclado según UNE-EN 933-11 aparece un porcentaje de materiales bituminosos Ra entre 1% y 5%, el contenido en materia orgánica según UNE 103 204 podrá ser menor a 3% ($MO < 3\%$), cuando se deba a la presencia de residuos procedentes del fresado de firmes asfálticos.

- **Sales solubles en agua**

El contenido en sales solubles en agua, distintas del yeso, según NLT 114, podrá ser inferior al 2% (SS>2%), y además el contenido de yesos será menor al 5%., según NLT 115. Si el contenido en yesos estuviese entre el 3% y el 5%, será necesario realizar los ensayos de colapso, según NLT 254, y de hinchamiento libre, según UNE 103 601. En este caso, el suelo reciclado no presentará colapso, y el hinchamiento libre será inferior al 3%.

3.2.3.5 REQUISITOS AMBIENTALES

De considerarse necesario su estudio, los requisitos ambientales para los suelos reciclados se valorarán de acuerdo con los criterios dados por la Guía Española de Áridos Reciclados (GEAR) en el capítulo 9 de su edición completa (CD).

3.2.4 Empleo

Se estará a lo dispuesto en el apartado 330.4 del PG-3, con las siguientes consideraciones.

3.2.4.1 Grado de compactación

Los valores de referencia para la compactación se obtendrán, a criterio del Director de las Obras, del ensayo de Próctor Normal o Modificado según UNE-EN 13286-2, con el método de prehumectar el suelo al menos durante una hora previo a la realización del ensayo. En la compactación del suelo, la densidad in situ según UNE 103 503 ó ASTM-D 3017, cumplirá lo especificado en la Tabla 12.

Tabla 12. Grado de compactación zahorra reciclada

Zona Terraplén	Densidad Máxima ASTM-D 3017
Coronación	≤ 100 %

Cimiento, núcleo y espaldones	$\leq 95\%$
-------------------------------	-------------

3.2.4.2 Humedad de puesta en obra

Para la preparación del suelo reciclado a utilizar, dado su mayor absorción de agua, es recomendable llevar a cabo una presaturación del material antes de su aplicación, para que los valores de densidad y humedad en la compactación se puedan controlar de forma adecuada y se optimice la puesta en obra: En planta, el suelo se humectará hasta una humedad ligeramente inferior a la óptima para la compactación.

3.2.5 Equipo necesario para la ejecución de la obra

Se aplicará lo recogido en el apartado 330.5 del PG-3.

3.2.6 Ejecución de la obra

En líneas generales, se aplicará lo recogido en el apartado 330.6 del PG-3, con las siguientes consideraciones.

3.2.6.1 Humectación y desecación

Los suelos reciclados que son objeto de regulación en estas especificaciones tienen una absorción de agua más lenta y más elevada que la de suelos naturales, por lo que antes de compactar, deben estar humectados en tiempo y dotación para garantizar que se ha completado la absorción de agua.

3.2.7 Control de ejecución:

3.2.7.1 Control de fabricación/recepción

Se examinará en la descarga al acopio o en el tajo el suelo reciclado, desechando las partidas que presenten alguna anomalía al respecto de la composición de residuos solicitada, o aspectos como coloración, segregación, etc.

Para el control de fabricación/recepción se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada 1000 m³ de material producido:
 - Ensayo de compactación, Próctor normal o modificado, según UNE-EN 13286-2.
 - Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según el apartado 5.6 de la norma UNE-EN 13242. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.

- Por cada 5000 m³ de material producido:
 - Análisis granulométrico de suelos por tamizado, según UNE 103 102.
 - Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

- Por cada 10000 m³ de material producido, o al menos 1 vez si la producción es menor:
 - Contenido en sales solubles de un suelo, según NLT 114.

- Contenido de yeso en suelos, según NLT 115.
- Determinación del contenido en materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico, según UN 103 204.
- Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro, según UNE 103 601.
- Ensayo de colapso según NLT 254.
- Método para determinar el laboratorio el índice C.B.R. de un suelo, según UNE 103 502.

Sin perjuicio de cualquier ensayo adicional que se exija en el artículo 330 del PG-3, y de los que solicite la Dirección de las Obras.

3.2.7.2 Control de la compactación. Ensayos de referencia.

En general se estará a lo establecido en el apartado 330.6.5 del PG-3. No obstante para el ensayo de compactación Próctor, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

El Próctor de referencia normal o modificado se realizará prehumectando la muestra al menos 1 hora antes del ensayo, y los suelos reciclados se clasificarán en planta en grupos similares de acuerdo a los siguientes criterios:

- Pertenencia al mismo tipo de clasificación definida en el apartado 3.2.3 de estas especificaciones.
- Rangos de variación de la densidad seca máxima en el ensayo Próctor de referencia no superiores al 3%.

- Rangos de variación de la humedad óptima en el ensayo Próctor de referencia no superiores al 2%.

Dentro de cada grupo se fijarán los correspondientes valores medios de densidad seca máxima y de humedad óptima para la realización y evaluación de los ensayos de control.

El volumen de cada uno de estos grupos será mayor a 20000 m³. Si no, se recurrirá a otro procedimiento de control.

3.3 GEX-ET-03. Especificaciones técnicas para los áridos reciclados procedentes de RCD a emplear como Gravacemento y Suelo cemento reciclados

3.3.1 Ámbito de aplicación

Estas especificaciones técnicas se aplican a los áridos procedentes del reciclado de material inorgánico previamente utilizado en la construcción, que vayan a ser utilizados como material tratado con ligantes hidráulicos en capas de firmes de carreteras y caminos.

Estas especificaciones establecen los requisitos y propiedades de los áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (en adelante, RCD) que se destinan a dichos usos.

El presente documento no afecta al procesado de residuos o subproductos industriales realizado en plantas de tratamiento de otro tipo de residuos (plantas de la industria de materiales de construcción), ni a otro tipo de áridos artificiales distintos de los procedentes de residuos de construcción y demolición (por ejemplo, áridos siderúrgicos o áridos bituminosos).

Las aplicaciones consideradas en esta recomendación para categorías de tráfico de T1 a T4 son:

- Suelocemento reciclado (SCR20 y SCR40).
- Gravacemento reciclada (GCR20 y GCR32.)

Nota técnica:

Se añade “R” a la denominación para especificar que se trata de árido reciclado.

Esta propuesta contempla la legislación y normativa técnica vigente en España correspondiente a esta aplicación:

- UNE EN 13242. “Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes de carreteras”;
- Art. 513 Orden FOM/2523/2014, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a firmes y pavimentos”.

3.3.2 Categorías de áridos utilizables y usos contemplados

Para las aplicaciones contempladas en estas especificaciones técnicas pueden utilizarse áridos reciclados de las siguientes categorías, según establece el punto 2 de este Pliego:

- Categoría Ar H: Áridos Reciclados de Hormigón.
- Categoría ArM H: Áridos Reciclados Mixtos de Hormigón.
- Categoría ArM C: Áridos Reciclados Mixtos Cerámicos.

Las posibles aplicaciones de los áridos reciclados incluidas en estas especificaciones técnicas son función de las características de la red viaria que actualmente existe en Extremadura. Por tanto, en función de las categorías de tráfico incluidas en el PG-3, se plantea el empleo de una clase u otra de árido reciclado en la tabla 13:

Tabla 13. Clases de uso para la zahorra reciclada, según grado de exigencia técnica

Clases	Aplicación	
ARH	SCR40 para vías de tráfico T1 y T2	SUELOCIMENTO
ARH; ARMh; ARMc	SCR20 para vías de tráfico T3 y T4, y arcenes	
ARH	GCR20 para vías de tráfico T1 y T2	GRAVACIMENTO
ARH; ARMh	GCR32 para vías de tráfico T3 y T4, y arcenes	

La posibilidad de utilización de los áridos reciclados en las aplicaciones detalladas en la tabla anterior quedará sujeta al cumplimiento de los requisitos técnicos particulares de cada aplicación, establecidos en estas especificaciones técnicas.

Nota técnica:

La clasificación no debe ser utilizada como un elemento limitador de uso del material en una determinada clase. La calidad técnica del material, independiente de su composición, es el elemento que determina la viabilidad de uso del material en una aplicación. Si el árido reciclado no se adapta a la categoría indicada para una determinada aplicación, pero, aún así, presenta características geométricas, físico-mecánicas y químicas adecuadas a su uso en ella (de acuerdo con los límites presentados en estas especificaciones), el material puede ser utilizado en el uso planteado.

3.3.3 Requisitos de los áridos

3.3.3.1 Requisitos geométricos

- **Granulometría**

La granulometría del material granular empleado en la fabricación de suelo-cemento reciclado deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos recogidos en la tabla 14.

Tabla 14. Husos granulométricos para el material granular del suelo-cemento reciclado

Tipo	Cernido acumulado (% en masa mínimo-máximo)									
	54	40	32	20	12,5	8	4	2	0,500	0,063
SCR 0/40	100	80- 100	75- 100	62- 100	53- 100	45- 89	30- 65	20- 52	5-37	2-20
SCR 0/20	—	—	100	92- 100	76- 100	63- 100	48- 100	36- 94	18- 65	2-35

La granulometría del material granular empleado en la fabricación de la grava-cemento reciclada deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos recogidos en la tabla 15. La grava-cemento GC32 solo podrá ser utilizada en carreteras con categoría de tráfico T3 y T4 y en arcenes, en sustitución del suelo-cemento.

Tabla 15. Husos granulométricos para el material granular de la grava-cemento reciclada

Tipo	Cernido acumulado (% en masa mínimo-máximo)								
	40	32	20	12,5	8	4	2	0,500	0,063
GCR 0/32	100	88- 100	67- 91	52- 77	38- 63	25- 48	16- 37	6-21	1-7
GCR 0/20	—	100	80- 100	62- 84	44- 68	28- 51	19- 39	7-22	1-7

- **Forma**

La forma del árido grueso, según el ensayo de determinación del índice de lajas UNE-EN 933-3, en las aplicaciones granulares descritas deberá ser inferior a lo valores de la tabla 16.

Tabla 16. Índice de lajas de los áridos reciclados

Aplicación	Índice de lajas IL (%) - UNE-EN 933-3
SCR40 y GCR20	≥ 35
SCR20 y GCR32	≥ 40

- **Angulosidad**

La angulosidad de los áridos, según el ensayo de determinación de las caras de fractura en el árido grueso UNE-EN 933-5, en las aplicaciones granulares contempladas debe cumplir las condiciones presentadas en la Tabla 17.

Tabla 17. Angulosidad de los áridos reciclados

Aplicación	Porcentaje de partículas trituradas Cc (%) - UNE-EN 933-5	Porcentaje de partículas totalmente redondeadas Ctr (%) - UNE-EN 933-5
SCR40 y GCR20	≥ 50	≤ 10
SCR20 y GCR32	≥ 30	≤ 30

3.3.3.2 Requisitos físico-mecánicos

- **Composición**

La composición de los áridos reciclados se determinará según la norma UNE-EN 933-11.

Los áridos se clasificarán según las categorías indicadas en la tabla siguiente.

Tabla 18. Categorías de los áridos reciclados procedentes de RCD

Categoría	Descripción	Cantidad de elementos (% del peso total) ³				
		Ru (Productos pétreos)	Rc (Hormigón y mortero)	Rb (Cerámico)	Ra (Asfalto)	X (Otros)
ARH	Árido reciclado de hormigón	$\geq 90\%$		$\leq 10\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$
ARMh	Árido reciclado mixto de hormigón	$\geq 70\%$		$\leq 30\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$
ARMc	Árido reciclado	$< 70\%$		$> 30\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$

	mixto cerámico				
<p>Nota. - Rc: hormigón, productos de hormigón, mortero y unidades de albañilería de hormigón; Ru: árido no tratados, piedra natural y áridos tratados con conglomerantes hidráulicos; Rb: unidades de albañilería de arcilla cocida, unidades de albañilería de silicato cálcico y hormigón aireado no flotante; Ra: materiales bituminosos; y X: cohesivos, metales madera no flotante, plástico, caucho y yeso.</p>					

- **Resistencia a la fragmentación**

La resistencia a la fragmentación de los áridos reciclados en las aplicaciones granulares contempladas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 19.

Tabla 19. Resistencia a la fragmentación de los áridos reciclados

Aplicación	Coficiente Los Ángeles (%) - UNE-EN 1097-2
SCR40 y GCR20	≥ 35
SCR20 y GCR32	≥ 40

Nota técnica:

Para los Husos granulométricos SCR40 y GCR32, el ensayo debería realizarse según el anexo G de la norma de ensayo UNE-EN 1097-2.

- **Plasticidad**

La plasticidad de los áridos reciclados para aplicaciones ligadas con cemento, deberán cumplir los límites de la siguiente tabla:

Tabla 20. Plasticidad de los áridos reciclados

Aplicación	Límite líquido – UNE 103103	Índice de plasticidad – UNE 103104
SCR20 y SCR40	< 30	< 12
GCR20 y GCR32	< 25	< 6

- **Calidad de los finos de la grava-cemento**

El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, para la fracción 0/4 según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, deberá cumplir lo indicado en la tabla 21 para la grava-cemento.

Tabla 21. Calidad de los finos de los áridos reciclados

Aplicación	Equivalente de arena - UNE-EN 933-8	
	Caso 1	Caso 2
GCR20	>40	>30
GCR32	>35	>30

De estar en el Caso 2, el valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10), realizado para la fracción 0/0,125 mm.

3.3.3.3 Requisitos químicos

- **Compuestos de azufre**

El contenido total de azufre de los áridos reciclados según UNE-EN 1744-1 (expresado en S), no superará el 1%, para las aplicaciones de grava-cemento GCR20 y GCR32. Además, el ensayo de sulfatos solubles en agua según la norma UNE-EN 1744-1, no será superior a 0,8%.

- **Sustancias orgánicas que afectan al tiempo de fraguado y la resistencia.**

La determinación de compuestos orgánicos según UNE-EN 1744-1, apartado 15.1, no indicará presencia de materia orgánica para las aplicaciones de grava-cemento GCR20 y GCR32. En caso contrario, se realizará el ensayo de probetas de mortero según UNE 1744-1, apartado 15.3, debiendo cumplirse estas dos condiciones:

- Que el tiempo de fraguado del mortero no aumente en más de 120 minutos.
- Que la pérdida de resistencia a compresión del mortero a 28 días no supere el 20%.

- **Reactividad con los álcalis del cemento**

Los áridos reciclados tanto para las aplicaciones de suelo-cemento como de grava-cemento, no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento, siguiendo los criterios establecidos en el apartado 28.7.6 de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Nota técnica:

Para los Husos granulométricos SCR20 y SCR40, el árido reciclado cumplirá además los requisitos químicos para ser clasificado como “Suelo reciclado seleccionado” según las especificaciones de esta Guía..

3.3.3.4 Requisitos ambientales

De considerarse necesario su estudio, los requisitos ambientales para los áridos reciclados se valorarán de acuerdo con los criterios dados por la Guía Española de Áridos Reciclados (GEAR) en el capítulo 9 de su edición completa (CD).

3.3.4 Control de calidad

El productor de áridos debe tener en funcionamiento un sistema de control de producción en fábrica que cumpla con los requisitos especificados en la norma armonizada de uso UNE EN 13242. “Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes de carreteras”.

El objetivo es garantizar que todos los áridos producidos cumplirán los requisitos exigidos para la aplicación prevista de acuerdo con las especificaciones técnicas aplicables.

3.3.5 Tipo y composición de la mezcla

El contenido mínimo en cemento para las mezclas de suelo-cemento y de grava-cemento reciclados será tal que permita la consecución de las resistencias a compresión que se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 22. Resistencia media a compresión a 7 días, según UNE-EN 13286-41

Aplicación	Mínimo	Máximo
SCR20 y SCR40	2,5 MPa	4,5 MPa
GCR20	4,5 MPa	7 MPa
GCR32	4,5 MPa	6 MPa

Nota técnica:

Por resistencia media se entiende la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres probetas de la misma amasada.

En todo caso el contenido mínimo de cemento será de al menos un 3% para las aplicaciones SCR20 y SCR40, y del 3,5% para las aplicaciones GCR20 y GCR32.

Las probetas se compactarán, según UNE-EN 13286-51, con los valores de referencia del Próctor modificado, para una densidad mínima del 98%, con la consideración respecto a este ensayo de prehumectar el árido reciclado al menos durante una hora previo a la realización del ensayo según UNE-EN 13286-2.

El período de trabajabilidad se registrará por lo indicado en el apartado 513.3 del PG-3, partiendo igualmente de muestras prehumectadas para la fabricación de las probetas.

3.3.6 Equipo necesario para la ejecución de la obra

- Central de fabricación de la zahorra de árido reciclado: Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.2 del PG-3.
- Elementos de transporte: Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.3 del PG-3.
- Equipos de extensión: Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.4 del PG-3.
- Equipos de compactación: Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.5 del PG-3.
- Equipo para la ejecución de la junta longitudinal y las transversales en fresco: Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.6 del PG-3.

3.3.7 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Se estará a lo dispuesto en el apartado 513.5.1 del PG-3, con las siguientes consideraciones:

- *Densidad y humedad*: dado que una de las características del árido reciclado es su alta absorción de agua, que además es más lenta por

lo general que en los áridos naturales, será necesario prehumectar el árido al menos durante una hora previo a la realización del ensayo de Próctor Modificado según UNE-EN 13286-2.

3.3.7.1 Tramo de prueba

Respecto al tramo de prueba, será de aplicación lo indicado en el apartado 513.6 del PG-3, teniendo en consideración las recomendaciones que se dan a continuación para la ejecución y comprobación de la unidad de obra terminada.

3.3.7.2 Preparación de la superficie

Para la preparación de la superficie que va a recibir la zahorra, será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.2 del PG-3.

3.3.7.3 Fabricación de la mezcla

Para la preparación del árido reciclado a utilizar, dado su mayor absorción de agua, es recomendable llevar a cabo una presaturación del material antes de su aplicación, para que los valores de densidad y humedad en la compactación se puedan controlar de forma adecuada y se optimice la puesta en obra:

- Para la fabricación en central, el volumen mínimo necesario de las fracciones de árido reciclado debidamente prehumectadas será al menos del 30%.
- Esta presaturación en cualquier caso debería ser equivalente a la mitad de la humedad óptima, de manera que para la fabricación de la mezcla se comenzará mezclando el árido reciclado humectado y el cemento, añadiendo posteriormente el resto del agua y los aditivos, en caso necesario; se considerará en la cantidad añadida de agua las pérdidas que puedan darse por la evaporación durante la ejecución de los trabajos, así como la mayor absorción de agua del árido reciclado.

3.3.7.4 Transporte, vertido, extendido, prefisuración y compactación

Respecto a los procedimientos de extensión, prefisuración y compactación del suelocemento y la gravacemento, será de aplicación lo recogido en los apartados 513.5.4, 513.5.5, 513.5.6 y 513.5.7. del PG-3, respectivamente.

3.3.8 Especificaciones de la unidad terminada

En lo que se refiere a las especificaciones de la unidad terminada:

- *Densidad*: los valores de referencia para la compactación se obtendrán del ensayo de Próctor Modificado según UNE-EN 13286-2, con el método de prehumectar el árido antes del ensayo. En la compactación de la capa, la densidad in situ según UNE 103 503 ó ASTM-D 3017, será igual o superior al 98% de la densidad máxima de referencia, definida en la fórmula de trabajo.
- *Resistencia mecánica*: la resistencia a compresión simple a 7 días deberá cumplir lo especificado en la **Tabla 22**.
- *Terminación, rasante, espesor y anchura*: Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.3 del PG-3.
- *Regularidad superficial*: Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.4 del PG-3.

3.3.9 Control de calidad

Los áridos reciclados que son objeto de regulación en estas especificaciones deberán disponer en todo caso de marcado CE, según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+.

3.3.9.1 Control de procedencia de los materiales

Será de aplicación lo recogido en el apartado 513.9.1 del PG-3.

3.3.9.2 Control de ejecución

3.3.9.3

Será de aplicación lo recogido en el apartado 513.9.2 del PG-3, con la siguiente puntualización:

- Para el control de fabricación tanto de suelocemento como de gravacemento, se realizará un ensayo de Clasificación de componentes del árido grueso reciclado (UNE-EN 933-11) cada 5000 m³ de material producido, o 1 vez a la semana si se fabricase menos material.

3.4 GEX-ET-04. Especificaciones técnicas para los áridos reciclados procedentes de RCD a emplear como Mezclas Bituminosas en caliente de tipo Hormigón Bituminoso

3.4.1 Ámbito de aplicación

Estas especificaciones técnicas se aplican a los áridos procedentes del reciclado de material inorgánico previamente utilizado en la construcción, para su utilización en el diseño y fabricación de mezclas bituminosas en caliente de tipo hormigón bituminoso recogidas en el artículo 542 del PG-3.

Estas especificaciones establecen los requisitos y propiedades de los áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (en adelante, RCD) que se destinan a dichos usos.

El presente documento no afecta al procesamiento de residuos o subproductos industriales realizado en plantas de tratamiento de otro tipo de residuos (plantas de la industria de materiales de construcción), ni a otro tipo de áridos artificiales distintos de los procedentes de residuos de construcción y demolición (por ejemplo, áridos siderúrgicos o áridos bituminosos).

Las aplicación considerada en esta recomendación es para la capa BASE y categoría de tráfico pesado:

- T3 y arcenes
- T4

El material considerado, fabricado a partir de residuos de construcción y demolición, es árido grueso reciclado de hormigón (ARH).

Esta propuesta contempla la legislación y normativa técnica vigente en España correspondiente a esta aplicación.

Finalmente, indicar que en este apartado se desarrollan únicamente aquellas consideraciones que complementan las prescripciones incluidas en el artículo 542 “Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso” del **PG-3, o que incluso en algunos casos las sustituyen, manteniéndose vigentes el resto de prescripciones.**

3.4.2 Categorías de áridos utilizables y usos contemplados

Para las aplicaciones contempladas en esta especificación técnica puede utilizarse árido reciclado de la siguiente categoría, según establece el punto 2 de esta Guía:

- Categoría ARH: Áridos Reciclados de Hormigón.

Las posibles aplicaciones de los áridos reciclados incluidas en esta especificación técnica es función de las características de la red viaria que actualmente existe en Extremadura. Por tanto, en función de las categorías de tráfico incluidas en el PG-3, se plantea el empleo de esta clase de árido reciclado en la tabla 23:

Tabla 23. Clases de uso para el árido grueso reciclado de hormigón en el diseño de mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso

Clase	Aplicación
ARH	Capa base y vías de tráfico T3, arcenes y T4

La posibilidad de utilización de esta tipología de árido reciclado en las aplicaciones detalladas en la tabla anterior quedará sujeta al cumplimiento de los requisitos técnicos particulares de cada aplicación, establecidos en estas especificaciones técnicas.

Nota técnica:

La clasificación no debe ser utilizada como un elemento limitador de uso del material en una determinada clase. La calidad técnica del material, independiente de su composición, es el elemento que determina la viabilidad de uso del material en una aplicación. Si el árido reciclado no se adapta a la categoría indicada para una determinada aplicación, pero, aun así, presenta características geométricas, físico-mecánicas y químicas adecuadas a su uso en ella (de acuerdo con los límites presentados en estas especificaciones), el material puede ser utilizado en el uso planteado.

3.4.3 Requisitos de los áridos gruesos reciclados

En la fabricación de mezclas bituminosas semidensas para capas de base y categoría de tráfico T3, arcenes y T4, podrá emplearse árido grueso reciclado de hormigón, en:

- una proporción inferior o igual al veinticinco por ciento ($\leq 25\%$) de la masa total del esqueleto granular de la mezcla.

Estos áridos reciclados se suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío.

A efectos de esta especificación, se define como árido grueso reciclado de hormigón la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm (norma UNE-EN 933-2).

Serán de aplicación, en su caso, el resto de aspectos indicados en el apartado 542.2.3.1. del PG-3.

3.4.3.1 Propiedades geométricas

- **Angulosidad (Porcentajes de caras de fractura)**

La proporción de partícula total y parcialmente trituradas del árido grueso, determinado según la norma UNE-EN 933-5, deberá de cumplir lo establecido en la tabla 24.

Tabla 24. Proporción de partícula total y parcialmente trituradas (% en masa)

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	
	T3 y arcenes	T4
Base	≥ 70	

Adicionalmente, la proporción de partículas totalmente redondeadas del árido grueso, determinada según la norma UNE-EN 933-5 deberá de cumplir lo fijado en la tabla 25.

Tabla 25. Proporción de partícula totalmente redondeadas (% en masa)

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	
	T3 y arcenes	T4
Base	≤ 10	

3.4.3.2 Propiedades físico – mecánicas

- **Forma (Índice de Lajas)**

El índice de lajas (FI) de las distintas fracciones del árido grueso reciclado, según la norma UNE-EN 933-3, deberá de cumplir lo fijado en la tabla 26.

Tabla 26. Índice de Lajas (FI)

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	
	T3 y arcenes	T4
Base	≤ 30	

- **Resistencia a la fragmentación (Coeficiente de Los Ángeles)**

El coeficiente de Los Ángeles (LA) de la mezcla de árido grueso (*árido grueso reciclado más árido grueso natural*), determinado según la norma UNE-EN 1097-2, deberá de cumplir lo fijado en la tabla 27. Adicionalmente, el árido grueso reciclado de hormigón no tendrá un coeficiente de Los Ángeles mayor de 35% ($< 35\%$).

Tabla 27. Coeficiente de Los Ángeles (LA) de la mezcla de árido grueso

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	
	T3 y arcenes	T4
Base	≤ 30	

- **Limpieza (contenido de impurezas)**

Será de aplicación el resto de aspectos indicados en el apartado 542.2.3.2.7. del PG-3.

3.4.4 Tipo y composición de la mezcla

La designación de las mezclas bituminosas, se realizarán según los recogido en el apartado 542.3. del PG-3. Adicionalmente, con el fin de poder diferenciar las mezclas que incorporen parcialmente en su esqueleto granular árido grueso reciclado de hormigón se añadirá la letra R después de la indicación de la granulometría.

La designación de las mezclas bituminosas seguirá, por lo tanto, el esquema siguiente:

AC	D	base	ligante	granulometría	árido reciclado
----	---	------	---------	---------------	-----------------

Donde:

- AC: indicación relativa a que la mezcla es de tipo hormigón bituminoso
- D: tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un noventa y un cien por ciento (90% y 100%) del total del árido.
- Base: tipo de capa de empleo de la mezcla
- Ligante: tipo de ligante hidrocarbonado utilizado
- Granulometría: designación mediante las letras S o G del tipo de granulometría correspondiente a una mezcla semidensa (S) o gruesa (G), respectivamente.

- Árido reciclado: designación mediante la sigla R, cuando se incorpore árido grueso reciclado de hormigón.

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (árido grueso natural, árido grueso reciclado de hormigón, árido fino y polvo mineral), deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos establecidos en la tabla 542.8 del PG-3.

El tipo de mezcla bituminosa a emplear en función del tipo y del espesor de la capa de firme, se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, de acuerdo con la tabla 28.

Tabla 28. Tipo de mezcla en función del tipo y espesor de la capa

Tipo de capa	Tipo de mezcla	Espesor (cm)
	Denominación, norma UNE-EN 13108-1*	
Base	AC32 base S AC22 base G AC32 base G	7 – 16
<p><i>Nota. – *Se ha omitido en la denominación de la mezcla la indicación del tipo de ligante por no ser relevante a efectos de esta tabla</i></p>		

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la dotación mínima del ligante hidrocarbonado de la mezcla bituminosa que, en cualquier caso, deberá cumplir que la dotación mínima sea mayor o igual a un 4% ($\geq 4\%$) en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral.

Este contenido mínimo de ligante, deberá de ser corregido multiplicando por el factor $\alpha = 2,65/\rho_d$, donde ρ_d es la densidad de partículas de árido.

3.4.5 Equipo necesario para la ejecución de las obras

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.4. del PG-3.

3.4.6 Ejecución de las obras

3.4.6.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Adicionalmente a los aspectos recogidos en el apartado 542.5.1. del PG-3, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificación y clasificación composicional del árido reciclado de hormigón, según la norma UNE-EN 933-11.
- Eliminación de aquellos componentes minoritarios, tales como productos bituminosos, materiales cerámicos e impurezas (plásticos, madera, metales, vidrio, etc.).
- Incrementar entre 1,1 – 1,3 veces el tiempo de mezclado requerido para la mezcla del 100% de árido natural.
- El número mínimo de probetas a ensayar para determinar el contenido de huecos (apartado 542.5.1.2 del PG-3), resistencia a la deformación permanente (apartado 542.5.1.3 del PG-3) y sensibilidad al agua (apartado 542.5.1.4 del PG-3) se incrementará en 1,5 veces a las establecidas en la normativa vigente.

3.4.6.2 Preparación de la superficie existente

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.5.2. del PG-3.

3.4.6.3 Aprovisionamiento de áridos

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.5.3. del PG-3.

3.4.6.4 Fabricación de la mezcla

Se deberá de garantizar que a la descarga del mezclador todos los tamaños y tipologías de los áridos (árido grueso reciclado, árido grueso natural, fino y polvo) deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas del ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada en la fórmula del trabajo.

Será de aplicación el resto de consideraciones establecidas en el apartado 542.5.4 del PG-3.

3.4.6.5 Transporte

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.5.5. del PG-3.

3.4.6.6 Extensión

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.5.6. del PG-3.

3.4.6.7 Compactación

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.5.7. del PG-3.

3.4.6.8 Juntas transversales y longitudinales

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.5.8. del PG-3.

3.4.7 Tramo de prueba

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.6. del PG-3.

3.4.8 Especificaciones de la unidad terminada

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.7. del PG-3.

3.4.9 Limitaciones de la ejecución

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.8. del PG-3.

3.4.10 Control de calidad

Serán de aplicación lo recogido en el apartado 542.9. del PG-3, con la siguiente puntualización:

- Para el control de procedencia y de calidad de los materiales se realizará un ensayo de Clasificación de componentes del árido grueso reciclado (UNE-EN 933-11).

3.4.11 Criterios de aceptación o rechazo

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.10. del PG-3.

3.4.12 Medición y abono

Serán de aplicación los aspectos indicados en el apartado 542.11. del PG-3.

3.5 GEX-ET-05. Especificaciones técnicas para los áridos reciclados procedentes de RCD a emplear como Hormigones de uso Estructural

3.5.1 Alcance

En este punto se define como hormigón reciclado (HR), el hormigón fabricado con árido grueso reciclado de hormigón y mixto de hormigón procedente de la gestión y tratamientos de residuos de construcción y demolición.

Para su aplicación en hormigón estructural, se recomienda limitar el contenido de árido grueso reciclado de hormigón y mixto de hormigón al 50% en peso y 20% en peso sobre el contenido total de árido grueso, respectivamente. Con esta limitación, las propiedades finales del hormigón reciclado apenas se ven afectadas en relación a las que presenta un hormigón convencional, siendo necesaria, para porcentajes superiores la realización de estudios específicos y experimentación complementaria en cada aplicación.

En este apartado se desarrollan únicamente aquellas consideraciones que complementan las prescripciones incluidas en los distintos artículos de la **Instrucción Española de Hormigón Estructural**, o que incluso en algunos casos las sustituyen, manteniéndose vigentes el resto de prescripciones, que no entren en contradicción con las recogidas en el **Anejo**.

El árido reciclado grueso puede emplearse tanto para hormigón en masa como hormigón armado de resistencia característica no superior a 35 N/mm² y 30 N/mm² en el caso de **árido reciclado de hormigón y mixto de hormigón, respectivamente. Queda excluido su empleo en hormigón pretensado.**

Quedan fuera de los objetivos de este punto:

- Los hormigones fabricados con árido fino reciclado.
- Los hormigones fabricados con áridos reciclados de distinta composición a la recogidos en la tabla 6.
- Los hormigones fabricados con áridos reciclados procedentes de estructuras de hormigón con patologías que afecten a la calidad del hormigón tales como álcali – áridos, ataques por sulfatos, ataque por cloruros, fuego, etc.

- Hormigones fabricados con áridos reciclados procedentes de hormigones especiales tales como aluminosos, con fibras, con polímeros, etc.

3.5.2 Propiedades tecnológicas de los materiales

3.5.2.1 Cementos

Será de aplicación lo indicado en el artículo 26 de la EHE-08.

3.5.2.2 Áridos

3.5.2.2.1 **Definición**

Podrá emplearse hasta un 50% de árido grueso reciclado de hormigón y un 30% de árido grueso reciclado mixto de hormigón procedente de los residuos de construcción y demolición. Se entiende dentro de este articulado como árido grueso reciclado el árido reciclado de hormigón y árido reciclado mixto de hormigón, cuya composición es definida en la tabla 1, de la presente Guía de Especificaciones (véase punto 2. Clasificación de los áridos reciclados).

3.5.2.2.2 **Generalidades**

Se considera que los áridos reciclados obtenidos a partir de:

- hormigones estructurales sanos,
- hormigones de resistencia elevada, y
- residuos de construcción y demolición que permitan obtener áridos ARMh

Son adecuados para la fabricación de hormigón reciclado estructural, aunque deberá de cumplirse las especificaciones exigidas en los siguientes apartados.

Las partidas de árido reciclado deben disponer de un documento de identificación de los escombros de origen que incluya los siguientes aspectos:

- Naturaleza del material.

- Planta productora del árido y empresa transportista del escombros.
- Presencia de impurezas o impropios.
- Detalles sobre su procedencia (origen o el tipo de estructura de la que procede).
- Cualquier otra información que resulte de interés (causas de la demolición, contaminación de cloruros, etc.).

Será de aplicación el resto de lo indicado en el punto 2 “Complementos al texto de esta Instrucción” de la EHE-08.

3.5.2.2.3 Designación de los áridos

Los áridos reciclados se designarán con el formato que se recoge en el artículo 28 de la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08), y en el apartado “Naturaleza” se denominarán “R – Y”, donde Y será:

- ARH: árido reciclado de hormigón
- ARMh: árido reciclado mixto de hormigón

3.5.2.2.4 Tamaño máximo y mínimo de un árido

El tamaño mínimo permitido para el árido grueso reciclado es de 4 mm.

3.5.2.2.4.1 Granulometría de los áridos

Las plantas productoras de árido reciclado deberán de conseguir una granulometría continua y adecuada dentro de los husos recomendables para su empleo en hormigón.

Los áridos reciclados deberán contener un contenido de desclasificados inferiores o igual al 10% y un contenido de partículas que pasan por el tamiz de 4 mm no superior al 5%.

Adicionalmente, será de aplicación lo indicado en el apartado 28.4 del Anejo 15 de la EHE-08.

3.5.2.2.4.2 Requisitos físico mecánicos

El contenido de terrones de arcilla de los áridos gruesos reciclados deberá de cumplir la especificación máxima de 0,25%.

El índice de lajas del árido grueso reciclado debe de ser inferior a 35% en peso.

La resistencia a la fragmentación (coeficiente de los Ángeles) del árido grueso reciclado no será superior al 40% para hormigones con una clase resistente superior e igual a 30 N/mm². Podrán utilizarse áridos gruesos reciclados con una resistencia a la fragmentación entre 40 – 50% para hormigones con una resistencia característica inferior a 30 N/mm². En este último escenario, se requerirá realizar un estudio específico que avale su utilización sin perjuicio del resto de prestaciones del hormigón.

La absorción de agua de los áridos reciclados no deberá de ser superior al 7%. No obstante, para aquellos áridos que presenten un mayor coeficiente será necesario realizar estudios específicos y experimentación complementaria para evaluar, especialmente, su efecto en las propiedades en estado fresco de los hormigones.

Para el resto de propiedades no indicadas en este apartado, será de aplicación lo indicado en el punto 28.6. del Anejo 15 de la EHE-08.

3.5.2.2.4.3 Requisitos químicos

- **Cloruros**

Se mantienen las especificaciones del artículo 28.7.1 relativos al contenido de cloruros de la EHE-08.

En el caso de los hormigones en masa que no llevan armaduras embebidas en el seno del mismo no existen ninguna limitación relativa a la cantidad máxima de cloruros en los áridos, si bien es recomendable limitar, el contenido de cloruros expresados en Cl⁻ al 0,15% en peso para evitar la aparición de eflorescencia en la superficie del hormigón.

- **Otros requisitos**

Se mantienen las especificaciones del artículo 28.7.2 y 28.7.3 relativos al contenido de sulfatos solubles y compuestos totales de azufre de la EHE-08, respectivamente.

Para la materia orgánica, es de aplicación lo indicado en el punto 28.7.4 el Anejo 15 de la EHE-08.

Finalmente, los áridos reciclados no presentarán reactividad potencial con los alcalinos del hormigón. Por este motivo se recomienda realizar estudios específicos mediante la realización de los ensayos mostrados en el punto 28.7.6 de la EHE-08.

3.5.2.3 Aditivos

Será de aplicación lo indicado en el anejo 15 de la EHE-08.

3.5.2.4. Adiciones

Será de aplicación lo indicado en el anejo 15 de la EHE-08.

3.5.3 Durabilidad

Será de aplicación lo indicado en el anejo 15 de la EHE-08.

Nota técnica. -

La incorporación de los áridos reciclados afecta en una mayor medida al comportamiento durable de los hormigones frente a los agentes agresivos a lo largo de su vida de servicio. Se recomienda la utilización de estos hormigones reciclados en clase de exposición de agresividad baja y media.

3.5.4 Cálculo

Será de aplicación lo indicado en el anejo 15 de la EHE-08.

3.5.5 Ejecución

Será de aplicación lo indicado en el anejo 15 de la EHE-08.

Nota técnica. -

Para obtener una consistencia deseada, se puede aumentar el contenido de agua en el proceso de dosificación (aproximadamente el 70% de agua absorbida a las 24 horas), pre saturar el árido (aproximadamente 15 minutos), o utilizar un superplastificante en la dosificación.

3.5.6 Control

Será de aplicación lo indicado en el anejo 15 de la EHE-08.

3.6 GEX-ET-06. Especificaciones técnicas para los áridos reciclados procedentes de RCD a emplear como Hormigones de uso No Estructural

3.6.1 Alcance

Será de aplicación lo indicado en el apartado 1 del Anejo 18 de la EHE-08.

Quedan fuera de los objetivos de este punto:

- Los hormigones fabricados con áridos reciclados procedentes de estructuras de hormigón con patologías que afecten a la calidad del hormigón tales como álcali – áridos, ataques por sulfatos, ataque por cloruros, fuego, etc.
- Hormigones fabricados con áridos reciclados procedentes de hormigones especiales tales como aluminosos, con fibras, con polímeros, etc.

3.6.2 Materiales

3.6.1 Cementos utilizables

Será de aplicación lo indicado en el apartado 2.1 del Anejo 18 de la EHE-08.

3.6.2.2 Áridos

3.6.2.2.1 Definición

Para la fabricación del hormigón de uso no estructural, podrá emplearse hasta un 100% de árido grueso reciclado y un 50% de árido reciclado fino procedente de los residuos de construcción y demolición. Se entiende dentro de este articulado como árido grueso y fino reciclado el árido reciclado de hormigón, árido reciclado mixto de hormigón y árido reciclado mixto cerámico, cuya composición es definida en la tabla 1 de la presente Guía de Especificaciones (véase punto 2. Clasificación de los áridos reciclados).

3.6.2.2.2 Generalidades

Se consideran que los áridos reciclados deben de ser obtenidos a partir de:

- hormigones estructurales sanos,
- hormigones de resistencia elevada, y
- residuos de construcción y demolición que permitan obtener los áridos ARMh o ARMc

Son adecuados para la fabricación de hormigón reciclado no estructural, aunque deberá de cumplirse las especificaciones exigidas en los siguientes apartados.

Las partidas de árido reciclado deben disponer de un marcado CE y un documento de identificación de los escombros de origen que incluya los siguientes aspectos:

- Naturaleza del material.

- Planta productora del árido y empresa transportista del escombros.
- Presencia de impurezas o impropios.
- Detalles sobre su procedencia (origen o el tipo de estructura de la que procede).
- Cualquier otra información que resulte de interés (causas de la demolición, contaminación de cloruros, etc.).

3.6.2.2.3 Designación de los áridos

Los áridos reciclados se designarán con el formato que se recoge en el artículo 28 de la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08), y en el apartado “Naturaleza” se denominarán “R – Y”, donde Y será:

- ARH: árido reciclado de hormigón
- ARMh: árido reciclado mixto de hormigón
- ARMc: árido reciclado mixto cerámico

3.6.2.2.4 Tamaño máximo y mínimo de un árido

El tamaño mínimo permitido para el árido grueso reciclado es de 4 mm.

El tamaño máximo permitido para el árido fino reciclado es de 4 mm.

3.6.2.2.5 Granulometría de los áridos

Las plantas productoras de árido reciclado deberán de conseguir una granulometría continua y adecuada dentro de los husos recomendables para su empleo en hormigón.

Los áridos reciclados deberán contener un contenido de desclasificados inferiores o igual al 10%. En el caso de los áridos reciclados gruesos el contenido de partículas que pasan por el tamiz de 4 mm no debe de ser superior al 5%.

Adicionalmente, será de aplicación lo indicado en el apartado 28.4 del Anejo 15 de la EHE-08.

3.6.2.2.6 Requisitos físico mecánicos

El contenido de terrones de arcilla de los áridos gruesos y finos reciclados deberán de cumplir la especificación máxima de 0,25% y 1%, respectivamente.

El índice de lajas del árido grueso reciclado debe de ser inferior a 35% en peso.

La resistencia al desgaste (coeficiente de los Ángeles) del árido grueso reciclado no será superior al 50% en peso.

La absorción de agua de los áridos reciclados no deberá de ser superior al 7%. No obstante, para aquellos áridos que presenten un mayor coeficiente será necesario realizar estudios específicos y experimentación complementaria para evaluar, especialmente, su efecto en las propiedades de los hormigones en estado fresco.

Para el resto de propiedades no indicadas en este apartado, será de aplicación lo indicado en el punto 28.6. del Anejo 15 de la EHE-08.

3.6.2.2.7 Requisitos químicos

En el caso de los hormigones no estructurales que no llevan armaduras embebidas en el seno del mismo no existen ninguna limitación relativa a la cantidad máxima de cloruros en los áridos, si bien es recomendable limitar, el contenido de cloruros expresados en Cl^- al 0,15% en peso para evitar la aparición de eflorescencia en la superficie del hormigón.

Se mantienen las especificaciones del artículo 28.7.2 y 28.7.3 relativos al contenido de sulfatos solubles y compuestos totales de azufre de la EHE-08, respectivamente.

Para la materia orgánica, es de aplicación lo indicado en el punto 28.7.4 el Anejo 15 de la EHE-08.

Finalmente, los áridos reciclados gruesos y finos no presentarán reactividad potencial con los alcalinos del hormigón. Por este motivo se recomienda realizar estudios específicos mediante la realización de los ensayos mostrados en el punto 28.7.6 de la EHE-08.

3.6.2.3 Aditivos

Será de aplicación lo indicado en el apartado 2.3 del Anejo 18 de la EHE-08.

3.6.3 Características de los hormigones de uso no estructural

3.6.3.1 Hormigón de limpieza (HL)

Será de aplicación lo indicado en el apartado 3.1. del Anejo 18 de la EHE-08.

3.6.3.2 Hormigón No Estructural (HL)

Será de aplicación lo indicado en el apartado 3.2. del Anejo 18 de la EHE-08.

- **Consideraciones adicionales en el proceso de diseño y fabricación**

Nota técnica. –

Para obtener una consistencia deseada, se puede aumentar el contenido de agua en el proceso de dosificación (aproximadamente el 70% de agua absorbida a las 24 horas), pre saturar el árido (aproximadamente 15 minutos), o utilizar un superplastificante en la dosificación.

3.7 GEX-ET-07. Especificaciones técnicas para los áridos reciclados procedentes de RCD a emplear como Camas de tuberías

3.7.1 Definición

Esta unidad consiste en la extensión y compactación de los materiales cuyas características se definen en el apartado 1.2 de este artículo, en rellenos de zanjas para la instalación de tuberías, que por su reducida extensión u otra causa no permita la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo la ejecución del resto del relleno, o bien exija unos cuidados especiales en su construcción.

Será de aplicación el resto de aspectos indicados en el apartado 332.1 del PG-3.

3.7.2 Materiales

3.7.2.1 Definición

Se define como arena reciclada a la fracción de material fino que se obtiene por cribado de la trituración de residuos de construcción y demolición.

La arena reciclada es uno de los materiales habituales que se preparan en las plantas de reciclado de los residuos de construcción y demolición (RCD), para su posterior empleo en las obras de construcción.

Su posibilidad de empleo, tanto como árido ligado o no ligado, es el mismo que el de las arenas ya sean naturales o procedentes de la trituración de rocas de canteras o graveras, teniendo en cuenta, en su caso las posibles especificaciones que el Pliego de la Obra imponga a los materiales reciclados.

3.7.2.1.1 Criterios generales

Se exige el marcado CE de estos áridos, tal y como se recoge en el Reglamento Europeo de Productos de Construcción n ° 305/2011. Teniendo en cuenta la procedencia de los materiales reciclados, es importante que el fabricante asegure una homogeneidad que permita garantizar la calidad de la unidad de obra en la que se va a emplear esta arena.

Finalmente, estos materiales no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o capas de firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

- **Composición**

La categoría de un material reciclado se determina en base a los tipos de residuos que componen su fracción gruesa, lo que se determina de acuerdo con la norma UNE EN 933-11.

El contenido máximo de impurezas o impropios ($R_g + X + FL$) para la arena reciclada de RCD será del 1% en masa.

Nota. – **R_g**: vidrio; **X**: cohesivos, metales madera no flotante, plástico, caucho y yeso; y **FL**: material flotante en volumen.

- **Propiedades geométricas**

El tamaño máximo de la arena reciclada será de 60 mm. Presentará una granulometría continua y cumplirá con las especificaciones de cernido por el tamiz de 2; 0,40 y 0,080 mm recogidas en el artículo 330.3.3.1. y 330.3.3.2 del PG-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará, en su caso, las limitaciones de la granulometría de la arena para el uso de cada unidad de obra.

- **Plasticidad**

La arena reciclada procedente de los residuos de construcción y demolición deberá de cumplir las siguientes condiciones:

- Límite líquido inferior a treinta ($LL < 30$), según la norma UNE 103103.
- Índice de plasticidad inferior a diez ($IP < 10$), según la norma UNE 103103 y UNE 103104.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará, en su caso, las limitaciones de plasticidad de la arena para el uso de cada unidad de obra.

- **Propiedades químicas**

La arena reciclada deberá de cumplir las siguientes características químicas:

- Contenido de sales solubles, incluido el yeso, inferior al cero con dos por ciento ($SS < 0,2\%$), según NLT 114.
- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento ($MO < 1\%$), según la norma UNE 103204.
- Contenido en azufre total (SO_3) será inferior al 1,5%, según la norma UNE EN 1744-1.
- Contenido en sulfatos solubles en ácido será inferior al 1,0%, según la norma UNE EN 1744-1.
- Contenido de cloruros será inferior al 0,1%, según la norma UNE EN 1744-5.

El contenido de azufre total podrá incrementarse hasta el 1,8% y el de sulfatos solubles en ácido hasta el 1,5% siempre que:

- Contenido de sulfatos solubles en agua expresados en SO_4 según la norma UNE EN 1744-1 sea:
 - $< 0,7\%$
 - $< 0,5\%$ si va a estar en contacto con hormigón

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará, en su caso, las limitaciones de características químicas de la arena para el uso de cada unidad de obra.

- **CBR**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 332.3 del PG-3.

3.7.3 Equipo necesario para la ejecución de las obras

Será de aplicación lo indicado en el apartado 332.4 del PG-3.

3.7.4 Ejecución de las obras

Será de aplicación lo indicado en el apartado 332.5 del PG-3.

3.7.5 Limitaciones de la ejecución

Será de aplicación lo indicado en el apartado 332.6 del PG-3.

3.7.6 Medición y Abono

Será de aplicación lo indicado en el apartado 332.7 del PG-3.

3.7.7 Control de calidad

3.7.7.1 Control de procedencia de la arena reciclada

El control de procedencia de los materiales constituyentes consistirá en:

- Control documental.
- Visita de verificación de la instalación donde se fabrica la arena reciclada procedente de los residuos de construcción y demolición.
- Ensayos de control de procedencia.

3.7.7.1.1 Control documental

Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1. Control de documentación de los suministros

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- a) Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*
- b) El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y*
- c) Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.*

La documentación mínima que el Contratista deberá entregar a la Dirección de la Obra será:

- Documentación de que la arena reciclada ha sido preparada por un Gestor Autorizado para la gestión y tratamiento de residuos de construcción y demolición.
- Certificación de este material. La documentación de esta certificación consistirá como mínimo en:
 - Declaración de conformidad del fabricante.
 - Etiquetas de características.
 - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
- Certificado de suministro
- Certificado de garantía

3.7.7.1.2 Verificación de la instalación de la fabricación de la arena reciclada

Se realizará una visita de inspección a la planta de suministro de árido reciclado, con el objetivo de poder documentar:

- Origen de los materiales a partir del cual se ha obtenido la arena reciclada.
- Acopios de áridos y almacenamiento del resto de componentes.
- Control de producción

3.7.7.1.3 Ensayos de control de procedencia

Se evaluará las propiedades indicadas en el apartado 1.2.

Este control de procedencia no será de aplicación si la planta productora dispone de certificación para la arena reciclada.

3.7.7.2 Control de ejecución

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando las partidas que, a simple vista, presente restos de residuos que alteren la clasificación de material solicitada a la planta de acuerdo con las indicadas en estas recomendaciones. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, mayor plasticidad, etc.

Con el material reciclado que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Con frecuencia mensual:
 - Granulometría por tamizado, según la UNE EN 933-1.
 - Límite líquido e índice de plasticidad, según las normas UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Con frecuencia trimestral:

- Propiedades químicas, según las normas de ensayos indicadas en el apartado 1.2.5.

3.7.8 Normas referidas en este artículo

- UNE EN 933-1. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos de tamizado.
- UNE EN 933-2. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
- UNE EN 932-1. Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE EN 933-11. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11. Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- NLT 114. Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.
- UNE 103103. Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande
- UNE 103104. Determinación del límite plástico de un suelo.
- UNE EN 1744-1. Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE EN 1744-5. Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 5. Determinación del contenido de cloruros solubles en ácido.

- UNE EN 13242. Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.