



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

# **RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROCEDENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA**



**GERENCIA MUNICIPAL DE URBANISMO  
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA**



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

La legislación, tanto europea como española, exige unas tasas de reciclado de los residuos de construcción y demolición muy superiores a las que actualmente se ejecutan. Muchas son las causas de este incumplimiento legislativo, y de muy diversos tipos, tales como desconocimiento técnico, falta de sensibilidad ecológica, calidad deficiente de los áridos reciclados, etc.

Para que se incremente el empleo de los áridos reciclados en las obras, según se recoge en la legislación y planes de gestión de residuos, se precisa principalmente:

- Disponer de una normativa específica de caracterización y empleo de áridos reciclados.
- Un compromiso por parte de los productores de estos materiales que garantice la calidad declarada de sus productos.
- Apoyo por parte de las Administraciones, sobre todo cuando participan como promotoras de obras, para el uso de estos materiales.

Así lo entendió la Gerencia Municipal de Urbanismo de la ciudad de Málaga y planteó una actuación que sirviese de ensayo para avanzar en este campo.

Para ello firmó un convenio de investigación con cuatro empresas:

- Un productor de áridos reciclados, ARISTERRA.
- Un fabricante de productos que incorpora dichas materias primas, HORMIGONES Y MINAS.
- Un contratista, TECNIOBRAS.
- Una ingeniería y control de calidad, CEMOSA.

La obra objeto de este estudio fue la pavimentación de la calle Pascal.

El resultado de la experiencia fue bastante bueno, lo que de alguna manera abrió el campo para el uso de materiales reciclados en las obras.

Hay que reconocer que el éxito fue debido a una gran coordinación entre las empresas participantes y a una magnífica participación en los cometidos asignados a las mismas.

La normativa existente es bastante conservadora en cuanto a exigir una serie de condicionantes a los materiales procedentes de residuos de la construcción, muy difíciles de cumplir y, en consecuencia, no ayuda a su empleo.

Las administraciones y los técnicos han de ser conscientes que SOSTENIBILIDAD, DURABILIDAD E INNOVACIÓN requieren de unos estudios y la adopción de unas medidas novedosas, eso sí, basadas en soluciones técnicas debidamente ensayadas en laboratorios, con la finalidad de romper ciertas reticencias al empleo de estos materiales.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

No debe olvidarse que el uso de áridos reciclados tiene unos objetivos ecológicos en una sociedad cada día más sensible en la conservación del medio ambiente, pero esto no puede influir en la calidad final de la obra, por un lado, y por otro, en el encarecimiento de la misma.

En consecuencia, es imprescindible un compromiso de calidad de todos los intervinientes en este campo.

Con este documento de título “RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROCEDENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICIÓN (RCD) EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA” se pretende cubrir un vacío técnico que soporte el uso de este tipo de materiales y facilite la labor de los Projectistas, Directores de Obra, Productores de áridos reciclados, Fabricantes de productos que los empleen, Contratistas y Laboratorios de control de calidad.

Equipo de trabajo redactor de la recomendación:

Presidente: Francisco Javier Carmona Conde.- GMU Ayto. Málaga

Vicepresidenta: M<sup>a</sup> Pilar Vila Herrero.- GMU Ayto. Málaga

Secretario: D. Javier Castro Lara.- CEMOSA

Vocales

- Ramsés Vidal Sánchez – GMU Ayto. Málaga
- Miguel Ángel Soler García – GMU Ayto. Málaga
- Manuel Salas Casanova – CEMOSA
- Francisco J. Becerra Pérez – CEMOSA
- Juan J. Arrabal Calderón - RECICLADOS ROSTER S.L.
- Pablo Pérez González - AGRECA / ASOC. ANDALUZA RCDS



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## INDICE GENERAL

0	CONSIDERACIONES GENERALES .....	13
1	SUELOS DE RECICLADOS DE RCD.....	20
2	ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD.....	44
3	MATERIALES GRANULARES RECICLADOS DE RCD TRATADOS CON CEMENTO. SUELOCEMENTO RECICLADO DE RCD (SCR) .....	74
4	GRAVACIMIENTO CON ÁRIDOS GRUESOS DEL RECICLADO DE RESIDUOS DE HORMIGÓN. (GCR HORM).....	101
5	HORMIGÓN SECO COMPACTADO CON ÁRIDOS GRUESOS RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN. (HCR) .....	131
6	ARENA RECICLADA DE RCD (AR RCD) PARA SU EMPLEO EN CAMAS DE TUBERÍAS .....	161
7	GRAVAS RECICLADAS DE RCD (GR RCD) PARA MATERIAL DRENANTE.....	178



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## ÍNDICE

0	CONSIDERACIONES GENERALES .....	13
0.1	Notas previas para su uso.....	13
0.2	Antecedentes legislativos .....	13
0.3	Articulado Técnico .....	16
0.4	Garantías de calidad de estos materiales de reciclado de RCD .....	19
1	SUELOS DE RECICLADOS DE RCD.....	20
1.1	Definición y Clasificación.....	20
1.2	Materiales .....	20
1.2.1	Características generales.....	21
1.2.2	Suelo seleccionado (SR- SEL).....	23
1.2.3	Suelo tolerable (SR-TOL).....	24
1.3	Empleo .....	24
1.3.1	Uso por zonas .....	24
1.3.2	Grado de compactación .....	26
1.3.3	Humedad de puesta en obra .....	26
1.4	Equipo necesario para la ejecución de las obras.....	27
1.5	Ejecución de las obras .....	27
1.5.1	Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén .....	28
1.5.2	Extensión de las tongadas .....	28
1.5.3	Humectación o desecación .....	28
1.5.4	Compactación.....	28
1.6	Limitaciones a la ejecución .....	28
1.7	Control de calidad.....	29
1.7.1	Control de procedencia del material.....	29
1.7.2	Control de ejecución.....	30
1.8	Medición y Abono .....	35
1.9	Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad .....	35
	NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO.....	35



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ANEJO: DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL .....	37
2 ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD .....	44
2.1 Definición y Clasificación .....	44
2.2 Materiales .....	45
2.2.1 Características generales .....	46
2.2.2 Limpieza (Contenido de impurezas) .....	47
2.2.3 Calidad de los finos .....	47
2.2.4 Plasticidad .....	47
2.2.5 Capacidad Soporte (Índice CBR) .....	47
2.2.6 Requisitos geométricos .....	48
2.2.7 Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación .....	49
2.2.8 Requisitos químicos. ....	50
2.3 Equipo necesario para la ejecución de las obras .....	51
2.3.1 Consideraciones generales .....	51
2.3.2 Central de fabricación de las zahorras recicladas .....	51
2.3.3 Elementos de transporte .....	51
2.3.4 Equipos de extensión .....	52
2.3.5 Equipos de compactación .....	52
2.4 Ejecución de las obras .....	52
2.4.1 Estudio del material y obtención de la Fórmula de Trabajo .....	52
2.4.2 Preparación de la superficie que va a recibir la zahorra .....	53
2.4.3 Preparación del material .....	53
2.4.4 Vertido y extensión de la zahorra .....	53
2.4.5 Compactación de la zahorra .....	53
2.4.6 Protección superficial .....	53
2.5 Tramo de prueba .....	53
2.6 Especificaciones de la unidad terminada .....	53
2.6.1 Densidad .....	53
2.6.2 Capacidad de soporte .....	54
2.6.3 Rasante, espesor y anchura .....	54
2.6.4 Regularidad superficial .....	55
2.7 Limitaciones de la ejecución .....	55



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.8	Control de calidad.....	55
2.8.1	Control de procedencia del material.....	55
2.8.2	Control de ejecución.....	57
2.8.3	Control de recepción de la unidad terminada .....	58
2.9	Criterios de aceptación o rechazo .....	59
2.9.1	Densidad .....	59
2.9.2	Capacidad de soporte .....	59
2.9.3	Espesor .....	60
2.9.4	Rasante .....	60
2.9.5	Regularidad superficial.....	60
2.10	Medición y Abono .....	60
2.11	Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad .....	60
NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO.....		61
ANEJO 1. HUSOS GRANULOMÉTRICOS.....		63
ANEJO 2. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL .....		66
3 MATERIALES GRANULARES RECICLADOS DE RCD TRATADOS CON CEMENTO. SUELOCIMIENTO RECICLADO DE RCD (SCR) .....		74
3.1	Definición y Clasificación.....	74
3.2	Materiales .....	75
3.2.1	Cemento .....	75
3.2.2	Materiales granulares reciclados.....	76
3.2.3	Agua .....	78
3.2.4	Aditivos .....	78
3.3	Tipo y composición de la mezcla .....	79
3.4	Equipo necesario para la ejecución de las obras.....	80
3.4.1	Fabricación de la mezcla en central.....	80
3.4.2	Ejecución del suelocemento in situ .....	81
3.5	Ejecución de las obras .....	81
3.5.1	Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo .....	81
3.5.2	Fabricación de la mezcla en central.....	83
3.5.3	Fabricación de la mezcla in situ .....	84
3.6	Tramo de prueba .....	85



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3.7	Especificaciones de la unidad terminada .....	85
3.7.1	Densidad .....	85
3.7.2	Resistencia mecánica.....	85
3.7.3	Terminación, rasante, anchura y espesor .....	85
3.8	Limitaciones de la ejecución .....	85
3.9	Control de calidad.....	86
3.9.1	Control de procedencia de los materiales constituyentes.....	86
3.9.2	Control de ejecución. Fabricación del suelocemento en central.....	88
3.9.3	Control de ejecución. Fabricación del suelocemento in situ .....	90
3.9.4	Control de recepción de la unidad terminada .....	90
3.10	Criterios de aceptación o rechazo del lote .....	91
3.10.1	Densidad .....	91
3.10.2	Resistencia mecánica.....	91
3.10.3	Espesor .....	91
3.10.4	Rasante .....	91
3.11	Medición y Abono .....	91
3.12	Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad .....	91
	NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO .....	92
	ANEJO 1. HUSOS GRANULOMÉTRICOS.....	94
	ANEJO 2. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL .....	95
4	GRAVACIMIENTO CON ÁRIDOS GRUESOS DEL RECICLADO DE RESIDUOS DE HORMIGÓN. (GCR HORM).....	101
4.1	Definición.....	101
4.2	Materiales .....	101
4.2.1	Cemento .....	102
4.2.2	Áridos.....	102
4.2.3	Agua .....	106
4.2.4	Aditivos .....	106
4.3	Tipo y composición de la mezcla .....	106
4.4	Equipo necesario para la ejecución de las obras.....	108
4.4.1	Central de fabricación.....	108
4.4.2	Elementos de transporte .....	108



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

4.4.3	Equipo de extensión .....	108
4.4.4	Equipo de compactación .....	108
4.4.5	Equipo para la ejecución de la junta longitudinal y las transversales en fresco .....	108
4.5	Ejecución de las obras .....	108
4.5.1	Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo .....	108
4.5.2	Preparación de la superficie existente .....	110
4.5.3	Fabricación de la mezcla.....	110
4.5.4	Transporte de la mezcla .....	111
4.5.5	Vertido y extensión de la mezcla.....	111
4.5.6	Prefisuración.....	111
4.5.7	Compactación y terminación .....	111
4.5.8	Ejecución de las juntas de trabajo.....	111
4.5.9	Curado y protección superficial .....	111
4.6	Tramo de prueba .....	111
4.7	Especificaciones de la unidad terminada.....	111
4.7.1	Densidad .....	111
4.7.2	Resistencia mecánica.....	112
4.7.3	Terminación, rasante, anchura y espesor .....	112
4.7.4	Regularidad superficial.....	112
4.8	Limitaciones de la ejecución .....	112
4.9	Control de calidad.....	112
4.9.1	Control de procedencia de los materiales constituyentes.....	112
4.9.2	Control de ejecución.....	114
4.9.3	Control de recepción de la unidad terminada .....	117
4.10	Criterios de aceptación o rechazo.....	117
4.10.1	Densidad .....	117
4.10.2	Resistencia mecánica.....	117
4.10.3	Espesor .....	118
4.10.4	Rasante .....	118
4.10.5	Regularidad superficial.....	118
4.11	Medición y Abono .....	118
4.12	Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad .....	118



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO.....	119
ANEJO 1. HUSOS GRANULOMÉTRICOS.....	121
ANEJO 2. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL .....	122
5 HORMIGÓN SECO COMPACTADO CON ÁRIDOS GRUESOS RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN. (HCR) .....	131
5.1 Definición.....	131
5.2 Materiales .....	132
5.2.1 Cemento .....	132
5.2.2 ÁRIDOS.....	132
5.2.3 Agua .....	137
5.2.4 Aditivos .....	137
5.3 Tipo y composición de la mezcla .....	137
5.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras.....	138
5.4.1 Central de fabricación.....	138
5.4.2 Elementos de transporte .....	138
5.4.3 Equipo de extensión .....	138
5.4.4 Equipo de compactación .....	139
5.4.5 Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco.....	139
5.5 Ejecución de las obras .....	139
5.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo .....	139
5.5.2 Preparación de la superficie existente .....	141
5.5.3 Fabricación de la mezcla.....	141
5.5.4 Transporte de la mezcla.....	141
5.5.5 Vertido y extensión de la mezcla.....	142
5.5.6 Prefisuración.....	142
5.5.7 Compactación y terminación .....	142
5.5.8 Ejecución de las juntas de trabajo.....	142
5.5.9 Curado y protección superficial .....	142
5.6 Tramo de prueba .....	142
5.7 Especificaciones de la unidad terminada.....	142
5.7.1 Densidad .....	142
5.7.2 Resistencia mecánica.....	143



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

5.7.3	Terminación, rasante, anchura y espesor .....	143
5.8	Limitaciones de la ejecución .....	143
5.9	Control de calidad.....	143
5.9.1	Control de procedencia de los materiales constituyentes.....	143
5.9.2	Control de ejecución.....	145
5.9.3	Control de recepción de la unidad terminada .....	148
5.10	Criterios de aceptación o rechazo .....	148
5.10.1	Densidad .....	148
5.10.2	Resistencia mecánica.....	148
5.10.3	Espesor .....	149
5.10.4	Rasante .....	150
5.11	Medición y Abono .....	150
5.12	Especificaciones técnicas y distintivos de calidad .....	150
NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO.....		150
ANEJO 1. HUSO GRANULOMÉTRICO .....		153
ANEJO 2. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL .....		154
6	ARENA RECICLADA DE RCD (AR RCD) PARA SU EMPLEO EN CAMAS DE TUBERÍAS .....	161
6.1	Definición.....	161
6.2	Materiales .....	161
6.3	Características generales.....	162
6.4	Procedencia.....	163
6.5	Designación.....	163
6.6	Especificaciones.....	163
6.6.1	Composición.....	164
6.6.2	Granulometría.....	164
6.6.3	Plasticidad .....	165
6.6.4	Características químicas .....	165
6.7	Control de calidad.....	166
6.7.1	CONTROL DE PROCEDENCIA DE LA ARENA RECICLADA.....	166
6.7.2	Control de ejecución.....	168
6.8	Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad .....	168
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO .....		169



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ANEJO. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL .....	170
7 GRAVAS RECICLADAS DE RCD (GR RCD) PARA MATERIAL DRENANTE .....	178
7.1 Definición. Composición .....	178
7.2 Materiales .....	180
7.3 Características generales .....	180
7.4 Procedencia .....	181
7.5 Designación .....	181
7.6 Especificaciones .....	182
7.6.1 Categoría .....	182
7.6.2 Granulometría .....	182
7.6.3 Índice de lajas .....	184
7.6.4 Desgaste los Ángeles .....	184
7.6.5 Características químicas .....	184
7.7 Control de calidad .....	184
7.7.1 Control de procedencia de la grava reciclada .....	184
7.7.2 Control de ejecución .....	186
7.8 Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad .....	187
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO .....	188
ANEJO. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL .....	189

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 0 Consideraciones Generales

---

### 0.1 Notas previas para su uso

Los artículos de estas recomendaciones se han redactado a modo de Pliego, de tal forma que facilite el trabajo de incorporación a los Proyectos tras la lectura y revisión, en su caso, de los mismos.

A lo largo de los distintos apartados de las recomendaciones y para su mejor comprensión se han incluido numerosos comentarios aclaratorios enmarcados por un recuadro. Cuando los comentarios se refieren a normativa, los párrafos están en letra cursiva.

### 0.2 Antecedentes legislativos

La **Directiva Europea 2008/98/CE**, del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre residuos, con la que se derogan determinadas Directivas integrándolas en una única norma “Directiva marco de residuos”

**Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.** Esta ley es la transposición de esta Directiva al ordenamiento jurídico español.

En esta ley se exige la tasa mínima de reutilización, reciclado y valorización de los residuos de RCD que impone la Directiva Europea; en el artículo número 22 expone:

*Antes de 2020, la cantidad de residuos no peligrosos de construcción y demolición destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otra valorización de materiales, con exclusión de los materiales en estado natural definidos en la categoría 17 05 04 de la lista de residuos, deberá alcanzar como mínimo el 70% en peso de los producidos.*

En el artículo 3 se define que entiende la ley por valorización de residuos:

*“Valorización”: cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general. En el anexo II se recoge una lista no exhaustiva de operaciones de valorización.*

El **Real Decreto 105/2008**, de 1 de febrero, es el que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD).

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Este Real Decreto constituye el instrumento normativo específico en materia de RCD. Establece, entre otras, las siguientes obligaciones: el productor de RCD ha de incluir en el proyecto de ejecución de obra un Estudio de gestión de residuos, el poseedor o la persona física o jurídica que ejecute la obra, ha de presentar un Plan de gestión de RCD para la aplicación del mencionado estudio. Asimismo, se ha de asegurar la correcta gestión de los residuos, aplicando el principio de jerarquía de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, contribuyendo, de esta forma, al desarrollo sostenible del sector de la construcción.

El Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, no establecía objetivos de prevención, reciclado o vertido de los RCD. Sin embargo el artículo 22 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, establece de conformidad con la Directiva 2008/98/CE, de 19 de noviembre, sobre los residuos, que antes de 2020, la cantidad de residuos no peligrosos de construcción y demolición destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otra forma de valorización de los materiales, con exclusión de los materiales en estado natural definidos en la categoría 17 0504 “Tierra y piedras que no contienen sustancias peligrosas” de la lista de residuos, deberá alcanzar como mínimo el 70% en peso de los residuos generados.

Asimismo, se examinarán distintas medidas para garantizar que los materiales reciclados cumplan los requisitos de calidad y seguridad necesarios, a través de la normalización y certificación.

El **Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022**, redactado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, establece, en sus objetivos, entre otros:

- Fomentar una mayor utilización de los materiales procedentes de la gestión de los RCD. Con esta finalidad se pueden utilizar instrumentos tales como el aumento de las tasas de vertido para desincentivar el depósito de residuos de RCD valorizables y el establecimiento de obligaciones adicionales al promotor o constructor si no separa correctamente en origen los RCD generados, ya que esta correcta separación es el elemento necesario para generar un material de calidad que pueda reincorporarse al mercado.
- Establecer un Acuerdo Marco Sectorial para impulsar la utilización de áridos reciclados procedentes de RCD en obras de construcción. Dicho Acuerdo impulsará las medidas previstas en los apartados anteriores, a través de la introducción de criterios en la contratación pública que incluyan porcentajes mínimos de uso de material reciclado en obra pública, así como en obras privadas. Así se propone la inclusión, siempre que sea posible, en los proyectos de construcción de obra pública de un porcentaje mínimo del 5 % de áridos reciclados. Igualmente se aplicará este porcentaje del 5 %, siempre que sea posible, en la obra privada. En este Acuerdo, podrán participar los



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

siguientes departamentos de la Administración General del Estado: Ministerio de Fomento, Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR), Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), en colaboración con otras autoridades competentes autonómicas y locales, con las asociaciones empresariales sectoriales y constructoras para promover el uso del árido reciclado.

Así como unos objetivos cuantitativos:

Se establecen los siguientes objetivos cuantitativos específicos sobre RCD para los años 2016, 2018 y 2020, orientados al cumplimiento del objetivo final previsto en la Directiva Marco de Residuos para este flujo de residuos.

	2016	2018	2020
% RCD no peligrosos destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otras operaciones de valorización (con exclusión de las tierras y piedras limpias) (mínimo)	60	65	70
Eliminación de RCD no peligrosos en vertedero (en %) (máximo)	40	35	30
% de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) utilizadas en obras de tierra y en obras de restauración, acondicionamiento o relleno (mínimo)	75	85	90
Eliminación de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) en vertedero (en %) respecto del volumen total de materiales naturales excavados. (máximo)	25	15	10

Tabla 37. Objetivos para RCD para los años 2016, 2018 y 2020.

La comprobación de los objetivos se basará en los siguientes indicadores:

- % de RCD no peligrosos destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otras operaciones de valorización (con exclusión de las tierras y piedras limpias) respecto a la cantidad total de RCD no peligrosos generados.
- % de eliminación de RCD no peligrosos en vertedero controlado respecto a la cantidad total de RCD no peligrosos generados.
- % de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) utilizadas en obras de tierra y en obras de restauración, acondicionamiento o relleno respecto a la cantidad total de materiales naturales excavados<sup>28</sup>
- % de eliminación de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) en vertedero controlado respecto a la cantidad total de materiales naturales excavados.

En relación a las orientaciones que establece el citado PEMAR, se tienen, entre otras:

- Promocionar la utilización de los materiales procedentes de los RCD valorizables en las obras de construcción, tales como obras de tierra, de capas estructurales (sub-bases de carretera, capa de forma y sub-balasto en obras de ferrocarril), así como la fabricación de hormigones, etc., siempre y cuando se



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

garantice que los materiales reciclados cumplan los requisitos de calidad y prescripciones de la normativa vigente en cada caso. A tal fin, se fomentará que en los Pliegos de Prescripciones Técnicas de las obras y en la valoración de las ofertas en la contratación pública se incluyan condiciones que faciliten el empleo de los materiales procedentes de RCD valorizables antes mencionados en sustitución de los materiales naturales.

Esta medida, la llevará a cabo el MAGRAMA, en colaboración con otros departamentos de la Administración General del Estado, con las autoridades competentes autonómicas y locales, con las asociaciones empresariales sectoriales, colegios profesionales y agentes sociales.

- Fomentar mediante Proyectos de I+D+i., el desarrollo de tecnologías destinadas a la transformación de los RCD en materiales reciclados de alta calidad y durabilidad.

Se hace patente la vinculación y necesidad de las presentes recomendaciones en relación a lo citado en el PEMAR.

El objetivo de estas recomendaciones es facilitar el uso, en las obras de construcción, de materiales procedentes del reciclado de residuos de construcción y demolición actuando sobre las dos causas anteriormente expuestas:

- En sus diversos artículos, redactados a modo de pliego, las especificaciones técnicas de estas Recomendaciones permiten el empleo de los áridos reciclados que en la actualidad se preparan en las plantas de tratamiento de RCD, sin que ello suponga rebajar el nivel de calidad de la obra si esta se ejecutase con áridos naturales.
- Estas Recomendaciones exige, para todos los tipos de áridos reciclados, que dispongan de certificación, que en el caso de que su empleo esté sujeto a la Directiva de productos de construcción, 89/106/CEE, como son las zahorras artificiales, será el marcado CE y para los materiales no contemplados por esta Directiva, como serían los suelos, entonces se solicita una certificación voluntaria como puede ser la de AGRECA.

### 0.3 Articulado Técnico

Estas recomendaciones se redactan en base a artículos independientes para cada tipo de material y uso procedente del reciclado de RCD. Esta edición se compone de ocho artículos para los siguientes productos:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ARTÍCULO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
1	<b>SUELOS RECICLADOS DE RCD</b>	
	Suelo reciclado seleccionado de RCD. (SR-Sel)	Producto procedente del tratamiento de residuos de RCD, con características físico, químicas y mecánicas que le confieren la categoría de suelo seleccionado.
	Suelo reciclado tolerable de RCD. (SR-Tol)	Producto procedente del tratamiento de residuos de RCD, con características físico, químicas y mecánicas que le confieren la categoría de suelo tolerable, inferiores a las necesarias para calificarlo como suelo seleccionado.
2	<b>ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD</b>	
	Zahorra artificial reciclada de hormigón (ZARHor)	Material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración exclusiva de residuos de hormigones. Esta zahorra podrá colocarse directamente bajo las capas asfálticas o de hormigón del firme.
	Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD (ZARM I)	Material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración controlada de RCD. Esta zahorra podrá colocarse directamente bajo las capas asfálticas o de hormigón del firme
	Zahorra artificial reciclada mixta Tipo II de RCD (ZARM II)	Material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración controlada de RCD. Esta zahorra no podrá colocarse directamente bajo las capas asfálticas o de hormigón del firme, necesariamente deberá existir una capa de zahorra de las anteriores o natural entre esta ZARM II y las capas asfálticas o de hormigón.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ARTÍCULO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
3	<b>SUELOCIMIENTO CON MATERIAL GRANULAR RECICLADO</b>	
	Suelocimiento de reciclado. (SCR).	En este artículo el material que se tratará con cemento será un material granular procedente del reciclado de RCD.
4	<b>GRAVACIMIENTO CON ÁRIDOS GRUESO DE RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN. (GCR)</b>	
	Gravacemento reciclado de RCD. (GCR).	<p>Es la mezcla homogénea de material tratado con cemento, en las proporciones adecuadas, de áridos, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carreteras.</p> <p>La fracción de árido grueso procede de la trituración exclusiva de residuos de hormigón y la fracción de árido fino procede de la trituración de árido de cantera o gravera natural.</p>
5	<b>HORMIGÓN SECO COMPACTADO CON ÁRIDOS GRUESO DE RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN. Y RESISTENCIA A 28 DÍAS 10 MPa</b>	
	Hormigón seco compactado (HCR 10)	En este artículo se definen un hormigón seco compactado, fabricado con áridos gruesos reciclados y arena de cantera, con resistencia a compresión a los 28 días de edad de 10 MPa.
6	<b>ARENA RECICLADA</b>	
	Arena Reciclada (AR)	En este artículo se definen las características de la arena reciclada que se prepara en las plantas de tratamiento de RCD. La finalidad más habitual de este árido es el de lecho de tuberías.
7	<b>GRAVAS RECICLADAS</b>	
	Gravas recicladas (GR)	En este artículo se definen las características de la grava reciclada que se prepara en las plantas de tratamiento de

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ARTÍCULO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
		RCD. La finalidad más habitual de este árido es el de material drenante y dependiendo de su tamaño grueso se diferencian las gravas y los macadam.

#### 0.4 Garantías de calidad de estos materiales de reciclado de RCD

Hay que considerar que las características finales de estos materiales de reciclados son muy dependientes de la calidad de los procesos de tratamiento de las plantas de reciclado, **es por lo que se debe exigir compromisos de calidad de los productos a los fabricantes.**

En estas recomendaciones se solicita a los productores los siguientes documentos:

- El productor debe ser un Gestor Autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- Documentos de calidad de los materiales:
  - Documentación correspondiente al mercado CE para los materiales sujetos a la Directiva Europea de productos para la construcción. Es el caso de las zahorras y de los áridos para hormigón o gravacemento.

Estos documentos son el etiquetado CE, la declaración de conformidad y el certificado de conformidad del Organismo Notificado.

  - Para el caso de los materiales a los que no sea de aplicación el mercado CE, los documentos que se presentarán son una ficha técnica del producto, una declaración de conformidad del productor y una certificación del control de producción en fábrica por un Organismo Notificado para el mercado CE de áridos para la construcción acreditado por ENAC.

Una certificación de áridos válida para estas Recomendaciones es la de la Asociación AGRECA.

- Documentos de garantías de calidad:
 

Además de los documentos reseñados de calidad de cada producto, para una determinada obra el productor deberá facilitar:

  - Certificado de garantía del material entregado a obra firmado por persona física.
  - Certificado de suministro de materiales a obra.

En los anexos de cada artículo se incluyen modelos de estos documentos.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 1 Suelos de Reciclados de RCD

### 1.1 Definición y Clasificación.

Se define como suelos reciclados de RCD, a los materiales preparados en las plantas de tratamientos de residuos de construcción y demolición que, cumpliendo las características físicas, químicas y mecánicas indicadas en estas recomendaciones se puedan emplear, con garantías de estabilidad presente y futura, en la construcción de terraplenes de carreteras de tráfico T2 a T4.

La definición de terraplén, así como de las zonas de los rellenos tipo terraplén son las indicadas en los apartados 330.1 y 330.2 del artículo 330 del PG-3.

En estas recomendaciones definimos dos tipos de suelos de materiales reciclados, su clasificación se realiza en base a los criterios del PG-3 y a las experimentaciones realizadas en obras con estos materiales reciclados.

Asimismo, las especificaciones sobre la composición de los materiales gruesos de estos suelos se fundamentan en la norma UNE-EN 13242:2003+A1:2008 y su ensayo se realizará según lo indicado en la norma UNE-EN 933-11.

Los tipos de suelos de reciclado de RCD especificados en estas recomendaciones son:

- **Suelo seleccionado. (SR-SEL)**

Suelo cuyas características cumplen las especificaciones definidas en los apartados 3.2.1 y 3.2.2 de este artículo.

- **Suelo tolerable. (SR-TOL)**

Suelo cuyas características cumplen las especificaciones definidas en los apartados 3.2.1 y 3.2.3 de este artículo.

### 1.2 Materiales

#### **PG-3. Artículo 330.3.2 Características de los materiales**

*Además de los suelos naturales, se podrán utilizar en terraplenes los productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan las especificaciones de este artículo y que sus características físico-químicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto. En todo caso se estará a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.*



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

#### 1.2.1 *Características generales*

Estos materiales podrán utilizarse para las categorías de tráfico pesado T2 a T4, siempre que cumplan las prescripciones técnicas de estas recomendaciones y que el productor disponga y facilite la siguiente documentación:

- El productor certificará que es gestor autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- El productor facilita ficha técnica de este producto.
- El productor facilita una declaración de prestaciones de este producto.
- El productor facilita el Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado del suelo en planta, emitido por un Organismo Notificado para el mercado CE de áridos para la construcción acreditado por ENAC.
- El productor facilita un certificado de las cantidades de suelos suministrados a la obra.

Estos suelos colocados en el terraplén 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 a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

Estos suelos de reciclados cumplirán alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:

- Cernido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 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 ( $\# 0,080 > 35 \%$ ), según UNE 103101.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

La categoría de un material de 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.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- Rc = Hormigón, productos de hormigón, morteros  
Unidades de albañilería de hormigón
- Ru = Áridos no tratados, piedra natural.  
Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos
- Rb = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).  
Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio  
Hormigón aireado no flotante.
- Ra = Materiales bituminosos.
- Rg = Vidrio
- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)  
Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.  
Yeso

Los suelos de reciclado especificados en estas recomendaciones son:

- **SR – SEL Seleccionado**

El material grueso analizado de acuerdo con el proyecto de norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

- $X < 3\%$  en masa
- $FL < 2 \text{ cm}^3/\text{kg}$ .
- Yeso  $< 1\%$

- **SR – TOL Tolerable**

El material grueso analizado de acuerdo con el proyecto de norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

- $X < 5\%$  en masa
- $FL < 2 \text{ cm}^3/\text{kg}$ .
- Yeso  $< 2\%$



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 1.2.2 Suelo seleccionado (SR- SEL)

Se considerarán como tales aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al:
  - Cero con dos por ciento ( $MO < 0,2\%$ ), según UNE 103204 en los casos que se deba a la presencia de tierras de excavación.
  - Uno por ciento ( $MO < 1\%$ ), según UNE 103204 en los casos que se deba a la presencia de RCD no bituminosos.
  - Dos por ciento ( $MO < 2\%$ ), según UNE 103204 en los casos que se deba a la presencia de residuos de materiales bituminosos procedentes del fresado de firmes asfálticos.

El contenido de materia orgánica será aceptado en el intervalo 0.2% - 2% siempre y cuando el productor certifique lo solicitado en este apartado, que este resultado de contenido de materia orgánica se deba a la presencia de residuos de fresado de firmes asfálticos. No podrá utilizarse, como materia prima para la fabricación de estos materiales, suelos que puedan aportar materia orgánica como son suelos de desbroce, de tierras de labores agrícolas, etc.

- Contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, inferior al:
  - Cero con dos por ciento ( $SS < 0,2\%$ ), según NLT 114.
  - Dos por ciento ( $SS < 2\%$ ), según NLT 114, siempre y cuando el contenido el contenido de yesos sea inferior al 2%, según la NLT-115.

El contenido de sales solubles será aceptado en el intervalo 0.2% - 2% ya que estos porcentajes pueden darse en el caso de presentar el suelo una gran proporción de residuos de hormigones. Se limita por tanto la presencia de residuos potencialmente más inestables como es el yeso.

- Tamaño máximo no superior a cien milímetros ( $D_{max} < 100 \text{ mm}$ ).
- Cernido por el tamiz 0,40 UNE menor o igual que el quince por ciento ( $\# 0,40 < 15\%$ ) o que en caso contrario cumpla todas y cada una de las condiciones siguientes:
  - Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento ( $\# 2 < 80\%$ ).
  - Cernido por el tamiz 0,40 UNE, menor del setenta y cinco por ciento ( $\# 0,40 < 75\%$ ).
  - Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al veinticinco por ciento ( $\# 0,080 < 25\%$ ).



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

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

### 1.2.3 Suelo tolerable (SR-TOL)

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados, cumplen las condiciones siguientes:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento ( $MO < 2\%$ ), según UNE 103204.
- Contenido en yeso inferior al cinco por ciento ( $yeso < 5\%$ ), según NLT 115.
- Contenido en otras sales solubles distintas del yeso inferior al cuatro por ciento ( $SS < 4\%$ ), según NLT 114.

El contenido de sales solubles será aceptado en el intervalo 1- 4% ya que estos porcentajes pueden darse en el caso de presentar el suelo una gran proporción de residuos de hormigones. En este caso es imprescindible comprobar la limitación del contenido de yesos especificada.

- Límite líquido inferior a sesenta y cinco ( $LL < 65$ ), según UNE 103103.
- Si el límite líquido es superior a cuarenta ( $LL > 40$ ) el índice de plasticidad será mayor del setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido ( $IP > 0,73 (LL-20)$ ).
- Asiento en ensayo de colapso inferior al uno por ciento (1%), según NLT 254, para muestra remoldeada según el ensayo Proctor normal UNE 103500, y presión de ensayo de dos décimas de megapascal (0,2 MPa).
- Hinchamiento libre según UNE 103601 inferior al tres por ciento (3%), para muestra remoldeada según el ensayo Proctor normal UNE 103500.

## 1.3 Empleo

En los siguientes apartados se indican en qué zonas de los rellenos de los terraplenes se pueden emplear los suelos de reciclados de RCD definidos en estas recomendaciones

### 1.3.1 Uso por zonas

Teniendo en cuenta las condiciones básicas indicadas en el apartado 3.2 de este artículo, así como las que en su caso se exijan en el Pliego de Prescripciones



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Técnicas Particulares, se utilizarán, en las diferentes zonas del relleno tipo terraplén, los suelos que en este apartado se indican.

#### 1.3.1.1 *Coronación*

Se utilizarán suelos seleccionados y su capacidad de soporte será la requerida para el tipo de explanada previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y su índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, será como mínimo de cinco ( $CBR \geq 5$ ), según UNE 103502.

Cuando bajo la coronación exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles según UNE 103201 mayor del dos por ciento (2%), la coronación habrá de evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno tipo terraplén, bien por el propio tipo de material o bien mediante la utilización de medidas complementarias.

#### 1.3.1.2 *Cimiento*

En el cimiento se utilizarán suelos tolerables ó seleccionados siempre que las condiciones de drenaje o estanqueidad lo permitan, que las características del terreno de apoyo sean adecuadas para su puesta en obra y siempre que el índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres ( $CBR \geq 3$ ), según UNE 103502.

#### 1.3.1.3 *Núcleo*

Se utilizarán suelos tolerables o seleccionados, siempre que su índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres ( $CBR \geq 3$ ), según UNE 103502.

La utilización de suelos con índice CBR menor de tres ( $CBR < 3$ ) puede venir condicionada por problemas de resistencia, deformabilidad y puesta en obra, por lo que su empleo queda desaconsejado y en todo caso habrá de justificarse mediante un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras, conforme a lo indicado en el apartado 330.4.4 del PG-3.

#### 1.3.1.4 *Espaldones*

Se utilizarán materiales que satisfagan las condiciones que defina el Proyecto en cuanto a impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.

Cuando en el núcleo exista material expansivo o colapsable o con contenido en sulfatos solubles según UNE 103201 mayor del dos por ciento (2%), los espaldones



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

evitarán la infiltración de agua hacia el mismo, bien por el propio tipo de material, bien mediante la adopción de medidas complementarias.

### 1.3.2 *Grado de compactación*

El Proyecto, o en su defecto el Director de las Obras, señalará, entre el Proctor normal según UNE 103500 o el Proctor modificado según UNE 103501, el ensayo a considerar como Proctor de referencia. En caso de omisión se considerará como ensayo de referencia el Proctor modificado.

El ensayo Proctor se realizará sobre muestras de suelos humectadas previamente en el entorno de la prevista Proctor, y mantenidas en este estado de humedad un mínimo de una hora, tiempo que se incrementará lo necesario para garantizar que los áridos han completado su absorción de agua.

Los suelos podrán utilizarse según lo indicado en el punto anterior de forma que su densidad seca después de la compactación no sea inferior:

- En la zona de coronación, a la máxima obtenida en el ensayo Proctor de referencia.
- En las zonas de cimientó, núcleo y espaldones al noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida en dicho ensayo.

El Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras, podrán especificar justificadamente valores mínimos, superiores a los indicados, de las densidades después de la compactación en cada zona de terraplén en función de las características de los materiales a utilizar y de las propias de la obra.

### 1.3.3 *Humedad de puesta en obra*

La humedad de puesta en obra se establecerá teniendo en cuenta:

- La necesidad de obtener la densidad y el grado de saturación exigidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto en estas Recomendaciones.
- El comportamiento del material a largo plazo ante posibles cambios de dicha humedad (por ejemplo, expansividad o colapso).
- La humedad del material en la planta de tratamiento.

Hay residuos, como son los procedentes de la trituración de hormigones, que presentan una capacidad de absorción más lenta que la de los materiales naturales.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Esto supone, en muchos casos, que con dotaciones similares de humedad haya diferencias en la trabajabilidad de estos suelos dependiendo si estos áridos se encuentran o no saturados. Por ello, tanto para realizar los ensayos Proctor como para su puesta en obra, hay que asegurar que los áridos han completado su absorción, lo que se consigue con una humectación previa, sea en planta o en obra. De ser necesario, posteriormente en el proceso de extendido del suelo y previo a la compactación se añadirá al agua necesaria para conseguir la humedad óptima de compactación.

Salvo justificación especial o especificación en contra del Proyecto, la humedad, inmediatamente después de la compactación, será tal que el grado de saturación en ese instante se encuentre comprendido entre los valores del grado de saturación correspondientes, en el ensayo Proctor de referencia, a humedades de menos dos por ciento (-2%) y de más uno por ciento (+1%) de la óptima de dicho ensayo Proctor de referencia.

Se debe garantizar que los áridos del suelo hayan completado su proceso de absorción, por ello los suelos deben ser humectados, (y mantenidos en este estado el tiempo suficiente), previamente al proceso de compactación.

Para el mejor aprovechamiento de los materiales desde el punto de vista de su contenido de humedad, es recomendable que la humectación previa se realice en los acopios de la planta de tratamiento.

#### 1.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras

Los equipos de extendido, humectación y compactación serán suficientes para garantizar la ejecución de la obra de acuerdo con las exigencias de este artículo.

Previamente a la ejecución de los rellenos, el Contratista presentará un programa de trabajos en que se especificará, al menos:

- La documentación de la planta de tratamiento y transporte.
- Los equipos de extendido y compactación.
- Los procedimientos de compactación, para su aprobación por el Director de las Obras.

#### 1.5 Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 1.5.1 *Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.1 del PG-3.

#### 1.5.2 *Extensión de las tongadas*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.2 del PG-3.

#### 1.5.3 *Humectación o desecación*

Antes de su compactación, los suelos estarán suficientemente humectados en tiempo y dotación que permita garantizar que los áridos han completado su absorción de agua.

En el caso de que sea preciso añadir agua para conseguir el grado de compactación previsto, se efectuará esta operación humectando uniformemente los materiales, bien en la planta de tratamiento, bien en acopios intermedios o bien en la tongada, disponiendo los sistemas adecuados para asegurar la citada uniformidad (desmenuzamiento previo, uso de rodillos "pata de cabra", etc.).

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva, se tomarán las medidas adecuadas, para conseguir la compactación prevista, pudiéndose proceder a la desecación por oreo, o a la adición y mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas.

#### 1.5.4 *Compactación*

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Los valores de densidad y humedad a alcanzar serán los que se indican en los apartados 3.3.2 y 3.3.3 de estas recomendaciones, o los que, en su caso, fijen el Proyecto o el Director de las Obras.

Las zonas de trasdós de obra de fábrica, zanjas y aquellas, que por reducida extensión, u otras causas, no puedan compactarse con los medios habituales tendrá la consideración de rellenos localizados y se estará a lo dispuesto en el artículo 332, "Rellenos localizados" del PG-3.

### 1.6 **Limitaciones a la ejecución**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.7 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 1.7 Control de calidad

### 1.7.1 Control de procedencia del material

Es preceptivo que el material disponga de la certificación referida en el apartado 3.2.1 de estas recomendaciones.

El control de procedencia consistirá en:

- Control documental.
- Verificación de la planta de tratamiento.
- Ensayos de control de procedencia.

#### 1.7.1.1 Control documental

*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 lo solicitado en estas recomendaciones.*

*Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:*

*La certificación de que el productor es un gestor autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.*

*Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*

*El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física;*

*El certificado de suministro de materiales a obra, firmado por persona física;*

*Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al certificado de control de producción de estos productos*

En el anejo de documentación de suministro y control de este artículo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos, modelos de certificado del CPF y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

#### 1.7.1.2 Verificación de la instalación

Se realizará una visita de inspección de la instalación de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen de los residuos.
- Clasificación de los residuos.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Procedimiento del tratamiento.
- Control de producción.

#### 1.7.1.3 *Ensayos de control de procedencia*

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayará un mínimo de cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada diez mil metros cúbicos (10.000 m<sup>3</sup>) o fracción, de exceso sobre cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>).

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- UNE 103101 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- 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 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103302 Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo.
- UNE 103500 o 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación Proctor normal o Proctor modificado, según sea el ensayo exigido en obra
- UNE 103502 Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo.
- UNE 103601 Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.
- NLT 114 Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.
- NLT 115 Contenido de yeso en suelos.
- NLT 254 Ensayo de colapso en suelos.

#### 1.7.2 *Control de ejecución*

##### 1.7.2.1 *Control de fabricación / recepción*

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando las partidas que, a simple vista, presenten restos de residuos que alteren la clasificación de material



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

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, etc.

Los controles de recepción de los suelos podrán realizarse en los acopios de la planta de tratamiento, (fabricación), o a su llegada a obra, (recepción).

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

- Por cada mil metros cúbicos (1.000 m<sup>3</sup>) de material producido.
  - UNE 103500 o 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación Proctor normal o Proctor modificado, según sea el ensayo exigido en obra.
- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m<sup>3</sup>) de material producido.
  - UNE 103101 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
  - 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.
- Por cada diez mil metros cúbicos (10.000 m<sup>3</sup>) de material producido.
  - UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
  - UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
  - UNE 103302 Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo.
  - UNE 103502 Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo.
  - UNE 103601 Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.
  - NLT 114 Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.
  - NLT 115 Contenido de yeso en suelos.
  - NLT 254 Ensayo de colapso en suelos.

#### 1.7.2.2 *Puesta en obra*

Antes de verter los suelos, se comprobará su aspecto en cada elemento de transporte y se rechazarán todos los materiales que a simple vista se sospeche que no cumplan las especificaciones.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Se comprobarán frecuentemente:

- La humedad de los suelos, mediante procedimientos aceptados por el Director de las Obras:
  - A su llegada a obra.

En el momento de la compactación.

- La composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra y compactación, verificando:
  - Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
  - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
  - El número de pasadas de cada compactador.

#### 1.7.2.3 *Control de la compactación*

##### 1.7.2.3.1 *Generalidades*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.5.1 del PG-3.

##### 1.7.2.3.2 *Ensayos de referencia*

###### a) Ensayo de compactación Proctor

El Proyecto, o en su defecto el Director de las Obras, señalará, entre el Proctor normal (UNE 103500) o el Proctor modificado (UNE 103501), el ensayo a considerar como Proctor de referencia. En caso de omisión se considerará como ensayo de referencia el Proctor modificado. Estos ensayos se realizarán sobre los suelos previamente humectados como se indican en el apartado 3.3.2 de estas Recomendaciones.

En la planta de tratamiento se clasificarán los suelos que se enviarán a la obra en grupos similares. A estos efectos se considerarán similares aquellos suelos en los que se cumpla:

- Pertenencia al mismo tipo de clasificación definida en el apartado 3.2 de estas Recomendaciones.
- Rangos de variación de la densidad seca máxima en el ensayo Proctor de referencia no superiores al tres por ciento (3%).
- Rangos de variación de la humedad óptima en el ensayo Proctor de referencia no superiores al dos por ciento (2%).

Dentro de cada grupo se establecerán los correspondientes valores medios de la densidad seca máxima y de la humedad óptima que servirán de referencia para



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

efectuar el análisis de los resultados del control. Se determinará asimismo la zona de validez indicada en el apartado 330.6.5.4 del PG-3.

El volumen de cada uno de esos grupos será mayor de veinte mil metros cúbicos (20.000 m<sup>3</sup>). En caso contrario se recurrirá a otro procedimiento de control.

En el caso de que los materiales procedentes de una determinada planta de tratamiento no puedan agruparse de la forma anteriormente descrita ni sea posible separarlos para su aprovechamiento, no será aplicable el método de control de producto terminado mediante ensayos Proctor, debiéndose recurrir al empleo intensivo del ensayo de carga con placa según NLT 357, con alguno complementario como el de huella según NLT 256, o el método de control de procedimiento, según determine el Director de las Obras.

b) Ensayo de carga con placa

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.5.2 apartado b del PG-3.

c) Ensayo de la huella

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.5.2 apartado c del PG-3.

#### 1.7.2.3.3 *Determinación "in situ"*

a) Definición de lote

Dentro del tajo a controlar se define como "lote", que se aceptará o rechazará en conjunto, al menor que resulte de aplicar a una sola tongada de terraplén los siguientes criterios:

- Una longitud de carretera (una sola calzada en el caso de calzadas separadas) igual a quinientos metros (500 m).
- En el caso de la coronación una superficie de tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) y en el resto de las zonas, una superficie de cinco mil metros cuadrados (5.000 m<sup>2</sup>) si el terraplén es de menos de cinco metros (5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados (10.000 m<sup>2</sup>) en caso contrario. Descontando siempre en el conjunto de estas superficies unas franjas de dos metros (2 m) de ancho en los bordes de la calzada y los rellenos localizados según lo definido en el artículo 332, "Rellenos localizados" del PG-3.
- La fracción construida diariamente.
- La fracción construida con el mismo material, de la misma planta de tratamiento y con el mismo equipo y procedimiento de compactación.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Nunca se escogerá un lote compuesto de fracciones correspondientes a días ni tongadas distintas, siendo por tanto entero el número de lotes escogido por cada día y tongada.

b) Muestras y ensayos a realizar en cada lote

Dentro de la zona definida por el lote se escogen las siguientes muestras independientes:

- Muestra de superficie: Conjunto de cinco (5) puntos, tomados en forma aleatoria de la superficie definida como lote. En cada uno de estos puntos se determinará su humedad y densidad.
- Muestra de borde: En cada una de las bandas de borde se fijará un (1) punto por cada cien metros (100 m) o fracción. Estas muestras son independientes de las anteriores e independientes entre sí. En cada uno de estos puntos se determinará su humedad y densidad.
- Determinación de deformaciones: En coronación se hará un ensayo de carga con placa según NLT 357 por cada uno de los lotes definidos con anterioridad. En el resto de las zonas el Director de las Obras podrá elegir entre hacer un ensayo de placa de carga por cada lote o bien hacer otro tipo de ensayo en cada lote, como puede ser el de huella, de forma que estando convenientemente correlacionadas se exijan unos valores que garanticen los resultados del ensayo de placa de carga, aspecto este que se comprobará, al menos, cada cinco (5) lotes.

La determinación de deformaciones habrá de realizarse siempre sobre material en las condiciones de densidad y grado de saturación exigida, aspecto que en caso de duda, y en cualquier caso que el Director de las Obras así lo indique, habrá de comprobarse. Incluso se podrá obligar a eliminar la costra superior de material desecado antes de realizar el ensayo.

Para medir la densidad seca "in situ" podrán emplearse procedimientos de sustitución (método de la arena UNE 103503, método del densímetro, etcétera), o preferentemente métodos de alto rendimiento como los métodos nucleares con isótopos radiactivos. En todo caso, antes de utilizar estos últimos, se calibrarán sus resultados con las determinaciones dadas por los procedimientos de sustitución. Esta calibración habrá de ser realizada para cada uno de los grupos de materiales definidos en el apartado 3.5.5.3 a) de estas recomendaciones y se comprobará al menos una vez por cada diez (10) lotes ensayados. De forma análoga se procederá con los ensayos de humedad, por secado según UNE 103300 y nucleares.

Para espesores de tongada superiores a treinta centímetros (30 cm) habrá de garantizarse que la densidad y humedad medidas se corresponden con las del fondo de la tongada.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 1.7.2.3.4 *Análisis de los resultados*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.5.4 del PG-3.

### 1.8 **Medición y Abono**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.8 del PG-3.

### 1.9 **Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en estas recomendaciones, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Estos productos dispondrán, como mínimo, de las certificaciones referenciadas en el apartado 1.2.1 de estas recomendaciones.

## **NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO**

---

- UNE 103101 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- 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 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103302 Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo.
- UNE 103500 Geotecnia. Ensayo de compactación Proctor normal.
- UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación Proctor modificado.



---

**Departamento de Arquitectura e Infraestructuras**  
**Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras**

- UNE 103502 Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo.
- UNE 103503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103601 Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.
- NLT 114 Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.
- NLT 115 Contenido de yeso en suelos.
- NLT 254 Ensayo de colapso en suelos.
- NLT 256 Ensayo de huella en terrenos.
- NLT 357 Ensayo de carga con placa.



---

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **ANEJO: DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL**

---

- Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- Certificado de garantía del fabricante.
- Certificado de suministro del fabricante.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **Gestor autorizado**

Se adjunta modelo donde el productor declara que es Gestor autorizado para la valorización de residuos de la construcción y demolición.

## **Certificado de control de producción de los suelos**

Esta documentación consiste en:

- Certificado de conformidad del control de producción del suelo emitido por un Organismo Notificado para el mercado CE de los áridos acreditado por ENAC.

Se comprobará que el suelo que se empleará en la obra se encuentra relacionado en este certificado.

## **Certificado de garantía del fabricante**

Este documento es similar al de la declaración de conformidad, pero se refiere al producto que en particular se va a suministrar a una determinada obra.

## **Certificado de suministro**

El suministrador del suelo proporcionará un certificado final de suministro, en el que se recogerá la totalidad del producto suministrado.

El certificado de suministro deberá mantener la necesaria trazabilidad de los materiales o productos certificados.

A continuación, se adjunta:

- Fichas de características exigidas a cada uno de los dos tipos de suelos que servirá de referencia para analizar si lo declarado por el fabricante en su etiqueta cumple con lo solicitado en estas Recomendaciones
- Un modelo de declaración de gestor autorizado.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de garantía.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA DEL SR-SL (SUELO SELECCIONADO)

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda</p> </div>														
<b>EMPRESA</b> <b>DIRECCIÓN</b> XXXXXXXXX														
<b>CENTRO DE PRODUCCIÓN</b> XXXXXXXXXXXXX														
<p><b>Denominación:</b> Suelo seleccionado reciclado de RCD SR-SEL  <b>Tipo material:</b> Suelo seleccionado  <b>Uso previsto:</b> Explanadas de firmes de carreteras, relleno de zanjas,          explanada en vías ciclistas y caminos rurales.</p>														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;"><b>Composición</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>X</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>FI</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>Yeso</b></td> </tr> <tr> <td>UNE-EN 933-11</td> <td style="text-align: center;">&lt; 3%</td> <td style="text-align: center;">&lt; 2* cm<sup>3</sup>/kg</td> <td style="text-align: center;">&lt; 1%</td> </tr> </table> <p><small>* se rebajará a 0,5 cm<sup>3</sup> /kg cuando el suelo no vaya a ser cubierto por ninguna otra capa</small></p>	<b>Composición</b>	<b>X</b>	<b>FI</b>	<b>Yeso</b>	UNE-EN 933-11	< 3%	< 2* cm <sup>3</sup> /kg	< 1%						
<b>Composición</b>	<b>X</b>	<b>FI</b>	<b>Yeso</b>											
UNE-EN 933-11	< 3%	< 2* cm <sup>3</sup> /kg	< 1%											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;"><b>Granulometría</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>Dmax</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>≤ 100</b></td> </tr> <tr> <td>UNE-EN 933-1</td> <td style="text-align: center;"><b>#20</b></td> <td style="text-align: center;"><b>&gt; 70 %</b></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Además debe cumplir que:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>#0.40</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>&lt; 15 %</b></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">ó de no ser así:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>#2</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>&lt; 80 %</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>#0.40</b></td> <td style="text-align: center;"><b>&lt; 75 %</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>#0.080</b></td> <td style="text-align: center;"><b>&lt; 25 %</b></td> </tr> </table>	<b>Granulometría</b>	<b>Dmax</b>	<b>≤ 100</b>	UNE-EN 933-1	<b>#20</b>	<b>&gt; 70 %</b>	<b>#0.40</b>	<b>&lt; 15 %</b>	<b>#2</b>	<b>&lt; 80 %</b>	<b>#0.40</b>	<b>&lt; 75 %</b>	<b>#0.080</b>	<b>&lt; 25 %</b>
<b>Granulometría</b>	<b>Dmax</b>	<b>≤ 100</b>												
UNE-EN 933-1	<b>#20</b>	<b>&gt; 70 %</b>												
<b>#0.40</b>	<b>&lt; 15 %</b>													
<b>#2</b>	<b>&lt; 80 %</b>													
<b>#0.40</b>	<b>&lt; 75 %</b>													
<b>#0.080</b>	<b>&lt; 25 %</b>													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;"><b>Plasticidad de las partículas</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>LL</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>&lt; 30</b></td> </tr> <tr> <td>UNE 103103 / UNE 103104</td> <td style="text-align: center;"><b>IP</b></td> <td style="text-align: center;"><b>&lt; 10</b></td> </tr> </table>	<b>Plasticidad de las partículas</b>	<b>LL</b>	<b>&lt; 30</b>	UNE 103103 / UNE 103104	<b>IP</b>	<b>&lt; 10</b>								
<b>Plasticidad de las partículas</b>	<b>LL</b>	<b>&lt; 30</b>												
UNE 103103 / UNE 103104	<b>IP</b>	<b>&lt; 10</b>												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;"><b>Contenido en materia orgánica</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>&lt; 0,2 %</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>si procede de tierras de excavación</b></td> </tr> <tr> <td>UNE 103204</td> <td style="text-align: center;"><b>&lt; 1 %</b></td> <td style="text-align: center;"><b>si procede de RCD</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>&lt; 2 %</b></td> <td style="text-align: center;"><b>si contiene bituminoso</b></td> </tr> </table>	<b>Contenido en materia orgánica</b>	<b>&lt; 0,2 %</b>	<b>si procede de tierras de excavación</b>	UNE 103204	<b>&lt; 1 %</b>	<b>si procede de RCD</b>		<b>&lt; 2 %</b>	<b>si contiene bituminoso</b>					
<b>Contenido en materia orgánica</b>	<b>&lt; 0,2 %</b>	<b>si procede de tierras de excavación</b>												
UNE 103204	<b>&lt; 1 %</b>	<b>si procede de RCD</b>												
	<b>&lt; 2 %</b>	<b>si contiene bituminoso</b>												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;"><b>Sales Solubles</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>&lt; 2 %</b></td> </tr> <tr> <td>NLT 114</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Sales Solubles</b>	<b>&lt; 2 %</b>	NLT 114											
<b>Sales Solubles</b>	<b>&lt; 2 %</b>													
NLT 114														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;"><b>Contenido en yeso</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>&lt; 2 %</b></td> </tr> <tr> <td>NLT 115</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Contenido en yeso</b>	<b>&lt; 2 %</b>	NLT 115											
<b>Contenido en yeso</b>	<b>&lt; 2 %</b>													
NLT 115														



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA DEL SR – TOL (SUELO TOLERABLE)

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda</p> </div>									
<b>EMPRESA</b> <b>DIRECCIÓN</b> XXXXXXXXX									
<b>CENTRO DE PRODUCCIÓN</b> XXXXXXXXXXXXX									
<p><b>Denominación:</b> Suelo tolerable reciclado de RCD SR-TOL  <b>Tipo material:</b> Suelo tolerable  <b>Uso previsto:</b> Explanadas de firmes de carreteras, relleno de zanjas,          explanada en vías ciclistas y caminos rurales.</p>									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Composición</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>X</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>FI</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>Yeso</b></td> </tr> <tr> <td>UNE-EN 933-11</td> <td style="text-align: center;">&lt; 5%</td> <td style="text-align: center;">&lt; 2* cm<sup>3</sup>/kg</td> <td style="text-align: center;">&lt; 2%</td> </tr> </table> <p><small>* se rebajará a 0,5 cm<sup>3</sup>/kg cuando el suelo no vaya a ser cubierto por ninguna otra capa</small></p>	<b>Composición</b>	<b>X</b>	<b>FI</b>	<b>Yeso</b>	UNE-EN 933-11	< 5%	< 2* cm <sup>3</sup> /kg	< 2%	
<b>Composición</b>	<b>X</b>	<b>FI</b>	<b>Yeso</b>						
UNE-EN 933-11	< 5%	< 2* cm <sup>3</sup> /kg	< 2%						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;"><b>Granulometría de las partículas</b></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><b>#20</b></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><b>&gt; 70 %</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">ó</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UNE-EN 933-1</td> <td style="text-align: center;"><b>#0.080</b></td> <td style="text-align: center;"><b>&gt; 35 %</b></td> </tr> </table>	<b>Granulometría de las partículas</b>	<b>#20</b>	<b>&gt; 70 %</b>		ó		UNE-EN 933-1	<b>#0.080</b>	<b>&gt; 35 %</b>
<b>Granulometría de las partículas</b>	<b>#20</b>	<b>&gt; 70 %</b>							
	ó								
UNE-EN 933-1	<b>#0.080</b>	<b>&gt; 35 %</b>							
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>Asiento ens. Colapso</b></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>&lt; 1* %</b></td> </tr> <tr> <td>NLT 254</td> <td></td> </tr> </table> <p><small>* para muestra remoldeada según el ensayo Práctor Normal UNE 103500 y presión de 0,2 Mpa</small></p>	<b>Asiento ens. Colapso</b>	<b>&lt; 1* %</b>	NLT 254						
<b>Asiento ens. Colapso</b>	<b>&lt; 1* %</b>								
NLT 254									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>Hinchamiento libre</b></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>&lt; 3* %</b></td> </tr> <tr> <td>UNE 103601</td> <td></td> </tr> </table> <p><small>* para muestra remoldeada según el ensayo Práctor Normal UNE 103500</small></p>	<b>Hinchamiento libre</b>	<b>&lt; 3* %</b>	UNE 103601						
<b>Hinchamiento libre</b>	<b>&lt; 3* %</b>								
UNE 103601									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 45%;"><b>Plasticidad</b></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><b>LL</b></td> <td style="width: 45%; text-align: center;"><b>&lt; 65</b></td> </tr> <tr> <td>UNE 103103 / UNE 103104</td> <td style="text-align: center;">si LL&gt;40</td> <td style="text-align: center;">IP &gt; 0,73 (LL-20)</td> </tr> </table>	<b>Plasticidad</b>	<b>LL</b>	<b>&lt; 65</b>	UNE 103103 / UNE 103104	si LL>40	IP > 0,73 (LL-20)			
<b>Plasticidad</b>	<b>LL</b>	<b>&lt; 65</b>							
UNE 103103 / UNE 103104	si LL>40	IP > 0,73 (LL-20)							
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>Contenido en materia orgánica</b></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>&lt; 2 %</b></td> </tr> <tr> <td>UNE 103204</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Contenido en materia orgánica</b>	<b>&lt; 2 %</b>	UNE 103204						
<b>Contenido en materia orgánica</b>	<b>&lt; 2 %</b>								
UNE 103204									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>Sales solubles</b></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>&lt; 4 %</b></td> </tr> <tr> <td>NLT 114</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Sales solubles</b>	<b>&lt; 4 %</b>	NLT 114						
<b>Sales solubles</b>	<b>&lt; 4 %</b>								
NLT 114									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>Contenido en yeso</b></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>&lt; 5 %</b></td> </tr> <tr> <td>NLT 115</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Contenido en yeso</b>	<b>&lt; 5 %</b>	NLT 115						
<b>Contenido en yeso</b>	<b>&lt; 5 %</b>								
NLT 115									



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Dirección

Cliente: Nombre del cliente

Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 2XXX

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

<b>Designación</b>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

<b>Producto sin Marcado CE</b>	
Declaración de Prestaciones	<input type="checkbox"/>
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	<input type="checkbox"/>

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:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

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:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 2 Zahorras artificiales de reciclados de RCD

---

### 2.1 Definición y Clasificación

Se define como zahorra el material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme.

En estas Recomendaciones se definen tres tipos de zahorras de materiales reciclados, su clasificación se realiza según los criterios de la norma UNE EN 13242:2003+A1:2008.

La categoría de un material de 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.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- Rc = Hormigón, productos de hormigón, morteros  
Unidades de albañilería de hormigón
- Ru = Áridos no tratados, piedra natural.  
Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos
- Rb = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).  
Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio  
Hormigón aireado no flotante.
- Ra = Materiales bituminosos.
- Rg = Vidrio
- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)  
Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.  
Yeso

Los tipos de zahorras de reciclado especificados en estas recomendaciones son:

- **Zahorra artificial reciclada de hormigón, (ZARHor)** al constituido por trituración exclusiva de residuos de hormigón:

La categoría de este material, según la norma UNE EN 13242:2003+A1:2008 se especifica como  $(Rc+Ru)_{90}$ ,  $X_{1-}$ ,  $FL_{1-}$ . El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- $Rc+Ru \geq 90$  % en masa
- $X < 1\%$  en masa
- $FL < 1 \text{ cm}^3/\text{kg}$
- **Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD, (ZARM I)**, al constituido por trituración controlada de residuos de RCD.

La categoría de este material, según la norma UNE EN 13242: 2003+A1:2008 se especifica como  $(Rc+Ru+Ra)_{70}$ ,  $(Rc+Ru)_{55}$ ,  $X_{1-}$ ,  $FL_{1-}$ . El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

- $Rc+Ru+Ra \geq 70$  % en masa
- $Rc+Ru \geq 55$  % en masa
- $X < 1\%$  en masa
- $FL < 1 \text{ cm}^3/\text{kg}$ .
- **Zahorra artificial reciclada mixta Tipo II de RCD, (ZARM II)**, al constituido por trituración controlada de residuos de RCD.

La categoría de este material, según la norma UNE EN 13242:2003+A1:2008 se especifica como  $(Rc+Ru+Ra)_{70}$ ,  $(Rc+Ru)_{55}$ ,  $X_{2-}$ ,  $FL_{2-}$ . El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

- $Rc+Ru+Ra \geq 70$  % en masa
- $Rc+Ru \geq 55$  % en masa
- $X < 2\%$  en masa
- $FL < 2 \text{ cm}^3/\text{kg}$ .

## 2.2 Materiales

**NORMA UNE EN 13242:2003+A1:2008**

**OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN. NOTA 1**

*Los áridos empleados en construcción deberían cumplir con todos los requisitos de esta norma europea. El mandato M/125 "Áridos" incluye áridos reciclados y algunos materiales de procedencia nueva o no habitual así como los áridos naturales y artificiales conocidos y tradicionales. Los áridos reciclados se incluyen en las normas, existiendo para ellos normas de métodos de ensayo específicas que se encuentran en estado avanzado de elaboración. Para materiales no habituales de*

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

*origen secundario, sin embargo, el trabajo de normalización ha empezado recientemente y se necesita más tiempo para definir claramente la procedencia y características de estos materiales. Durante este tiempo, estos materiales no habituales, cuando se comercialicen como áridos deben cumplir totalmente con esta norma y con la reglamentación nacional sobre sustancias peligrosas (véase el anexo ZA de esta norma) dependiendo de su uso previsto. Se pueden pedir características y requisitos específicos caso por caso dependiendo de la experiencia de uso del producto, siempre que se encuentren definidos en documentos contractuales.*

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

### 2.2.1 Características generales

Estos materiales podrán utilizarse para las categorías de tráfico pesado T2 a T4, siempre que cumplan las prescripciones técnicas de estas recomendaciones y dispongan del obligado marcado CE.

Las zahorras denominadas ZARHor y la mixta ZARM I podrán emplearse en las capas de firme y en contacto con las asfálticas y de hormigón, la ZARM II obligatoriamente deberá estar debajo de una de las anteriores zahorras o de una zahorra natural, pero nunca en contacto directo con las capas superiores asfálticas o de hormigón.

La pérdida en el ensayo de sulfato de magnesio (UNE EN 1367-2) no superará el dieciocho por ciento ( $\leq 18\%$ ).

Los materiales para las capas de zahorra 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 a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

El gestor de valoración de estos materiales reciclados garantizará que no posean sustancias incompatibles para su empleo como áridos para construcción, lo que queda implícitamente recogido en las certificaciones que estas Recomendaciones exigen, como es el marcado CE, para los áridos recogidos en el Reglamento de productos para la construcción, o el certificado AGRECA o similar para los áridos no recogidos en esta normativa.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 2.2.2 Limpieza (Contenido de impurezas)

Los materiales estarán exentos de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El contenido de finos del árido grueso (norma UNE-EN 933-1), expresado como porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, será inferior al uno por ciento (< 1%) en masa.

### 2.2.3 Calidad de los finos

El equivalente de arena (SE4), según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-8, de los tres tipos de zahorra (la de hormigón y las mixtas de RCD) deberán cumplir lo indicado en la siguiente tabla número 1.1. De no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno, según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10), y simultáneamente, el equivalente de arena no deberá ser inferior en más de cinco unidades a los valores indicados en la tabla 1.1.

TABLA 1.1 -EQUIVALENTE DE ARENA DE LAS ZAHORRAS

ZARHor	ZARM I	ZARM II
EA > 35*	EA > 30	EA > 25

\*Este valor podrá disminuirse en 5 unidades siempre y cuando el azul de metileno (UNE-EN 933-9) sea inferior a 10.

### 2.2.4 Plasticidad

Las zahorras ZARHor y la ZARM I serán no plásticas (normas UNE 103103 y UNE 103104)

La zahorra ZARM II podrá ser plástica con las siguientes limitaciones:

- Límite líquido (UNE 103103) inferior a 25 (LL<25)
- Índice de plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104) inferior a 6 (IP<6)

### 2.2.5 Capacidad Soporte (Índice CBR)

Los índices CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, serán:

- Para las zahorras ZARHor y ZARM I > 40
- Para la zahorra ZARM II > 20

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 2.2.6 Requisitos geométricos

### 2.2.6.1 Granulometría

La granulometría de las zahorras, determinada según la norma UNE EN 933-1, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en la tabla 1.2 para las ZARHor y ZARM I y en la tabla 1.3 para las ZARM II

TABLA 1.2 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS ZAHORRAS ZARHor y ZARM I

ZARHor ZARM I	Abertura de tamices UNE-EN 933-2 (mm)									
	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,25	0,063
<b>0/32</b>	100	88-100	65-90	52-76	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9
<b>0/20</b>		100	75-100	60-86	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9
<b>ZAD 0/20</b>		100	65-100	47-78	30-58	14-37	0-15	0-6	0-4	0-2

TABLA 1.3 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LA ZAHORRA ZARM II

ZARM II	Abertura de tamices UNE-EN 933-2 (mm)											
	56	45	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,25	0,063
<b>0/40</b>	100	85-100	75-99	68-95	56-85	44-74	35-63	22-46	15-35	7-23	4-18	0-9
<b>0/32</b>	-	100	87-100	75-99	62-91	50-79	40-68	27-51	20-40	7-26	4-20	0-11
<b>0/20</b>	-	-	-	100	71-97	55-84	45-75	32-61	25-50	10-32	5-24	0-11

*En el anejo primero de estas recomendaciones figuran los gráficos de los husos granulométricos indicados.*

Las designaciones de las zahorras se hacen según el apartado 4.2 Tamaño de árido de la norma UNE EN 13242:2003+A1:2008. Las categorías decididas para esos áridos combinados es la GA 75.

En todos los casos, el cernido por el tamiz 0.063 mm de la UNE-EN 933-2 será menor que los dos tercios ( $< 2/3$ ) del cernido por el tamiz 0.250 mm de la UNE-EN 933-2.

### 2.2.6.2 Forma del árido grueso

La forma del árido grueso debe ser determinada mediante el índice de lajas, según la norma UNE-EN 933-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Para los tres tipos de zahorra la categoría mínima será la indicada en la tabla 1.4.

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

Índice de lajas	Categoría (FI)
$\leq 35$	$F_{35}$

2.2.6.3 *Porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos*

El porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y el porcentaje de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos, se determinarán según la norma UNE-EN 933-5.

Para los tres tipos de zahorras las categorías mínimas serán las indicadas en la tabla 1.5

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

Partículas trituradas.	TIPO DE ÁRIDO	CATEGORÍA DE TRÁFICO	
		T2	T3-T4
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	ZARHor	> 70	> 50
	ZARM I		
	ZARM II	-	
Partículas totalmente redondeadas (%)	ZARHor	< 10	
	ZARM I		
	ZARM II	< 50	

2.2.7 *Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación*

La resistencia a la fragmentación se debe determinar por medio del coeficiente de los Ángeles, de acuerdo con la norma UNE-EN 1097-2

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Los coeficientes de desgaste los Ángeles de los tres tipos de zahorra, no deberán de superar las categorías indicadas en la tabla número 1.6

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

Coeficiente de los Ángeles.				
TIPO DE ZAHORRA	Capas granulares de firmes			Carril bici y vías peatonales urbanas
	T2	T3	T4	
ZARHor	< 35		< 40	
ZARM I			< 40	
ZARM II			< 40	< 45

#### 2.2.8 Requisitos químicos.

##### 2.2.8.1 Compuestos de azufre

Los contenidos en compuestos de azufre se determinarán según los siguientes dos ensayos:

- Determinación del contenido total de azufre expresado como % SO<sub>3</sub> (UNE-EN 1744-1 apartado 11)
- Determinación de los sulfatos solubles en agua en áridos reciclados expresados como %SO<sub>4</sub> (UNE-EN 1744-1 apartado 10.2)

Los contenidos de los compuestos de azufre, así determinados, serán inferiores a los indicados en la tabla número 1.7

TABLA 1.7 – CONTENIDOS MÁXIMOS EN COMPUESTOS DE AZUFRE

Tipo de zahorra	Situación de obra	Contenido de azufre total (% SO <sub>3</sub> )	Categoría (S)	Contenido en sulfatos solubles en agua (% SO <sub>4</sub> )	Categoría (SS)
ZARHor y ZARMI	-	≤ 1,3	S <sub>1,3</sub>	≤ 0,7	SS <sub>0,7</sub>

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

	En contacto con una capa tratada con cemento o una estructura de hormigón.		-	$\leq 0,5$	-
ZARMII	-	$\leq 1,8$	$S_{1,8}$	$\leq 0,7$	$SS_{0,7}$
	En contacto con una capa tratada con cemento o una estructura de hormigón.			$\leq 0,5$	

#### 2.2.8.2 *Materia orgánica*

Los contenidos en materia orgánica (UNE 103204), serán:

- Para las zahorras ZARHor y ZARM I < 1%
- Para la zahorra ZARM II < 2% (\*)

(\*) Siempre que se justifique que estos porcentajes de materia orgánica procedan de la presencia de materiales bituminosos.

### 2.3 **Equipo necesario para la ejecución de las obras**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4 del PG-3.

#### 2.3.1 *Consideraciones generales*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.1 del PG-3.

#### 2.3.2 *Central de fabricación de las zahorras recicladas*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.2 del PG-3.

#### 2.3.3 *Elementos de transporte*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.3 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 2.3.4 Equipos de extensión

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.4 del PG-3.

#### 2.3.5 Equipos de compactación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.4.5 del PG-3.

### 2.4 Ejecución de las obras

#### 2.4.1 Estudio del material y obtención de la Fórmula de Trabajo

El ensayo Próctor se realiza en el laboratorio preparando porciones de la muestra de ensayo con distintos grados de humedad, que posteriormente serán compactados con una determinada energía, según el procedimiento normalizado, normal o modificado.

Las humectaciones y compactaciones de estas porciones de muestras de acuerdo con el procedimiento mencionado se hacen sin ningún “tiempo de maduración”, de tal manera que una vez amasada la porción de ensayo con la dotación de agua calculada se procede a su compactación.

Los materiales procedentes del reciclado de RCD presentan un coeficiente de absorción de agua superior a los habituales de los áridos naturales. Esta absorción de agua, además, se produce de una manera más lenta que en el caso de los naturales, lo que afecta al procedimiento de los ensayos de compactación Próctor. El tiempo que transcurre en el laboratorio desde el amasado de las distintas porciones de la muestra de ensayo hasta su compactación en el molde no es suficiente para que se produzca la total absorción de agua por los áridos; en consecuencia, la humedad óptima que se determina, si partimos de muestras no suficientemente saturadas, es inferior a la necesaria para conseguir una correcta compactación en obra.

Por ello, los ensayos Próctor para estos materiales hay que realizarlos tras una saturación previa, lo que se indica como ensayo Próctor “tras saturación”. Deberán mantenerse en el estado de humedad un mínimo de una hora, tiempo que se incrementará lo necesario para garantizar que los áridos han completado su absorción de agua.

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.5.1 del PG-3, con la siguiente modificación:

La humedad de puesta en obra y compactación se determinará con el ensayo de Proctor modificado UNE 103501, sobre las zahorras previamente humectadas con una

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

dotación de agua en el entorno de la humedad óptima, (Proctor modificado “tras saturación”).

#### 2.4.2 *Preparación de la superficie que va a recibir la zahorra*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.5.2 del PG-3.

#### 2.4.3 *Preparación del material*

Cuando las zahorras se fabriquen en central, el material previo a su amasado se encontrará humectado en el acopio en el entorno de la humedad óptima. En caso de faltarle algo de agua, ésta se le adicionará en la obra.

En los demás casos la zahorra estará humectada, en el entorno de la humedad óptima en los acopios de los que partirá a obra. En caso necesario, antes de extender una tongada se procederá a su homogeneización y ajuste de humedad; para ello se emplearán 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.

#### 2.4.4 *Vertido y extensión de la zahorra*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.5.5 del PG-3.

#### 2.4.5 *Compactación de la zahorra*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.5.6 del PG-3.

#### 2.4.6 *Protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.5.7 del PG-3.

### 2.5 **Tramo de prueba**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.6 del PG-3.

### 2.6 **Especificaciones de la unidad terminada**

#### 2.6.1 *Densidad*

Para las zahorras ZARHor y ZARM I, la compactación deberá alcanzar una densidad no inferior al cien por cien (100%) de la máxima de referencia, obtenida en el ensayo Proctor modificado, según UNE 103501 realizado sobre la zahorra previamente humectada.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

En el caso de la zahorra ZARM II, o cuando las zahorras ZARHor y ZARM I se vayan a emplear en calzadas de carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 o en arcenes, se podrá admitir una densidad no inferior al noventa y ocho por ciento (98%) de la máxima de referencia obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501 realizado sobre la zahorra previamente humectada.

### 2.6.2 Capacidad de soporte

El valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa (Ev2), según la UNE-EN 103808 será superior al menor valor de los siguientes:

- Los especificados en la tabla 1.8, establecida según las categorías de tráfico pesado.

TABLA 1.8 - VALOR MÍNIMO DEL MÓDULO Ev2 (MPa)

TIPO DE ZAHORRA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T2	T3	T4 y arcenes
ZARHor y ZARM I	150	120	100
ZARM II		80	80

- 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, ( $K \leq 2.2$ ), 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.

### 2.6.3 Rasante, espesor y anchura

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.7.3 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 2.6.4 Regularidad superficial

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.7.4 del PG-3.

### 2.7 Limitaciones de la ejecución

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.8 del PG-3.

### 2.8 Control de calidad

#### 2.8.1 Control de procedencia del material

Es preceptivo que el material disponga del marcado CE.

El control de procedencia consistirá en:

- Control documental.
- Visita de verificación de la instalación de fabricación de la zahorra.
- Ensayos de control de procedencia.

##### 2.8.1.1 Control documental

*Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la 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 del Reglamento de Productos para la Construcción que afecten a los productos suministrados.*

En el anejo 2 de documentación de suministro y control de estas recomendaciones se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de mercado CE para las zahorras y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 2.8.1.2 Verificación de la instalación

Se realizará una visita de inspección de la instalación de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen de los residuos.
- Clasificación de los residuos.
- Procedimiento del tratamiento.
- Control de producción.

#### 2.8.1.3 Ensayos de control de procedencia

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayará un mínimo de cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada diez mil metros cúbicos (10.000 m<sup>3</sup>) o fracción, de exceso sobre cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>).

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la norma UNE-EN 13242. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3.
- Partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5.
- Humedad natural, según la UNE-EN 1097-5.
- Contenido de azufre total UNE-EN 1744-1. Apartado 11
- Sulfatos solubles en agua en áridos reciclados UNE-EN 1744-1. Apartado 10.2
- Pérdida en el ensayo de sulfato de magnesio (UNE EN 1367-2)



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 2.8.2 Control de ejecución

### 2.8.2.1 Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando las partidas que, a simple vista, presenten 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, lascas, plasticidad, etc.

En su caso, se vigilará la altura de los acopios, el estado de sus separadores y de sus accesos.

En el caso de las zavorras artificiales preparadas en central se llevará a cabo la toma de muestras a la salida del mezclador. En los demás casos se podrá llevar a cabo la toma de muestras en los acopios.

Para el control de fabricación se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada mil metros cúbicos (1.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:
  - Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
  - Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o una (1) vez a la semana si se fabricase menos material:
  - 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.
  - Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
  - Proctor modificado, según la UNE 103501
  - Índice de lascas, según la UNE-EN 933-3
  - Partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5
  - Humedad natural, según la UNE-EN 1097-5.
  - Proporción de los componentes en los áridos gruesos reciclados, según la UNE-EN 933-11.
  - Contenido de azufre total UNE-EN 1744-1. Apartado 11



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Sulfatos solubles en agua en áridos reciclados UNE-EN 1744-1. Apartado 10.2
- Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.

El Director de las Obras podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad (1/2) si considerase que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recepción de la unidad terminada (apartado 510.9.3) se hubieran aprobado diez (10) lotes consecutivos.

#### 2.8.2.2 *Puesta en obra*

Antes de verter la zahorra, se comprobará su aspecto en cada elemento de transporte y se rechazarán todos los materiales segregados.

Se comprobarán frecuentemente:

- El espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras.
- La humedad de la zahorra, mediante procedimientos aceptados por el Director de las Obras:
  - A su llegada a obra.
  - En el momento de la compactación.
- La composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra y compactación, verificando:
  - Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
  - El lastre y la masa total de los compactadores.
  - La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
  - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
  - El número de pasadas de cada compactador.

#### 2.8.3 *Control de recepción de la unidad terminada*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes a una (1) sola tongada de zahorra:

- Una longitud de quinientos metros (500 m) de calzada.
- Una superficie de tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- La fracción construida diariamente.

La realización de los ensayos in situ y la toma de muestras se hará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal; de tal forma que haya al menos una toma o ensayo por cada hectómetro (1/hm).

Si durante la construcción se observaran defectos localizados, tales como blandones, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) por cada lote. En el caso de usarse sonda nuclear u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente calibrados en la realización del tramo de prueba. En los mismos puntos donde se realice el control de la densidad se determinará el espesor de la capa de zahorra.

Se realizará un (1) ensayo de carga con placa, según la UNE 103808, sobre cada lote. Se llevará a cabo una determinación de humedad natural en el mismo lugar en que se realice el ensayo de carga con placa.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 510.7.4.

## 2.9 Criterios de aceptación o rechazo

### 2.9.1 Densidad

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.10.1 del PG-3.

Los valores de densidad y humedad de referencia serán los determinados con el Proctor modificado tras saturación, como se indica en el apartado 1.4.1 de estas Recomendaciones.

### 2.9.2 Capacidad de soporte

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.10.2 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 2.9.3 *Espesor*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.10.3 del PG-3.

### 2.9.4 *Rasante*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.10.4 del PG-3.

### 2.9.5 *Regularidad superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.10.5 del PG-3.

## 2.10 **Medición y Abono**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 510.11 del PG-3.

## 2.11 **Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Estos productos dispondrán, como mínimo, del obligado marcado CE

Si, además del marcado CE, los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles -públicos y privados- autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/95, de 28 de diciembre.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO

---

- NLT-330 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.
- 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 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103503 Determinación “in situ” de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103808 Ensayo de carga vertical de suelos mediante placa estática.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del 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 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.
- UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.



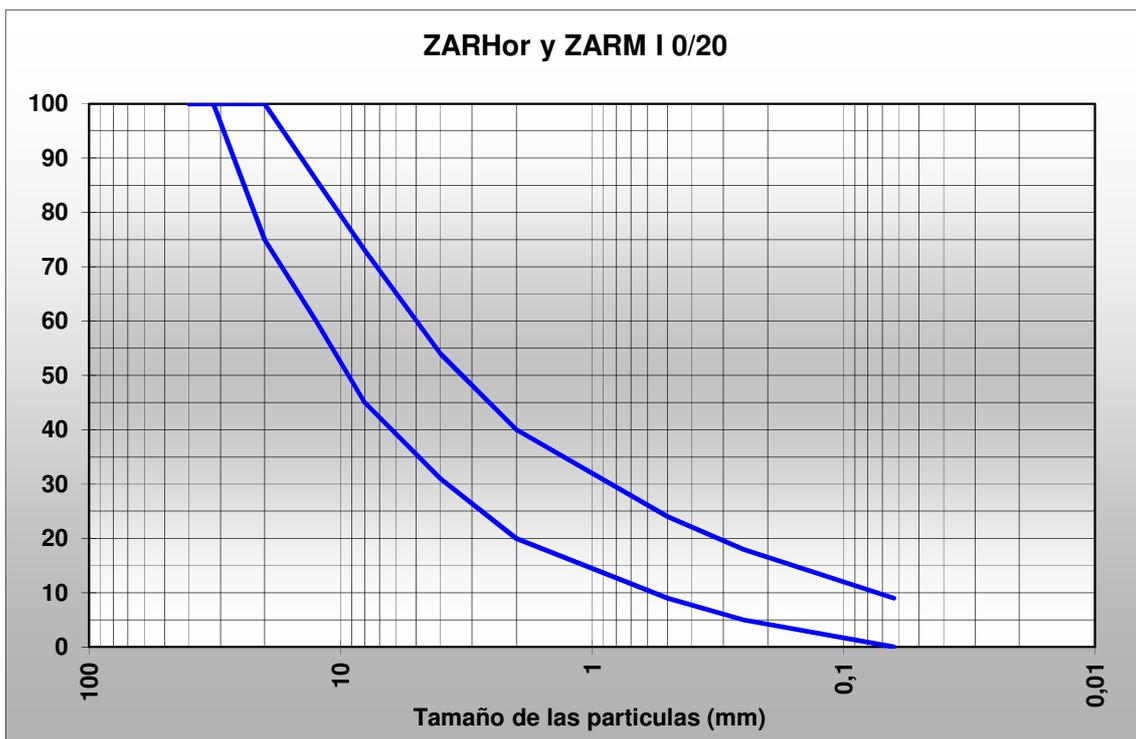
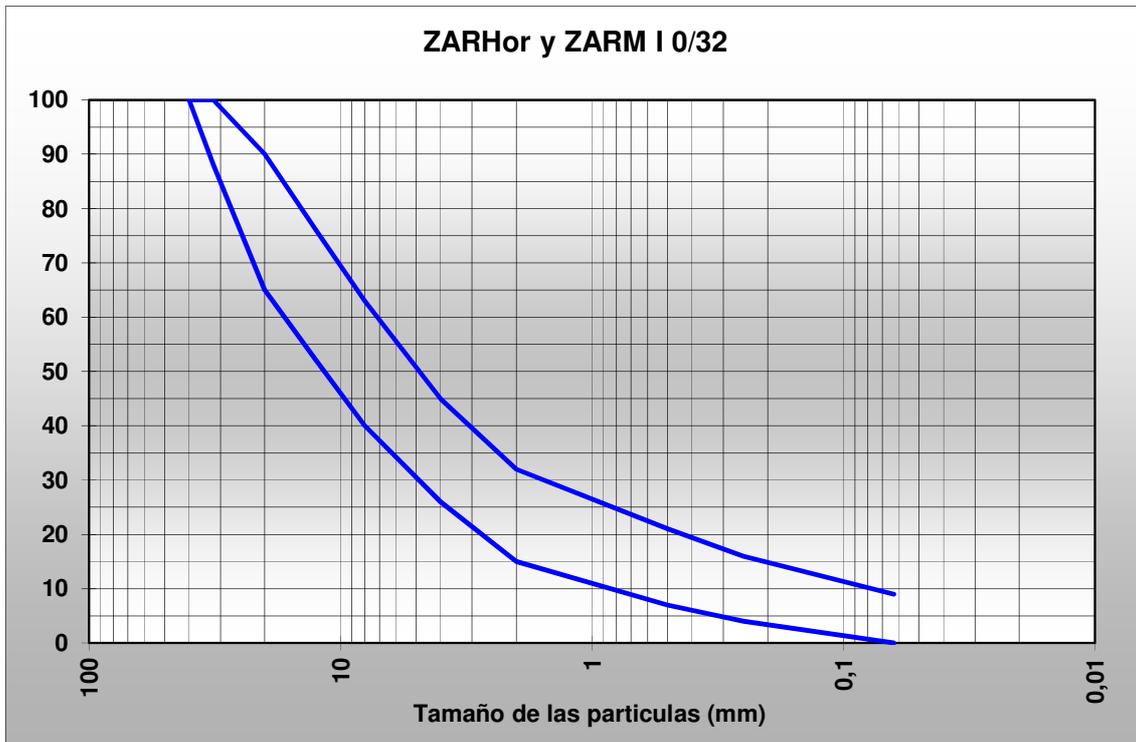
Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- 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.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.
- UNE-EN 1367-2 Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 2: Ensayo de sulfato de magnesio.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE-EN 13242 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
- UNE-EN 13286-2 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 2: Métodos de ensayo para la determinación en laboratorio de la densidad de referencia y el contenido en agua. Compactación Proctor.



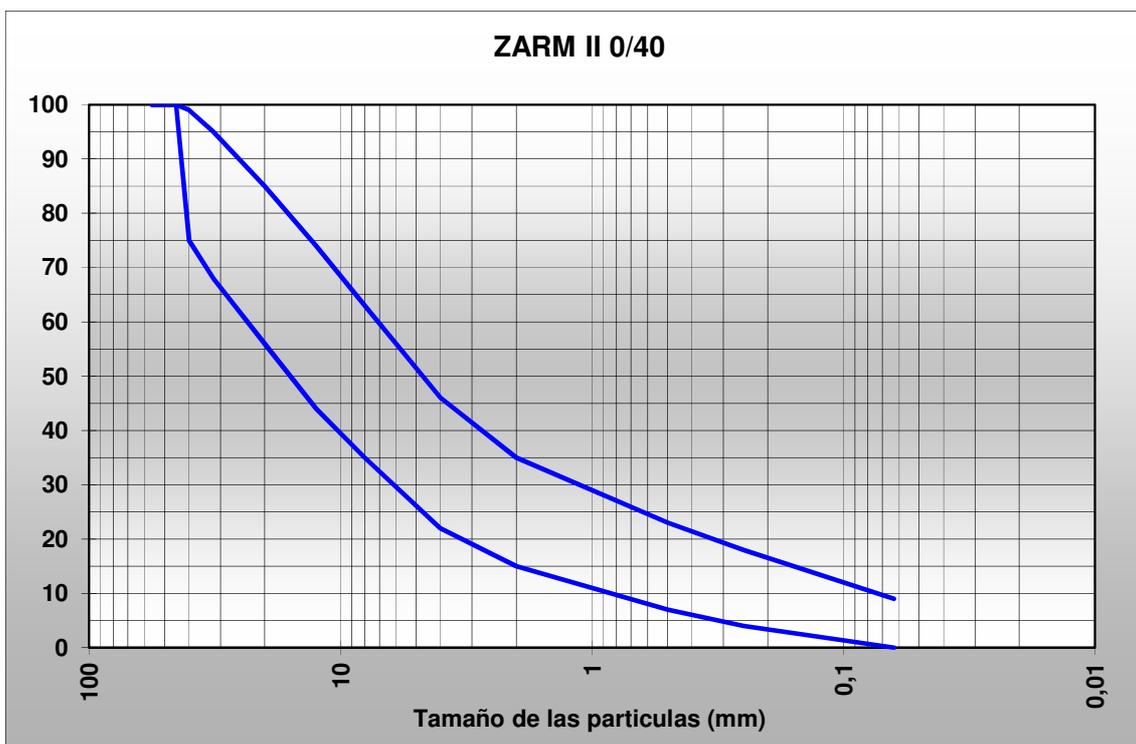
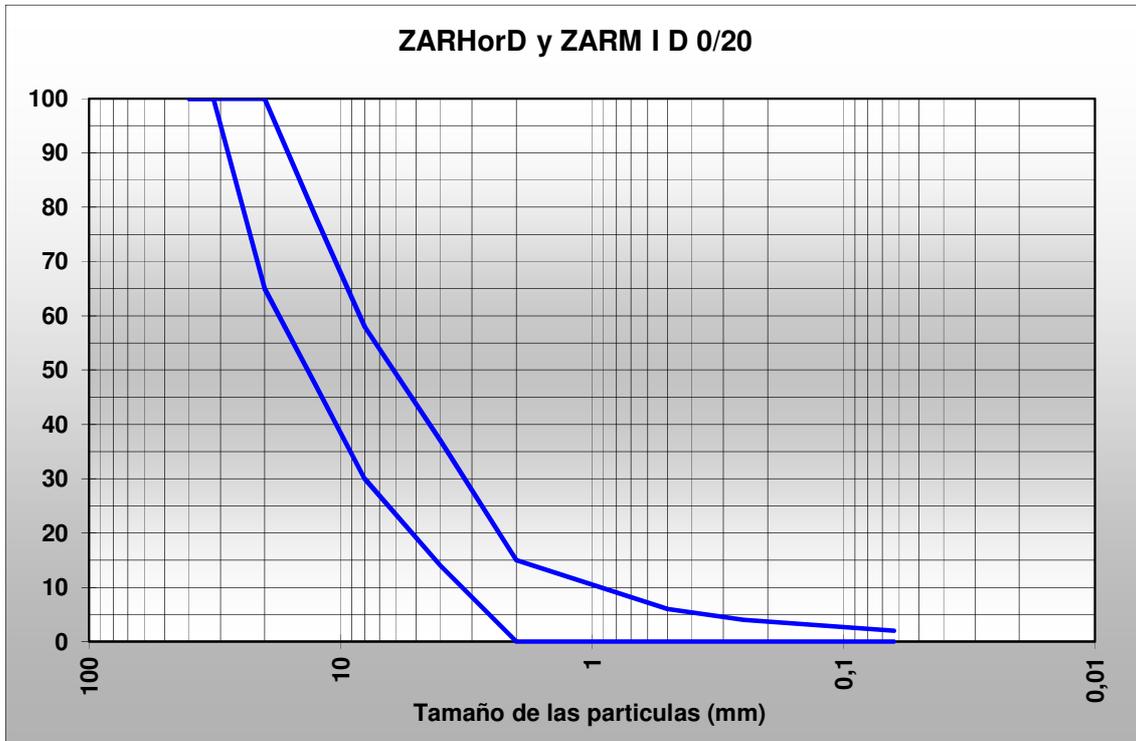
Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## ANEJO 1. HUSOS GRANULOMÉTRICOS



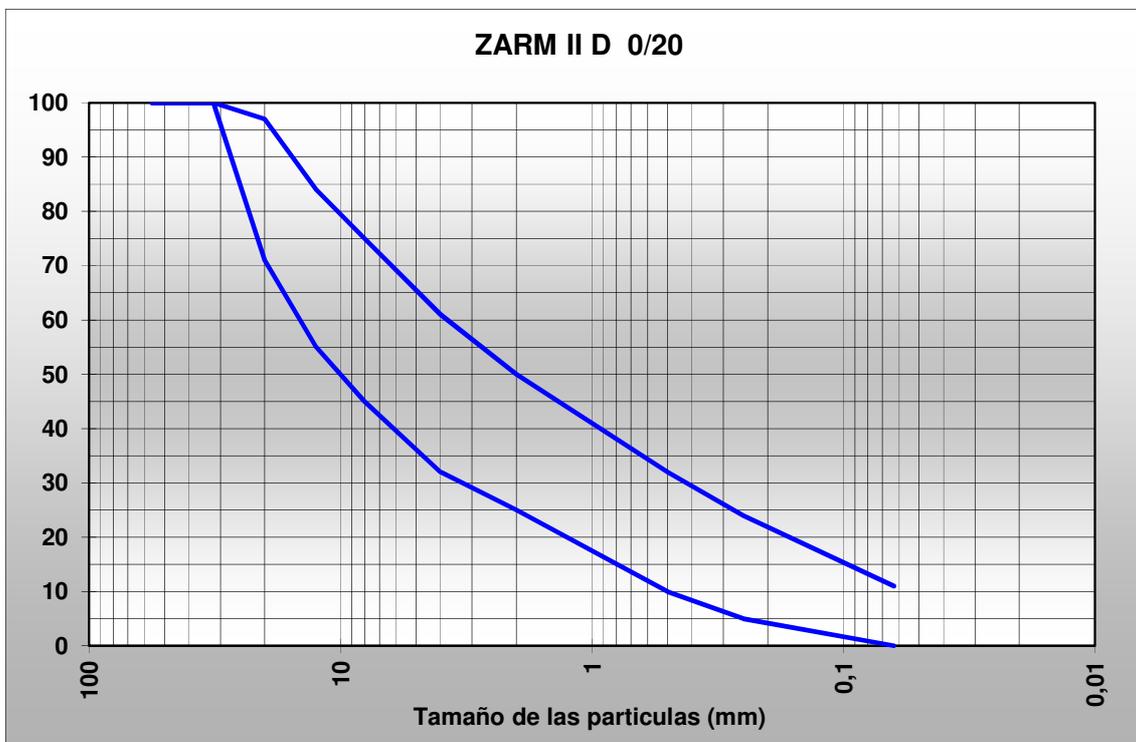
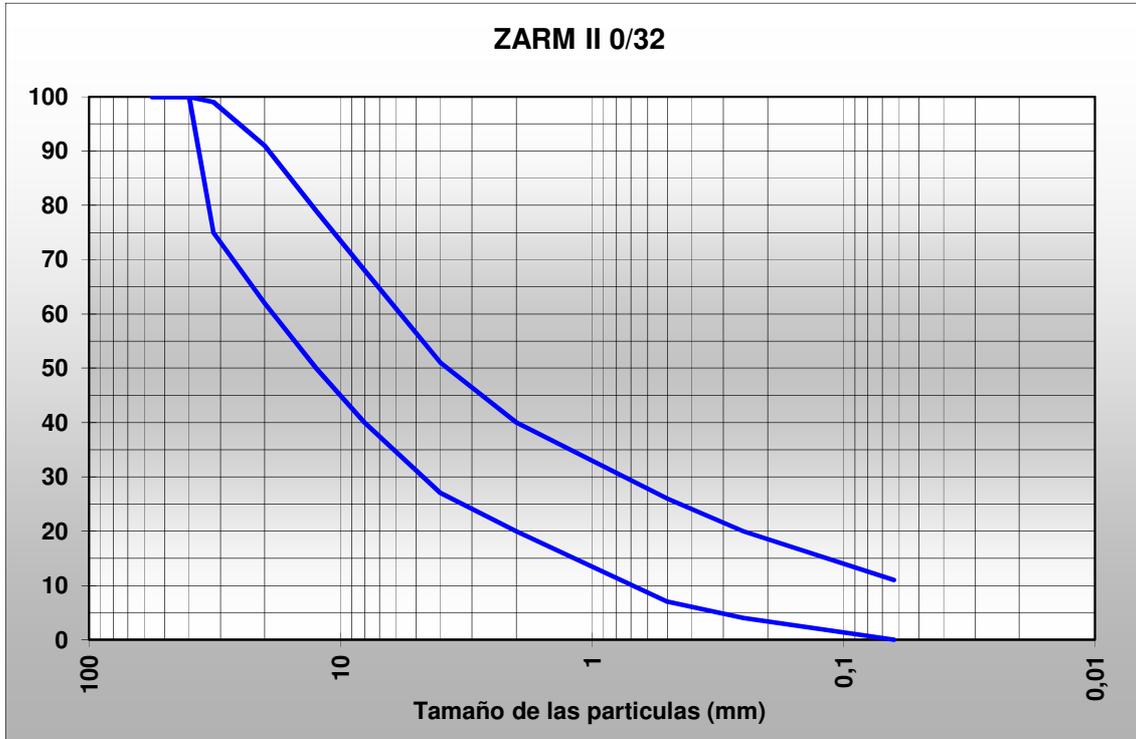


Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras





Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras





---

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **ANEJO 2. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL**

---

- Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- Documentos Marcado CE.
- Certificado de garantía del fabricante.
- Certificado de suministro del fabricante.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **GESTOR AUTORIZADO**

Se adjunta modelo donde el productor declara que es Gestor autorizado para la valorización de residuos de la construcción y demolición.

## **MARCADO CE**

En este caso de las zehorras, es obligado disponer del marcado CE.

Esta documentación del marcado CE consiste en:

- Etiqueta CE. De acuerdo con la norma de aplicación a cada producto.
- Declaración de prestaciones
- Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.

Se comprobará que la zehorra que se empleará en la obra se encuentra relacionada en este certificado.

## **CERTIFICADO DE GARANTÍA DEL FABRICANTE**

Este documento es similar al de la declaración de prestaciones, pero se refiere al producto que en particular se va a suministrar a una determinada obra.

## **CERTIFICADO DE SUMINISTRO**

El suministrador de la zehorra proporcionará un certificado final de suministro, en el que se recogerá la totalidad del producto suministrado.

El certificado de suministro deberá mantener la necesaria trazabilidad de los materiales o productos certificados.

A continuación, se adjunta:

- Fichas de características exigidas a cada una de los tres tipos de zehorras que servirá de referencia para analizar si lo declarado por el fabricante en su etiqueta CE cumple con lo solicitado en estas Recomendaciones
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de garantía.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA DE CARACTERÍSTICAS DE LA ZARHor

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">                 Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda             </div>																																																																																	
EMPRESA DIRECCIÓN XXXXXXXXXX																																																																																	
CENTRO DE PRODUCCIÓN XXXXXXXXXXXX																																																																																	
<p>Denominación: Zahorra artificial reciclada de hormigón ZARHor                  Tipo material: Árido para capas granulares                  Uso previsto: firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas</p> <p>Composición</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Rc+Ru+Ra</td> <td>Rc+Ru</td> <td>Rc -</td> <td>Ra -</td> <td>Rb -</td> <td>X</td> <td>FL</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>≥ 90 %</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>&lt; 1%</td> <td>&lt; 1 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </table> <p>Granulometría de las partículas UNE-EN 933-1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tpo</th> <th colspan="10">Tamiz (mm)</th> </tr> <tr> <th>40</th> <th>32</th> <th>20</th> <th>12,5</th> <th>8</th> <th>4</th> <th>2</th> <th>0,8</th> <th>0,25</th> <th>0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0/32</td> <td>100</td> <td>88-100</td> <td>65-90</td> <td>52-76</td> <td>40-63</td> <td>26-45</td> <td>15-32</td> <td>7-21</td> <td>4-16</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>0/20</td> <td></td> <td>100</td> <td>75-100</td> <td>60-86</td> <td>45-73</td> <td>31-54</td> <td>20-40</td> <td>9-24</td> <td>5-18</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>ZAD 0/20</td> <td></td> <td>100</td> <td>65-100</td> <td>47-78</td> <td>30-58</td> <td>14-37</td> <td>0-15</td> <td>0-6</td> <td>0-4</td> <td>0-2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Índice CBR UNE 103502 <span style="float: right;">&gt; 40</span></p> <p>Índice de lojas UNE-EN 933-3 <span style="float: right;">&lt; 35</span></p> <p>Partículas trituradas y parcialmente trituradas UNE-EN 933-5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>T2</td> <td>&gt; 70</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>&gt; 50</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&gt; 50</td> </tr> </table> <p>Partículas totalmente redondeadas UNE-EN 933-5 <span style="float: right;">&lt; 10 %</span></p> <p>Desgaste de los Ángeles UNE-EN 1097-2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>T2</td> <td>&lt; 35</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>&lt; 40</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&lt; 40</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Caminos rurales, carril bici y vías peatonales <span style="float: right;">&lt; 40</span></p> <p>Equivalente de arena (EA) UNE-EN 933-8 <span style="float: right;">&gt; 35*</span>  <small>*o equivalente de arena &gt; 30 y simultáneamente el azul de metileno [UNE-EN 933-9] &lt; 10</small></p> <p>Plasticidad UNE 103103 / UNE 103104 <span style="float: right;">N.P.</span></p> <p>Contenido en materia orgánica UNE 103204 <span style="float: right;">&lt; 1 %</span></p> <p>Comp. Totales de azufre (SO<sub>2</sub>) UNE 1744-1, Punto 11 <span style="float: right;">&lt; 1,3 %</span></p> <p>Sulf. Solubles en agua (SO<sub>4</sub>) UNE-EN 1744-1, Punto 10.2 <span style="float: right;">&lt; 0,7 %</span>  <span style="float: right;">&lt; 0,5* %</span>  <small>* en contacto con materiales ligados con cemento</small></p> <p>Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos UNE-EN 1367-2 <span style="float: right;">≤ 18 %</span></p>		Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL	-	≥ 90 %	-	-	-	< 1%	< 1 cm <sup>3</sup> /kg	Tpo	Tamiz (mm)										40	32	20	12,5	8	4	2	0,8	0,25	0,063	0/32	100	88-100	65-90	52-76	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9	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	T2	> 70	T3	> 50	T4	> 50	T2	< 35	T3	< 40	T4	< 40
Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL																																																																											
-	≥ 90 %	-	-	-	< 1%	< 1 cm <sup>3</sup> /kg																																																																											
Tpo	Tamiz (mm)																																																																																
	40	32	20	12,5	8	4	2	0,8	0,25	0,063																																																																							
0/32	100	88-100	65-90	52-76	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9																																																																							
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																																																																							
T2	> 70																																																																																
T3	> 50																																																																																
T4	> 50																																																																																
T2	< 35																																																																																
T3	< 40																																																																																
T4	< 40																																																																																



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA DE CARACTERÍSTICAS DE LA ZARMI I

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">                 Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda             </div>																																																																						
<b>EMPRESA</b> DIRECCIÓN XXXXXXXX																																																																						
<b>CENTRO DE PRODUCCIÓN</b> XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX																																																																						
<p style="text-align: center;">Denominación: Zahorra artificial reciclada mixta tipo I de RCD ZARMI I                  Tipo material: Árido para capas granulares                  Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas</p> <p>Composición</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Rc+Ru+Ra</td> <td>Rc+Ru</td> <td>Rc -</td> <td>Ra -</td> <td>Rb -</td> <td>X</td> <td>FL</td> </tr> <tr> <td>≥ 70 %</td> <td>≥ 55 %</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>&lt; 1%</td> <td>&lt; 1 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </table> <p>Granulometría de las partículas UNE-EN 933-1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tamaño (mm)</th> <th>40</th> <th>32</th> <th>20</th> <th>12.5</th> <th>8</th> <th>4</th> <th>2</th> <th>0.5</th> <th>0.25</th> <th>0.063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0/32</td> <td>100</td> <td>88-100</td> <td>65-90</td> <td>52-76</td> <td>40-63</td> <td>26-45</td> <td>15-32</td> <td>7-21</td> <td>4-16</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>0/20</td> <td></td> <td>100</td> <td>75-100</td> <td>60-86</td> <td>45-73</td> <td>31-54</td> <td>20-40</td> <td>9-24</td> <td>5-18</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>ZAD 0/20</td> <td></td> <td>100</td> <td>65-100</td> <td>47-78</td> <td>30-58</td> <td>14-37</td> <td>0-15</td> <td>0-6</td> <td>0-4</td> <td>0-2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Índice CBR UNE 103502 <span style="float: right;">&gt; 40</span></p> <p>Índice de lajas UNE-EN 933-3 <span style="float: right;">&lt; 35</span></p> <p>Partículas trituradas y parcialmente trituradas UNE-EN 933-5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>T2</td> <td>&gt; 70</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>&gt; 50</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&gt; 50</td> </tr> </table> <p>Partículas totalmente redondeadas UNE-EN 933-5 <span style="float: right;">&lt; 10 %</span></p> <p>Desgaste de los Ángeles UNE-EN 1097-2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>T3</td> <td>&lt; 40</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&lt; 40</td> </tr> <tr> <td>Caril bici y vías peatonales</td> <td>&lt; 40</td> </tr> </table> <p>Equivalente de arena UNE-EN 933-8 <span style="float: right;">&gt; 30*</span> *o equivalente de arena &gt; 25 y simultáneamente el azul de metileno (UNE-EN 933-9) &lt; 10</p> <p>Plasticidad UNE 103103 / UNE 103104 <span style="float: right;">N.P.</span></p> <p>Contenido en materia orgánica UNE 103204 <span style="float: right;">&lt; 1 %</span></p> <p>Comp. Totales de azufre (SO<sub>x</sub>) UNE 1744-1. Punto 11 <span style="float: right;">&lt; 1.3 %</span></p> <p>Sulf. Solubles en agua (SO<sub>x</sub>) UNE-EN 1744-1. Punto 10.2 <span style="float: right;">&lt; 0.7 %</span> <span style="float: right;">&lt; 0.5* %</span> * en contacto con materiales ligados con cemento</p> <p>Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos UNE-EN 1367-2 <span style="float: right;">≤ 18 %</span></p>	Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL	≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 1%	< 1 cm <sup>3</sup> /kg	Tamaño (mm)	40	32	20	12.5	8	4	2	0.5	0.25	0.063	0/32	100	88-100	65-90	52-76	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9	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	T2	> 70	T3	> 50	T4	> 50	T3	< 40	T4	< 40	Caril bici y vías peatonales	< 40
Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL																																																																
≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 1%	< 1 cm <sup>3</sup> /kg																																																																
Tamaño (mm)	40	32	20	12.5	8	4	2	0.5	0.25	0.063																																																												
0/32	100	88-100	65-90	52-76	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9																																																												
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																																																												
T2	> 70																																																																					
T3	> 50																																																																					
T4	> 50																																																																					
T3	< 40																																																																					
T4	< 40																																																																					
Caril bici y vías peatonales	< 40																																																																					



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA DE CARACTERÍSTICAS DE LA ZARM II

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">                 Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda             </div>																																																																														
EMPRESA DIRECCIÓN XXXXXXXXXX																																																																														
CENTRO DE PRODUCCIÓN XXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																														
<p style="text-align: center;">                     Denominación: Zahorra artificial reciclada mixta tipo II de RCD ZARM II                      Tipo material: Árido para capas granulares                      Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas                 </p> <p>Composición</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Rc+Ru+Ra</th> <th>Rc+Ru</th> <th>Rc -</th> <th>Ra -</th> <th>Rb -</th> <th>X</th> <th>FL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 70 %</td> <td>≥ 55 %</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>&lt; 2%</td> <td>&lt; 2 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Granulometría de las partículas</p> <p>UNE-EN 933-1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tamiz (mm)</th> <th>54</th> <th>45</th> <th>40</th> <th>32</th> <th>20</th> <th>12,5</th> <th>8</th> <th>4</th> <th>2</th> <th>0,5</th> <th>0,25</th> <th>0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0/40</td> <td>100</td> <td>85-100</td> <td>75-99</td> <td>68-95</td> <td>56-85</td> <td>44-74</td> <td>35-63</td> <td>22-46</td> <td>15-35</td> <td>7-23</td> <td>4-18</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>0/32</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>87-100</td> <td>75-99</td> <td>62-91</td> <td>50-79</td> <td>40-68</td> <td>27-51</td> <td>20-40</td> <td>7-26</td> <td>4-20</td> <td>0-11</td> </tr> <tr> <td>0/22</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>71-97</td> <td>55-84</td> <td>45-75</td> <td>32-61</td> <td>25-50</td> <td>10-32</td> <td>5-24</td> <td>0-11</td> </tr> </tbody> </table> <p>Índice CBR UNE 103502 <span style="float: right;">&gt; 20</span></p> <p>Índice de lajas UNE-EN 933-3 <span style="float: right;">&lt; 35</span></p> <p>Partículas trituradas y parcialmente trituradas UNE-EN 933-5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>T3</td> <td>&gt; 50</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&gt; 50</td> </tr> </table> <p>Partículas totalmente redondeadas UNE-EN 933-5 <span style="float: right;">&lt; 50 %</span></p> <p>Desgaste de los Ángeles UNE-EN 1097-2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>T4</td> <td>&lt; 40</td> </tr> <tr> <td>Carri bici y vías peatonales</td> <td>&lt; 45</td> </tr> </table> <p>Equivalente de arena UNE-EN 933-8 <span style="float: right;">&gt; 25*</span> *o equivalente de arena &gt; 20 y simultáneamente el azul de metileno (UNE-EN 933-9) &lt; 10</p> <p>Plasticidad UNE 103103 / UNE 103104</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>LL</td> <td>&lt; 25</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>&lt; 6</td> </tr> </table> <p>Contenido en materia orgánica UNE 103204 <span style="float: right;">&lt; 2* %</span> *siempre que se justifique que proviene de materiales bituminosos</p> <p>Comp. Totales de azufre (SO<sub>2</sub>) UNE 1744-1. Punto 11 <span style="float: right;">&lt; 1.8 %</span></p> <p>Sulf. Solubles en agua (SO<sub>4</sub>) UNE-EN 1744-1. Punto 10.2 <span style="float: right;">&lt; 0.7 %</span> <span style="float: right;">&lt; 0.5* %</span> *en contacto con materiales ligados con cemento</p> <p>Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos UNE-EN 1367-2 <span style="float: right;">≤ 18 %</span></p>	Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL	≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 2%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	Tamiz (mm)	54	45	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,25	0,063	0/40	100	85-100	75-99	68-95	56-85	44-74	35-63	22-46	15-35	7-23	4-18	0-9	0/32	-	100	87-100	75-99	62-91	50-79	40-68	27-51	20-40	7-26	4-20	0-11	0/22	-	-	-	100	71-97	55-84	45-75	32-61	25-50	10-32	5-24	0-11	T3	> 50	T4	> 50	T4	< 40	Carri bici y vías peatonales	< 45	LL	< 25	IP	< 6
Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL																																																																								
≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 2%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg																																																																								
Tamiz (mm)	54	45	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,25	0,063																																																																		
0/40	100	85-100	75-99	68-95	56-85	44-74	35-63	22-46	15-35	7-23	4-18	0-9																																																																		
0/32	-	100	87-100	75-99	62-91	50-79	40-68	27-51	20-40	7-26	4-20	0-11																																																																		
0/22	-	-	-	100	71-97	55-84	45-75	32-61	25-50	10-32	5-24	0-11																																																																		
T3	> 50																																																																													
T4	> 50																																																																													
T4	< 40																																																																													
Carri bici y vías peatonales	< 45																																																																													
LL	< 25																																																																													
IP	< 6																																																																													



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Dirección

Cliente: Nombre del cliente

Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

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

<b>Designación</b>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

<b>Producto con Marcado CE</b>	
Declaración de Prestaciones	<input type="checkbox"/>
Etiqueta CE completa	<input type="checkbox"/>
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	<input type="checkbox"/>

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:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Nombre y cargo del responsable de suministro:

Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF)

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

### 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### **3 Materiales granulares reciclados de RCD tratados con cemento. Suelocemento reciclado de RCD (SCR)**

#### **3.1 Definición y Clasificación**

El PG-3 legisla en un solo artículo, el 513, a los dos materiales tratados con cemento: el suelo cemento y la gravacemento, en estos dos casos se tratan materiales naturales, en el suelo cemento son suelos granulares y en la gravacemento son áridos preparados en cantera o gravera.

En estas Recomendaciones, en las que los materiales de partida son materiales reciclados, se ha preferido separar los dos productos, en el suelo cemento reciclado, (SCR), todo el material de partida es de procedencia reciclada sin embargo en el caso de la gravacemento reciclada, (GCR), el árido grueso es reciclado mientras que el árido fino es de procedencia natural.

Las características físico-químicas de los áridos reciclados, junto con la singularidad del tipo de obras, objeto de estas recomendaciones, aconsejan que la ejecución del suelo cemento reciclado sea in situ.

Se define como material tratado con cemento la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas, de material granular, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada in situ o en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de viales y obras asimilables, su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Análisis y aprobación de los materiales constituyentes
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla en central.
  - Preparación de la superficie existente.
  - Transporte y extensión de la mezcla.
- Fabricación de la mezcla in situ.
  - Preparación de la superficie existente.
  - Disgregación del suelo.
  - Humectación o desecación del suelo.
  - Distribución del cemento.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Ejecución de la mezcla.
- Prefisuración (cuando sea necesario).
- Compactación y terminación.
- Curado y protección superficial.

En este artículo el material que se tratará con cemento será un material granular procedente del reciclado de RCD y el producto resultante tras su estabilización se denominará suelocemento reciclado (SCR).

Dependiendo del tamaño máximo del material granular se definen dos tipos de suelocemento reciclado:

- SCR 40. El tamaño máximo del material reciclado es de 40 milímetros.
- SCR 20. El tamaño máximo del material reciclado es de 20 milímetros.

### 3.2 Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

#### 3.2.1 *Cemento*

Dos son las características principales que van a condicionar la elección del tipo de cemento para la fabricación del suelocemento con áridos reciclados, la referente a la resistencia a los sulfatos y la que permita un mayor plazo de trabajabilidad:

La presencia de yesos en los residuos de construcción y demolición obliga a que las plantas dispongan de procedimientos de producción que limiten el contenido de sulfatos en los áridos reciclados, pero es muy difícil su total eliminación, por ello salvo que se demuestre que la proporción de sulfatos es muy escasa el tipo de cemento que se empleará en la fabricación de los SCR poseerá la característica adicional de resistencia a los sulfatos.

El cemento más recomendado para conseguir mayores plazos de trabajabilidad son los de resistencia 32.5N, no obstante para no encarecer la fabricación del suelocemento habrá que adaptarse al cemento que exista en las proximidades de la obra, por ello si se desea emplear cementos de mayor resistencia o de característica R, la fórmula de trabajo deberá demostrar que se cumple con los plazos de trabajo exigidos por estas recomendaciones, lo que presumiblemente



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

obligará al empleo de aditivos retardadores.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 513.2.2 del PG-3.

### 3.2.2 *Materiales granulares reciclados*

#### 3.2.2.1 *Características generales*

Los materiales procedentes del reciclado de RCD son muy dependientes de todo el proceso de producción:

- Selección de las materias primas.
- Proceso de fabricación.
- Control de producción.
- Acopios de materiales producidos.

La homogeneidad que se le solicita para garantizar la calidad de la unidad de obra con ellos fabricados requiere un compromiso del productor de estos áridos.

Por ello en estas Recomendaciones:

- Se exige:

En el caso de que el material reciclado proceda de una instalación ajena a la obra, que esta pertenezca a un gestor autorizado para el tratamiento de los residuos de construcción y demolición

- Se recomienda:

Que el material reciclado posea algún tipo de certificación, como la que se indica en el apartado 1.9.1.1

Los posibles materiales válidos para su empleo, y cumpliendo las especificaciones de este apartado serían:

- Suelos Reciclados seleccionados
- Zahorras artificiales recicladas

El material reciclado que se vaya a utilizar en el suelocemento será un suelo o zahorra reciclada obtenida por trituración de RCD, en cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 1 de junio de 2001 por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006. El material reciclado estará

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El material reciclado del suelocemento no será susceptible 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 a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleado, que deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

#### 3.2.2.2 *Procedencia*

El material procederá de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición. Dicha instalación y el gestor correspondiente deberá estar autorizada, por la administración competente, para el tratamiento de estos residuos.

La Dirección Técnica podrá autorizar la utilización de material reciclado procedente de instalaciones móviles asociadas a la obra, cumpliendo con las reglamentaciones vigentes.

#### 3.2.2.3 *Composición RCD*

El material reciclado para la fabricación de suelocemento reciclado cumplirá con las siguientes limitaciones de composición:

- $X < 1\%$  en masa
- $FL < 1 \text{ cm}^3/\text{kg}$ .

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)

Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.  
Yeso

#### 3.2.2.4 *Composición química*

Las especificaciones de las características químicas de los materiales reciclados que se indican en este apartado difieren de las exigidas para los materiales naturales como consecuencia de las diferencias en su composición así:

- Materia orgánica, hay que tener en cuenta la procedente de los materiales bituminosos.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Sulfatos, la norma UNE EN 1744-1 contempla un método específico para la determinación de los sulfatos de los materiales reciclados de RCD en su apartado 10.2
- Estos materiales reciclados pueden proceder de uno o varios tipos de hormigones y de distintos tipos de materiales cerámicos, es importante conocer su posible reactividad con los álcalis del cemento.

- **Materia orgánica**

No se utilizarán los materiales que presenten una proporción de materia orgánica, según la UNE 103204, superior al:

- Uno por ciento (1 %).
- Dos por ciento (2 %), en el caso que se deba a la presencia de material bituminoso.

- **Contenido de sulfatos**

- El contenido en compuestos totales de azufre (SO<sub>3</sub>), determinado según la UNE EN 1744-1, será inferior al 1.0 %
- El contenido en sulfatos solubles en ácido (SO<sub>3</sub>), determinado según la UNE EN 1744-1, será inferior al 0.8 %

- **Reactividad potencial**

El material reciclado será no reactivo

- Si la posible reactividad se debe a reacciones álcali-sílice o álcali-silicatos, se debe realizar el ensayo descrito en UNE 146508 EX.
- Si la posible reactividad se debe a reacciones álcali-carbonato, se debe realizar el ensayo descrito en UNE 146507-2 EX.

### 3.2.2.5 *Plasticidad*

El límite líquido del material reciclado del suelocemento, según la UNE 103103, deberá ser inferior a treinta (30), y su índice de plasticidad, según la UNE 103104, deberá ser inferior a doce (12).

### 3.2.3 *Agua*

El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 del PG-3.

### 3.2.4 *Aditivos*

Como más adelante se indica, en el apartado 4.5.1, los materiales reciclados

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

presentan una mayor capacidad de absorción de agua que los naturales, por ello si no se toman las medidas solicitadas de saturación previa, esta absorción provocará una disminución de la consistencia del suelocemento y con ello una pérdida de trabajabilidad, es por tanto recomendable el empleo de aditivos retardadores de fraguado ya que como acción secundaria actúan incrementando dicha trabajabilidad.

Será de aplicación lo indicado el apartado 513.2.5 del PG-3.

### 3.3 Tipo y composición de la mezcla

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición del suelocemento, cuya granulometría, contenido de cemento y resistencia a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La granulometría del material reciclado empleado en la fabricación del suelocemento deberá ajustarse a uno de los husos definidos en la tabla 3.1. El tipo SCR. 20 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes.

TABLA 3.1 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL MATERIAL RECICLADO DEL SUELOCEMENTO

TIPO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa)									
	ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	54	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,06 3
SCR. 40	100	80-100	75-100	62-100	53-100	45-89	30-65	20-52	5-37	2-20
SCR. 20	100	100	100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35

El contenido mínimo de cemento del suelocemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla 3.2. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres por ciento (3%) en masa, respecto del total del material reciclado en seco.

TABLA 3.2 - RESISTENCIA MEDIA (\*) A COMPRESIÓN A SIETE DÍAS (7 d), SEGÚN LA NLT-305, (MPa)

MATERIAL	ZONA	Mínima	Máxima
----------	------	--------	--------

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

SUELOCIMENTO	Calzadas y arcenes	2,5	4,5
--------------	--------------------	-----	-----

(\*) Por resistencia media se entiende la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, definida de acuerdo a lo indicado en el apartado 3.9.2.1.

Las probetas se compactarán según la UNE EN 13286-51, con la energía que proporcione la densidad mínima requerida en el apartado 3.7.1 y nunca con una energía mayor.

En el caso de emplearse cementos para usos especiales (ESP VI-1) los valores de la tabla 3.2 se podrán disminuir en un quince por ciento (15%).

El periodo de trabajabilidad de una mezcla con cemento, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no deberá ser inferior al indicado en la tabla 3.3. En el supuesto de la puesta en obra por franjas, el material resultante deberá tener un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas, antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente ejecutada previamente.

TABLA 3.3 – PLAZO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (tpm)

TIPO DE EJECUCION	tpm (minutos)
ANCHURA COMPLETA	180
POR FRANJAS	240

### 3.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras

Será de aplicación lo indicado en los apartados del PG-3:

- 513 en el caso que la ejecución se realice fabricando la mezcla en central, o
- 512 si esta se ejecuta por tratamiento in situ.

#### 3.4.1 *Fabricación de la mezcla en central*

##### 3.4.1.1 *Central de fabricación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.2 del PG-3.

##### 3.4.1.2 *Elementos de transporte*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.3 del PG-3.

##### 3.4.1.3 *Equipos de extensión*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.4 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 3.4.1.4 *Equipos de compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.5 del PG-3.

#### 3.4.1.5 *Equipos para la ejecución de juntas transversales en fresco*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.6 del PG-3.

#### 3.4.2 *Ejecución del suelocemento in situ*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.4 del PG-3.

### 3.5 **Ejecución de las obras**

#### 3.5.1 *Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo*

La producción del material tratado con cemento no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y/o en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción (en seco) del material reciclado en la alimentación (en masa). En especial se determinará la presencia de partículas de yeso según UNE EN 933-11.
- La granulometría del material reciclado por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dada en el apartado 4.3.
- La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, de cemento, de agua y, eventualmente, de aditivos. (\*)
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado, según la UNE EN 13286-2. (\*)
- La densidad mínima a alcanzar. (\*)
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla. (\*)

(\*) Los ensayos físico mecánicos para las determinaciones de Proctor Modificado, resistencias a compresión simple o plazos de trabajabilidad, se realizarán con el material granular reciclado previamente saturado de agua.

El ensayo Proctor se realiza en el laboratorio preparando porciones de la muestra de ensayo con distintos grados de humedad, que posteriormente serán compactados con una determinada energía, según el procedimiento normalizado, normal o modificado.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Las humectaciones y compactaciones de estas porciones de muestras de acuerdo con el procedimiento mencionado se hacen sin ningún “tiempo de maduración”, de tal manera que una vez amasada la porción de ensayo con la dotación de agua calculada se procede a su compactación.

Los materiales procedentes del reciclado de RCD presentan un coeficiente de absorción de agua superior a los habituales de los áridos naturales. Esta absorción de agua, además, se produce de una manera más lenta que en el caso de los naturales, lo que afecta al procedimiento de los ensayos de compactación Proctor. El tiempo que transcurre en el laboratorio desde el amasado de las distintas porciones de la muestra de ensayo hasta su compactación en el molde no es suficiente para que se produzca la total absorción de agua por los áridos; en consecuencia, la humedad óptima que se determina, si partimos de muestras no suficientemente saturadas, es inferior a la necesaria para conseguir una correcta compactación en obra.

Por ello, los ensayos Proctor para estos materiales hay que realizarlos tras una saturación previa, lo que se indica como ensayo Proctor “tras saturación”. Deberán mantenerse en el estado de humedad un mínimo de una hora, tiempo que se incrementará lo necesario para garantizar que los áridos han completado su absorción de agua.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 4.4, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

**TABLA 4.4 – TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO (\*)**

CARACTERISTICA	UNIDAD	TOLERANCIA
Cemento	% sobre la masa total del material	± 0,3
Humedad de compactación (agua total)	% respecto de la óptima	- 1,0 / + 0,5



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 3.5.2 *Fabricación de la mezcla en central*

#### 3.5.2.1 *Preparación de la superficie existente*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.2, del PG-3.

#### 3.5.2.2 *Fabricación de la mezcla en central*

La mayor y más lenta absorción de agua de los materiales reciclados frente a los naturales indicada en el apartado 4.5.1, puede ocasionar una gran disminución de la consistencia del suelocemento, y con ello su trabajabilidad desde que se fabrica hasta que llega a obra. Esto se corrige humectado suficientemente al material reciclado antes de su empleo, con lo que se descarta los efectos negativos mencionados por la absorción de agua.

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.3 del PG-3, salvo que en vez de material granular se trata de material reciclado de RCD.

#### 3.5.2.3 *Transporte de la mezcla*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.4 del PG-3.

#### 3.5.2.4 *Vertido y extensión de la mezcla*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.5 del PG-3.

#### 3.5.2.5 *Prefisuración*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.6 del PG-3.

#### 3.5.2.6 *Compactación y terminación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.7 del PG-3.

#### 3.5.2.7 *Ejecución de juntas de trabajo*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.8 del PG-3.

#### 3.5.2.8 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.9 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 3.5.3 *Fabricación de la mezcla in situ*

#### 3.5.3.1 *Preparación de la superficie existente*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.2, del PG-3.

#### 3.5.3.2 *Disgregación del suelo*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.3, del PG-3.

#### 3.5.3.3 *Humectación o desecación del suelo*

La humedad del suelo deberá ser tal que permita que, con el equipo que se vaya a realizar la estabilización, se consiga el grado de disgregación requerido y su mezcla con la cal o con el cemento sea total y uniforme.

Para contrarrestar los efectos producidos por la mayor absorción de los áridos reciclados, es aconsejable que se humecte el suelo previamente a la ejecución de la mezcla, para que la humedad sea uniforme.

En el caso de ser necesaria la incorporación de agua a la mezcla para alcanzar el valor de humedad fijado por la fórmula de trabajo, deberán tenerse en cuenta las posibles evaporaciones o precipitaciones que puedan tener lugar durante la ejecución de los trabajos. Dicha incorporación deberá realizarse, preferentemente, por el propio equipo de mezcla.

El Director de las Obras podrá autorizar el empleo de un tanque regador independiente; en este caso, el agua deberá agregarse uniformemente disponiéndose los equipos necesarios para asegurar la citada uniformidad e incluso realizando un desmenuzamiento previo del suelo si fuera necesario. Deberá evitarse que el agua escurra por las roderas dejadas por el tanque regador, o se acumule en ellas. Asimismo, no se permitirán paradas del equipo mientras esté regando, con el fin de evitar la formación de zonas con exceso de humedad.

En los casos en que la humedad natural del material sea excesiva, se tomarán las medidas adecuadas para conseguir el grado de disgregación y la compactación previstos, pudiéndose proceder a su desecación por oreo o a la adición y mezcla de materiales secos; o se podrá realizar, previa autorización del Director de las Obras, una etapa previa de disgregación y mezcla con cal para la corrección del exceso de humedad del suelo, tanto si finalmente se va a estabilizar con cal como si se va a estabilizar con cemento.

#### 3.5.3.4 *Distribución del cemento*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.5 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 3.5.3.5 *Ejecución de la mezcla*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.6 del PG-3.

#### 3.5.3.6 *Compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.7 del PG-3.

#### 3.5.3.7 *Terminación de la superficie*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.8 del PG-3.

#### 3.5.3.8 *Ejecución de las juntas*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.9 del PG-3.

#### 3.5.3.9 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.10 del PG-3.

### 3.6 **Tramo de prueba**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.6 del PG-3.

### 3.7 **Especificaciones de la unidad terminada**

#### 3.7.1 *Densidad*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.1 del PG-3.

La densidad de referencia, según lo indicado en el apartado 3.5.1 es la determinada con el ensayo de Proctor modificado tras saturación

#### 3.7.2 *Resistencia mecánica*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.2 del PG-3.

#### 3.7.3 *Terminación, rasante, anchura y espesor*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.3 del PG-3.

### 3.8 **Limitaciones de la ejecución**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.8 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 3.9 Control de calidad

#### 3.9.1 Control de procedencia de los materiales constituyentes.

El control de procedencia de los materiales constituyentes consistirá en:

- Control documental, de los materiales constituyentes.
- Visita de verificación de la instalación de fabricación del suelocemento.
- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.

##### 3.9.1.1 Control documental

*Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la 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 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 debe entregar a la Dirección de la Obra será:

- Para el material reciclado:
  - La documentación de que este material es gestionado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
  - En su caso, certificación de este material. Esta certificación consistirá como mínimo en:
    - Declaración de conformidad del fabricante.
    - Etiqueta de características.
  - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Certificado de suministro.
- Certificado de garantía.
- Para el cemento:
  - La documentación exigida para productos con marcado CE:
  - Etiqueta del producto.
    - Declaración de conformidad.
    - Certificado de la Entidad Notificada.
    - Certificado de suministro.
- En su caso, para los aditivos:
  - La documentación exigida para productos con marcado CE:
    - Etiqueta del producto.
    - Declaración de conformidad.
    - Certificado de la Entidad Notificada.
  - Certificado de suministro.

En el anejo de este artículo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos, modelos de certificado del CPF y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

#### 3.9.1.2 *Verificación de la instalación de fabricación del suelocemento*

Se realizará una visita de inspección tanto de la instalación de fabricación del suelocemento como de la planta de suministro del material reciclado, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen de los materiales constituyentes, en especial del material reciclado.
- Acopio del material reciclado y almacenamiento del resto de los componentes, cemento y en su caso aditivos.
- Procedimiento de fabricación del suelocemento.
- Control de producción.

#### 3.9.1.3 *Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes*

##### 3.9.1.3.1 *Cemento*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.1.1 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 3.9.1.3.2 *Material reciclado*

La procedencia del material se ajustará a lo indicado en el apartado 3.2.2.2.

De cada procedencia del material reciclado para la fabricación de suelocemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la norma UNE-EN 13242. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
- El límite líquido y el índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- El contenido de materia orgánica, según la UNE 103204.
- El contenido de sulfatos solubles en ácido, según la UNE EN 1744-1
- El contenido en compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1
- La granulometría del material reciclado, según la UNE-EN 933-1.

Este control de procedencia no será de aplicación obligatoria si la planta productora dispone de certificación para este material reciclado, de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.9.1.1.

### 3.9.2 *Control de ejecución. Fabricación del suelocemento en central*

#### 3.9.2.1 *Fabricación*

Se examinará la descarga al acopio o la alimentación de la central de fabricación, desechando los materiales reciclados que a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica, mayor proporción de partículas de yeso o tamaños superiores al máximo aprobado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tales como distinta coloración, segregación, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

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

- Por cada mil metros cúbicos (1.000 m<sup>3</sup>) de material reciclado o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Humedad natural, según la UNE EN 1097-5.
  - Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
  - Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Por cada 5000 m<sup>3</sup>
    - Contenido de materia orgánica, según la UNE 103204, del material reciclado.
  - Una vez al mes
    - Contenido de sulfatos solubles en ácido, según la UNE EN 1744-1
    - Contenido en compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1

En las instalaciones de fabricación con mezclador de funcionamiento continuo se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de materiales en seco, deteniéndola cargada, recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida. Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

A la salida del mezclador se controlará el aspecto de la mezcla en cada elemento de transporte, rechazándose todas las mezclas segregadas y aquella cuya envuelta no sea homogénea.

Al menos una (1) vez por lote se determinará la humedad del material tratado, según la UNE 103300, y en todo caso se llevará a cabo este control dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde. Asimismo, se llevará un control del consumo medio de cemento.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador con las que se fabricarán probetas para la comprobación de su resistencia a compresión, que se conservarán según las condiciones previstas en la UNE 83301. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el número de amasadas diferentes que se deben controlar, así como el número de probetas por amasada que haya que fabricar.

Se controlarán por cada lote como mínimo tres (3) amasadas diferentes. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (3).

En el caso de centrales discontinuas se considerará como amasada cada una de las descargas de la mezcladora, mientras que en centrales continuas será el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Para la fabricación de probetas se utilizará el método indicado en la UNE EN 13286-51, si bien las probetas deberán compactarse hasta alcanzar una densidad seca no superior a la mínima exigida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Dichas probetas se ensayarán a la edad de siete días (7 d), según la UNE EN 13286-41.

#### 3.9.2.2 *Puesta en obra.*

##### 3.9.2.2.1 *Vertido, extensión y prefisuración.*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.1 del PG-3.

##### 3.9.2.2.2 *Compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.2 del PG-3.

##### 3.9.2.2.3 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.3 del PG-3.

#### 3.9.3 *Control de ejecución. Fabricación del suelocemento in situ*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.9.2 del PG-3.

#### 3.9.4 *Control de recepción de la unidad terminada*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. El número mínimo de testigos por lote será de dos (2), aumentándose hasta cinco (5) si el espesor de alguno de los dos (2) primeros fuera inferior al prescrito. Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. En todos los semiperfiles se comprobará que la superficie extendida y



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones. Se verificará también la anchura de la capa.

### **3.10 Criterios de aceptación o rechazo del lote**

#### *3.10.1 Densidad*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.1 del PG-3.

#### *3.10.2 Resistencia mecánica*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.2 del PG-3.

#### *3.10.3 Espesor*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.3 del PG-3.

#### *3.10.4 Rasante*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.4 del PG-3.

### **3.11 Medición y Abono**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.11 del PG-3.

### **3.12 Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El control de procedencia del material reciclado se podrá evitar, y se rebaja el control de recepción de este material durante la ejecución en el caso de que presente una certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.9.1.1.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

---

- 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 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del 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 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.



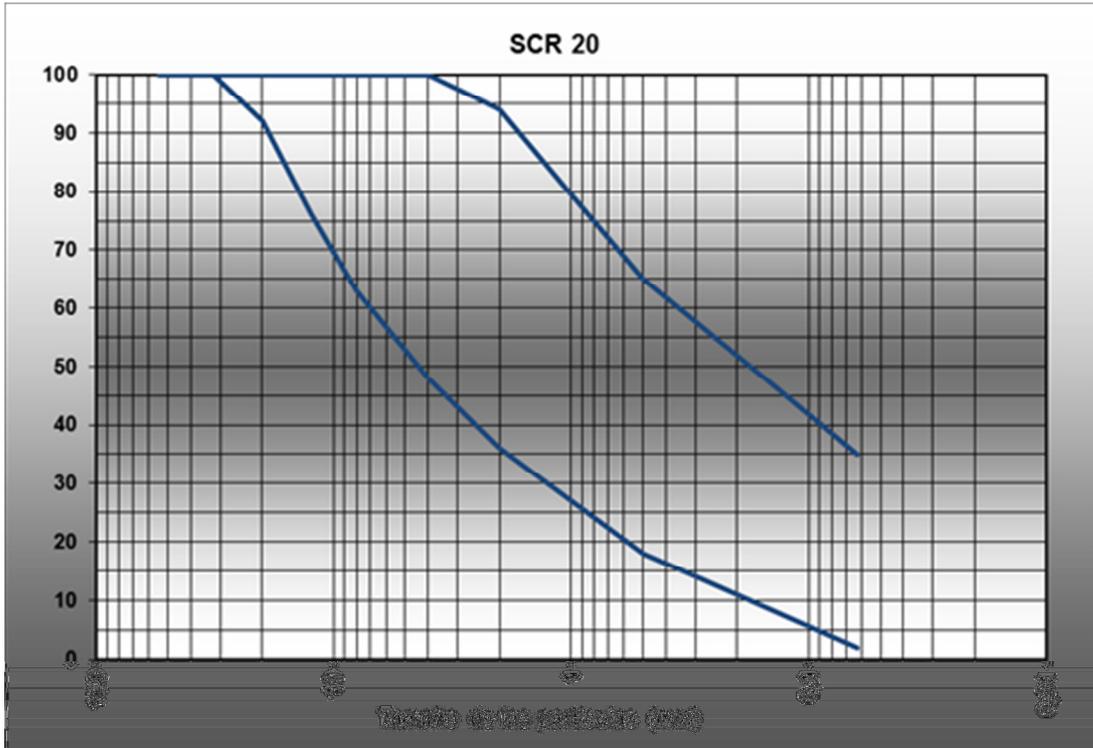
Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
- 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.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE-EN 13242 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
- UNE-EN 13286-2 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 2: Métodos de ensayo para la determinación en laboratorio de la densidad de referencia y el contenido en agua. Compactación Proctor.
- UNE-EN 13286-41 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 41: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
- UNE-EN 13286-45 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
- UNE-EN 13286-51 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 51: Métodos de elaboración de probetas de mezclas con conglomerante hidráulico utilizando martillo vibratorio de compactación





Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



## ANEJO 2. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL

De los constituyentes:

- Documentos Marcado CE.

De los áridos de reciclados, además:

- Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de los residuos de construcción y demolición.
- Certificado de garantía del fabricante.
- Certificado de suministro del fabricante.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **MARCADO CE**

Los Constituyentes empleados en la fabricación de la gravacemento están obligados por la Directiva Europea a disponer del marcado CE.

Esta documentación consiste en:

- Etiqueta CE. De acuerdo con la norma de aplicación a cada producto.
- Declaración de prestaciones
- Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.

Se comprobará que el producto que se empleará en la obra se encuentra relacionado en este certificado.

A continuación, se adjuntan ejemplos de etiquetas CE de los productos empleados en este artículo:

- Fichas de características exigidas a cada uno de los dos tipos de gravacementos que servirá de referencia para analizar si lo declarado por el fabricante en su etiqueta CE cumple con lo solicitado en estas Recomendaciones.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de garantía.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA SCR

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Sello de Mercado CE o AGRECA, según corresponda</p> </div>																																		
<b>EMPRESA</b> <b>DIRECCIÓN</b> XXXXXXXXXX																																		
<b>CENTRO DE PRODUCCIÓN</b> XXXXXXXXXXXXXX																																		
<b>Denominación: Suelo-cemento reciclado SCR</b> <b>Tipo material: Suelocemento</b> <b>Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas</b>																																		
<b>Composición</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;"><b>X</b></td> <td style="padding: 2px 10px;"><b>FL</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">&lt; 1 %</td> <td style="padding: 2px 10px;">&lt; 1 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </table>	<b>X</b>	<b>FL</b>	< 1 %	< 1 cm <sup>3</sup> /kg																													
<b>X</b>	<b>FL</b>																																	
< 1 %	< 1 cm <sup>3</sup> /kg																																	
<b>Granulometría de las partículas</b> UNE-EN 933-1																																		
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px 5px;">Tamiz (mm)</th> <th style="padding: 2px 5px;">54</th> <th style="padding: 2px 5px;">40</th> <th style="padding: 2px 5px;">32</th> <th style="padding: 2px 5px;">20</th> <th style="padding: 2px 5px;">12,5</th> <th style="padding: 2px 5px;">8</th> <th style="padding: 2px 5px;">4</th> <th style="padding: 2px 5px;">2</th> <th style="padding: 2px 5px;">0,5</th> <th style="padding: 2px 5px;">0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SCR40</td> <td style="padding: 2px 5px;">100</td> <td style="padding: 2px 5px;">80-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">75-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">62-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">53-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">45-89</td> <td style="padding: 2px 5px;">30-65</td> <td style="padding: 2px 5px;">20-52</td> <td style="padding: 2px 5px;">5-37</td> <td style="padding: 2px 5px;">2-20</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SCR20</td> <td style="padding: 2px 5px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;">100</td> <td style="padding: 2px 5px;">92-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">76-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">63-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">48-100</td> <td style="padding: 2px 5px;">36-94</td> <td style="padding: 2px 5px;">18-65</td> <td style="padding: 2px 5px;">2-35</td> </tr> </tbody> </table>		Tamiz (mm)	54	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063	SCR40	100	80-100	75-100	62-100	53-100	45-89	30-65	20-52	5-37	2-20	SCR20			100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35
Tamiz (mm)	54	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063																								
SCR40	100	80-100	75-100	62-100	53-100	45-89	30-65	20-52	5-37	2-20																								
SCR20			100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35																								
<b>Plasticidad</b> UNE 103103 / UNE 103104	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;"><b>LL</b></td> <td style="padding: 2px 10px;">&lt; 30</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;"><b>IP</b></td> <td style="padding: 2px 10px;">&lt; 12</td> </tr> </table>	<b>LL</b>	< 30	<b>IP</b>	< 12																													
<b>LL</b>	< 30																																	
<b>IP</b>	< 12																																	
<b>Contenido en materia orgánica</b> UNE 103204	<p>&lt; 1 %</p> <p>&lt; 2* %</p> <p><small>* siempre que se justifique que la m.o. proviene de materiales bituminosos</small></p>																																	
<b>Compuestos totales de azufre (SO<sub>2</sub>)</b> UNE-EN 1744-1	<p>&lt; 1 %</p>																																	
<b>Sulf. sol. Ácido (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1	<p>&lt; 0,8 %</p>																																	
<b>Reactividad</b> UNE-EN 146508 UNE-EN 146507-2	<p><b>NO REACTIVO</b></p>																																	
<b>Resistencia a compresión media a 7 días</b>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;"></td> <td style="padding: 2px 10px; text-align: center;"><b>Mín.</b></td> <td style="padding: 2px 10px; text-align: center;"><b>Máx.</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">Calzada y arcén</td> <td style="padding: 2px 10px; text-align: center;">2,5</td> <td style="padding: 2px 10px; text-align: center;">4,5</td> </tr> </table>		<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	Calzada y arcén	2,5	4,5																											
	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>																																
Calzada y arcén	2,5	4,5																																



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Dirección

Cliente: Nombre del cliente

Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

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

<b>Designación</b>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

<b>Producto con Marcado CE</b>	
Declaración de Prestaciones	<input type="checkbox"/>
Etiqueta CE completa	<input type="checkbox"/>
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	<input type="checkbox"/>

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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Nombre y cargo del responsable de suministro:

Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF)

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

### 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:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 4 Gravacemento con áridos gruesos del reciclado de residuos de hormigón. (GCR HORM)

### 4.1 Definición

Se define la gravacemento de reciclado, como una mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas de áridos, cemento, agua y, eventualmente, aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carreteras.

En este artículo la fracción gruesa de los áridos procede del reciclado de residuos de hormigón y la fracción fina de la trituración de árido natural.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla en central.
- Preparación de la superficie existente.
- Transporte y extensión de la mezcla.
- Prefisuración.
- Compactación y terminación.
- Curado y protección superficial.

En este artículo se definen dos tipos de gravacemento con áridos gruesos reciclados (GCR 32 y GCR 20).

### 4.2 Materiales

*NORMA UNE EN 13242:2003+A1:2008*

*OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN. NOTA 1*

*Los áridos empleados en construcción deberían cumplir con todos los requisitos de esta norma europea. El mandato M/125 "Áridos" incluye áridos reciclados y algunos materiales de procedencia nueva o no habitual así como los áridos naturales y artificiales conocidos y tradicionales. Los áridos reciclados se incluyen en las normas, existiendo para ellos normas de métodos de ensayo específicas que se encuentran en estado avanzado de elaboración. Para materiales no habituales de origen secundario, sin embargo, el trabajo de normalización ha empezado recientemente y se necesita más tiempo para definir claramente la procedencia y características de estos materiales. Durante este tiempo, estos materiales no*



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

*habituales, cuando se comercialicen como áridos deben cumplir totalmente con esta norma y con la reglamentación nacional sobre sustancias peligrosas (véase el anexo ZA de esta norma) dependiendo de su uso previsto. Se pueden pedir características y requisitos específicos caso por caso dependiendo de la experiencia de uso del producto, siempre que se encuentren definidos en documentos contractuales.*

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

#### 4.2.1 *Cemento*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.2 del PG-3.

#### 4.2.2 *Áridos*

##### 4.2.2.1 *Características generales*

El árido grueso procederá del reciclado de hormigones.

El árido fino procederá de la trituración de piedra de cantera o gravera.

El árido de la gravacemento, no será susceptible a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Se deberá garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no originen, con el agua, disoluciones que provoquen daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleado, que deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

El gestor de valorización de estos materiales reciclados garantizará que no posean sustancias incompatibles para su empleo como áridos para construcción, lo que queda implícitamente recogido en las certificaciones que estas Recomendaciones exigen, como es el marcado CE, para los áridos recogidos en el Reglamento de productos para la construcción, o el certificado AGRECA o similar para los áridos no recogidos en esta normativa.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 4.2.2.2 *Composición química*

El contenido ponderal en azufre total (expresado en SO<sub>3</sub>) y de sulfatos solubles en ácido (expresados en SO<sub>3</sub>), del árido de la gravacemento (norma UNE-EN 1744-1) no será superior al uno por ciento (SO<sub>3</sub> > 1%) ni a ocho décimas porcentuales (SO<sub>3</sub> > 0,8%), respectivamente.

Si en la descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) se apreciara presencia de pirrotina en el árido para la gravacemento, el contenido ponderal en azufre total (SO<sub>3</sub>) deberá limitarse a cuatro décimas porcentuales (< 0,4%).

Si en el árido para gravacemento se detectara la presencia de sustancias orgánicas, de acuerdo con el apartado 15.1 de la norma UNE-EN 1744-1, se determinará su efecto sobre el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión, de conformidad con el apartado 15.3 de esa norma. El mortero preparado con estos áridos deberá cumplir simultáneamente que:

- El aumento de tiempo de fraguado de las muestras de ensayo de mortero sea inferior a ciento veinte minutos (< 120 min).
- La disminución de resistencia a la compresión de las muestras de ensayo de mortero a los veintiocho días (28 d) sea inferior al veinte por ciento (< 20%).

El árido de la gravacemento no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento. Con materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con cemento y que por su naturaleza petrográfica puedan tener constitutivos reactivos con los álcalis, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director de las Obras, podrá exigir que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos, que definirá su aptitud de uso, siguiendo los criterios establecidos a estos efectos en el apartado 28.7.6 de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

#### 4.2.2.3 *Árido grueso*

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz de cuatro (4) milímetros de la UNE-EN 933-2.

El árido grueso procederá del reciclado de hormigones.

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.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- Rc = Hormigón, productos de hormigón, morteros

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Unidades de albañilería de hormigón

- Ru = Áridos no tratados, piedra natural.

Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos

- Rb = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).

Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio

Hormigón aireado no flotante.

- Ra = Materiales bituminosos.
- Rg = Vidrio
- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)

Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.

Yeso

La categoría de este material, según la norma UNE EN 13242 se especificará como (Rc +Ru)90, Rb5-, Ra5-, X1-, FL2-. El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

- Rc + Ru  $\geq$  90 % en masa
- Rb  $\leq$  5 % en masa
- Ra  $\leq$  5% en masa
- X < 1% en masa
- FL < 2 cm<sup>3</sup>/kg.

#### 4.2.2.3.1 *Requisitos geométricos*

##### 4.2.2.3.1.1 Forma del árido grueso

La forma del árido grueso debe ser determinada mediante el índice de lajas, según la norma UNE-EN 933-3.

La categoría mínima será la indicada en la tabla 4.1

TABLA 4.1 – CATEGORÍA PARA LOS VALORES MÁXIMOS DEL ÍNDICE DE LAJAS

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	Índice de lajas	Categoría (FI)
Calzada	T2	$\leq 30$	
	T3 y T4	$\leq 35$	$FI_{35}$



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Arcenes	T2 a T4	≤ 40	
---------	---------	------	--

4.2.2.3.1.2 Porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos.

El porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y el porcentaje de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos, se determinarán según la norma UNE-EN 933-5.

Las categorías mínimas serán las indicadas en la tabla 4.2

TABLA 4.2 – CATEGORÍA DE LOS PORCENTAJES DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS Y DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS EN LOS ÁRIDOS GRUESOS

Partículas trituradas.		CATEGORÍA DE TRÁFICO	
		T2	T3-T4
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	CALZADA	≥ 50	≥ 30
	ARCEN	≥ 30	
Partículas totalmente redondeadas (%)	CALZADA	≤ 10	≤ 30
	ARCEN	≤ 30	

4.2.2.3.2 *Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación*

La resistencia a la fragmentación se debe determinar por medio del coeficiente de los Ángeles, de acuerdo con la norma UNE-EN 1097-2.

Los coeficientes de desgaste los Ángeles, no deberán de superar las categorías indicadas en la tabla 4.3

TABLA 4.3 – CATEGORÍA DEL VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES

Desgaste los Ángeles	CATEGORÍA DE TRÁFICO	
	T2	T3-T4
CALZADA	≤ 35	≤ 40
ARCEN	≤ 40	

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 4.2.2.4 *Árido fino*

Se define como árido fino a la fracción del árido total inferior a cuatro (4) milímetros.

El árido fino procederá de la trituración de piedra de cantera o gravera.

##### 4.2.2.4.1 *Plasticidad*

El árido fino será no plástico, para categoría de tráfico pesado T2, según UNE 103103 y UNE 103104. Para categorías de tráfico pesado T3 y T4, se cumplirá simultáneamente, límite líquido, según UNE 103103, inferior a 25 ( $LL < 25$ ) e índice de plasticidad inferior a seis ( $IP < 6$ ).

##### 4.2.2.4.2 *Equivalente de arena*

El equivalente de arena (SE4), según el Anexo A de la UNE-EN 933-8 para la fracción 0/4 según las proporciones fijadas por la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cuarenta (40), para la gravacemiento tipo GCR 20, y a treinta y cinco (35), para la gravacemiento tipo GCR 32. De no cumplirse estas condiciones, su valor de azul de metileno, según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez gramos por kilogramos ( $MBF < 10 \text{ g/kg}$ ) y, simultáneamente, el equivalente de arena (SE4) deberá ser superior a treinta ( $> 30$ ) para ambos tipos.

#### 4.2.3 *Agua*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.4 del PG-3.

#### 4.2.4 *Aditivos*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.5 del PG-3.

### 4.3 **Tipo y composición de la mezcla**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición de la gravacemiento, cuya granulometría, contenido de cemento y resistencia a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La granulometría de los áridos empleados en la fabricación de la gravacemiento deberá ajustarse a uno de los husos definidos en la tabla 4.4. El tipo GCR 32 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes, en sustitución del suelocemiento SC40.

TABLA 4.4 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL ÁRIDO DE LA GRAVACEMIENTO

GCR	Abertura de tamices UNE-EN 933-2 (mm)
-----	---------------------------------------

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>20</b>	<b>12,5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,063</b>
<b>GCR 32</b>	100	88-100	67-91	52-77	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7
<b>GCR 20</b>		100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7

En el anejo de estas recomendaciones figuran los gráficos de los husos granulométricos indicados

El contenido mínimo de cemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla 4.5. En cualquier caso, dicho contenido no será inferior al tres y medio por ciento (3,5%) en masa, respecto del total del árido en seco.

TABLA 4.5 - RESISTENCIA MEDIA (\*) A COMPRESIÓN A SIETE DÍAS (7 d), SEGÚN  
 LA UNE-EN 13286-4, (MPa)

ZONA	MÍNIMA	MÁXIMA
Calzada	4.5	7.0
Arcenes	4.5	6.0

(\*) Por resistencia media se entiende la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, definida de acuerdo a lo indicado en el apartado 4.9.2.1.

Las probetas se compactarán (UNE-EN 13286-51) con la energía que proporcione la densidad mínima requerida en el epígrafe 2.7.1 y nunca con una energía mayor. En el caso de emplearse cementos para usos especiales (ESP VI-1) los valores de la Tabla 4.5 se podrán disminuir en un quince por ciento (15%).

El periodo de trabajabilidad de una mezcla con cemento, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no deberá ser inferior al indicado en la tabla 4.6. En el supuesto de la puesta en obra por franjas, el material resultante deberá tener un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas, antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente ejecutada previamente.

TABLA 4.6 – PLAZO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (Wpc)

TIPO DE EJECUCIÓN	Wpc (horas)
Anchura completa	3
Por franjas	4

El espesor de la capa será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda la capa las características deseadas y el grado de compactación exigido y en cualquier caso no será inferior a los veinte centímetros (< 20 cm).



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 4.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4 del PG-3.

##### 4.4.1 Central de fabricación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.2 del PG-3.

##### 4.4.2 Elementos de transporte

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.3 del PG-3.

##### 4.4.3 Equipo de extensión

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.4 del PG-3.

##### 4.4.4 Equipo de compactación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.5 del PG-3.

##### 4.4.5 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.

#### 4.5 Ejecución de las obras

##### 4.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo

La producción de un material tratado con cemento no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción (en seco) de cada fracción de árido en la alimentación (en masa). En el caso del árido grueso reciclado se controlará que su categoría es la (Rc+ Ru)90.
- La granulometría del árido combinado, por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dada en el apartado 2.2.
- La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, de cemento, de agua y, eventualmente, de aditivos (\*).
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado, según la UNE 103501 (\*).
- La densidad mínima a alcanzar.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- El plazo de trabajabilidad de la mezcla (\*).

(\*) Los ensayos físico mecánicos para las determinaciones de Proctor modificado, resistencias a compresión simple o plazos de trabajabilidad, se realizarán con el árido grueso reciclado previamente saturado de agua.

El ensayo Proctor se realiza en el laboratorio preparando porciones de la muestra de ensayo con distintos grados de humedad, que posteriormente serán compactados con una determinada energía, según el procedimiento normalizado, normal o modificado.

Las humectaciones y compactaciones de estas porciones de muestras de acuerdo con el procedimiento mencionado, se hacen sin ningún “tiempo de maduración”, de tal manera que una vez amasada la porción de ensayo con la dotación de agua calculada se procede a su compactación.

Los materiales procedentes del reciclado de RCD presentan un coeficiente de absorción de agua superior a los habituales de los áridos naturales. Esta absorción de agua, además, se produce de una manera más lenta que en el caso de los naturales, lo que afecta al procedimiento de los ensayos de compactación Proctor. El tiempo que transcurre en el laboratorio desde el amasado de las distintas porciones de la muestra de ensayo hasta su compactación en el molde no es suficiente para que se produzca la total absorción de agua por los áridos en consecuencia la humedad óptima que se determina, si partimos de muestras no suficientemente saturadas, es inferior a la necesaria para conseguir una correcta compactación en obra.

Por ello, los ensayos Proctor para estos materiales hay que realizarlos tras una saturación previa, lo que se indica como ensayo Proctor “tras saturación”. Deberán mantenerse en el estado de humedad un mínimo de una hora, tiempo que se incrementará lo necesario para garantizar que los áridos han completado su absorción de agua.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 4.7, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 4.7 – TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	TOLERANCIA
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	% sobre la masa total de material	0
	> 4 mm.		± 6
	≤ 4 mm.		± 3
	0.063 mm. (incluido cemento)		± 1.5
Cemento			± 0.3
Humedad de compactación (agua total)		% respecto de la óptima	-1.0 / +0.5

#### 4.5.2 Preparación de la superficie existente

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.2 del PG-3.

#### 4.5.3 Fabricación de la mezcla

En el momento de iniciar la fabricación de la mezcla las fracciones de los áridos estarán acopiadas en cantidad suficiente para permitir a la central un trabajo sin interrupciones. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará el volumen mínimo de acopios exigibles en función de las características de la obra y del volumen de mezcla que se vaya a fabricar.

En el caso de obras con una superficie de calzada superior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) estará acopiado el cincuenta por ciento (50%) del volumen. En obras de carreteras con una superficie de calzada inferior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) el volumen a exigir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares será el cien por cien (100%) del total.

La carga de las tolvas se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por cien (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones de los materiales granulares.

La operación de mezcla se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes. El Director de las Obras fijará, a partir de los ensayos iniciales, el tiempo mínimo de amasado.

Antes de su mezclado, el árido grueso reciclado estará acopiado saturado de agua.

Se comenzará mezclando los áridos y el cemento, añadiéndose posteriormente el agua y los aditivos, que irán disueltos en aquélla. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la humedad fijada en la fórmula de trabajo, teniendo en cuenta la existente en los áridos, sobre todo la del árido grueso reciclado,

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

así como la variación del contenido de agua que se pueda producir por evaporación durante la ejecución de los trabajos. El amasado se proseguirá hasta obtener la completa homogeneización de los componentes de la mezcla, dentro de las tolerancias fijadas.

En las instalaciones de mezcla discontinua, no se volverá a cargar la amasadora sin haber vaciado totalmente su contenido.

#### 4.5.4 *Transporte de la mezcla*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.4 del PG-3.

#### 4.5.5 *Vertido y extensión de la mezcla*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.5 del PG-3.

#### 4.5.6 *Prefisuración*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.6 del PG-3.

#### 4.5.7 *Compactación y terminación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.7 del PG-3.

#### 4.5.8 *Ejecución de las juntas de trabajo*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.8 del PG-3.

#### 4.5.9 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.9 del PG-3.

### 4.6 **Tramo de prueba**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.6 del PG-3.

### 4.7 **Especificaciones de la unidad terminada**

#### 4.7.1 *Densidad*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.1 del PG-3.

La densidad de referencia, según lo indicado en el apartado 4.5.1 es la determinada con el ensayo de Proctor modificado tras saturación.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 4.7.2 *Resistencia mecánica*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.2 del PG-3.

#### 4.7.3 *Terminación, rasante, anchura y espesor*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.3 del PG-3.

#### 4.7.4 *Regularidad superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.4 del PG-3.

### 4.8 **Limitaciones de la ejecución**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.8 del PG-3.

### 4.9 **Control de calidad**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9 del PG-3.

#### 4.9.1 *Control de procedencia de los materiales constituyentes.*

El control de procedencia de los materiales constituyentes consistirá en:

- Control documental, de los materiales constituyentes.
- Visita de verificación de la instalación de fabricación de la gravacemento.
- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.

##### 4.9.1.1 *Control documental*

*Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la 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 física; y*
- c) los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición del Reglamento de*



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

*Productos para la Construcción que afecten a los productos suministrados.*

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

- La documentación de que este material ha sido preparado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
- Certificación de este material. La documentación de esta certificación consistirá como mínimo en:
  - Declaración de conformidad del fabricante.
  - Etiqueta de características.
  - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
- Certificado de suministro.
- Certificado de garantía.

En el anejo de este artículo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos, modelos de certificado del CPF y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

#### 4.9.1.2 *Verificación de la instalación de fabricación de la gravacemento*

Se realizará una visita de inspección tanto de la instalación de fabricación de la gravacemento como de la planta de suministro del árido grueso reciclado, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen de los materiales constituyentes, en especial el árido grueso reciclado.
- Acopios de los áridos y almacenamiento del resto de los componentes, cemento y en su caso aditivos.
- Procedimiento de fabricación de la gravacemento.
- Control de producción.

#### 4.9.1.3 *Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes*

##### 4.9.1.3.1 *Cemento*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.1.1 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 4.9.1.3.2 Áridos

Los áridos empleados para la fabricación de la gravacemiento con áridos reciclados deberán disponer del marcado CE.

De cada procedencia del árido de la gravacemiento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la norma UNE-EN 13242. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1.
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.
- Equivalente de arena (SE4) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), y, en su caso, de azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
- Límite líquido y el índice de plasticidad del árido fino, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

El Director de las Obras podrá ordenar la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino, según la UNE 7133.

#### 4.9.2 Control de ejecución

##### 4.9.2.1 Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o la alimentación de la central de fabricación, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica, componentes del árido grueso reciclado que no corresponda con



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

su clasificación (Rc+Ru)90 o tamaños superiores al máximo aprobado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tales como distinta coloración, segregación, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

A cada fracción granulométrica del árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada mil metros cúbicos (1.000 m<sup>3</sup>) o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:
  - Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1, para cada fracción del árido.
  - Para el árido fino de la gravacemento, equivalente de arena (SE4) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
  - Humedad del árido grueso reciclado UNE 103300.
- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m<sup>3</sup>) o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
  - Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la norma UNE-EN 13242. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
  - El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
  - Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
  - Contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1, del material granular.
  - Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso de la gravacemento, según la UNE-EN 1097-2.
  - Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino, según la UNE 7133.

Asimismo, se tomará un mínimo de dos (2) veces al día (mañana y tarde), según la UNE-EN 932-1, al menos una (1) muestra representativa de la mezcla de componentes en seco, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1.

Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Antes del proceso de amasado se comprobará que el árido grueso de reciclado se encuentra convenientemente humectado.

A la salida del mezclador se controlará el aspecto de la mezcla en cada elemento de transporte, rechazándose todas las mezclas segregadas y aquella cuya envuelta no sea homogénea.

Al menos una (1) vez por lote se determinará la humedad del material tratado, según la UNE 103300, y en todo caso se llevará a cabo este control dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde. Asimismo, se llevará un control del consumo medio de cemento.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador con las que se fabricarán probetas para la comprobación de su resistencia a compresión, que se fabricarán y conservarán según las condiciones previstas en la UNE-EN 13286-51. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el número de amasadas diferentes que se deben controlar, así como el número de probetas por amasada que haya que fabricar.

Se controlarán por cada lote, como mínimo dos (2) amasadas diferentes. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (< 3).

A estos efectos, en el caso de centrales discontinuas se considerará como amasada cada una de las descargas de la mezcladora, mientras que en centrales continuas será el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.

Se tomarán muestras a la salida de la mezcladora y se fabricarán y conservarán las probetas (UNE-EN 13286-51), si bien teniendo en cuenta que deberán compactarse hasta alcanzar una densidad seca no superior a la mínima exigida en el epígrafe 2.7.1. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41).

#### 4.9.2.2 *Puesta en obra*

##### 4.9.2.2.1 *Vertido, extensión y prefisuración*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.1 del PG-3.

##### 4.9.2.2.2 *Compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.2 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 4.9.2.2.3 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.3 del PG-3.

#### 4.9.3 *Control de recepción de la unidad terminada*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor y densidad de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. El número mínimo de testigos por lote será de seis (6). Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m), mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330) calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 513.7.4.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones, en perfiles transversales cada veinte metros (20 m). Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el epígrafe 2.7.3.

### 4.10 **Criterios de aceptación o rechazo**

#### 4.10.1 *Densidad*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.1 del PG-3.

#### 4.10.2 *Resistencia mecánica*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.2 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 4.10.3 *Espesor*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.3 del PG-3.

#### 4.10.4 *Rasante*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.4 del PG-3.

#### 4.10.5 *Regularidad superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.5 del PG-3.

### 4.11 **Medición y Abono**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.11 del PG-3.

### 4.12 **Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Los áridos que componen este tipo de gravacemento dispondrán, como mínimo, del obligado marcado CE

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles -públicos y privados- autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/95, de 28 de diciembre.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO

---

- NLT-330 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras
- UNE 7133 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.
- 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 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.
- UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del 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.



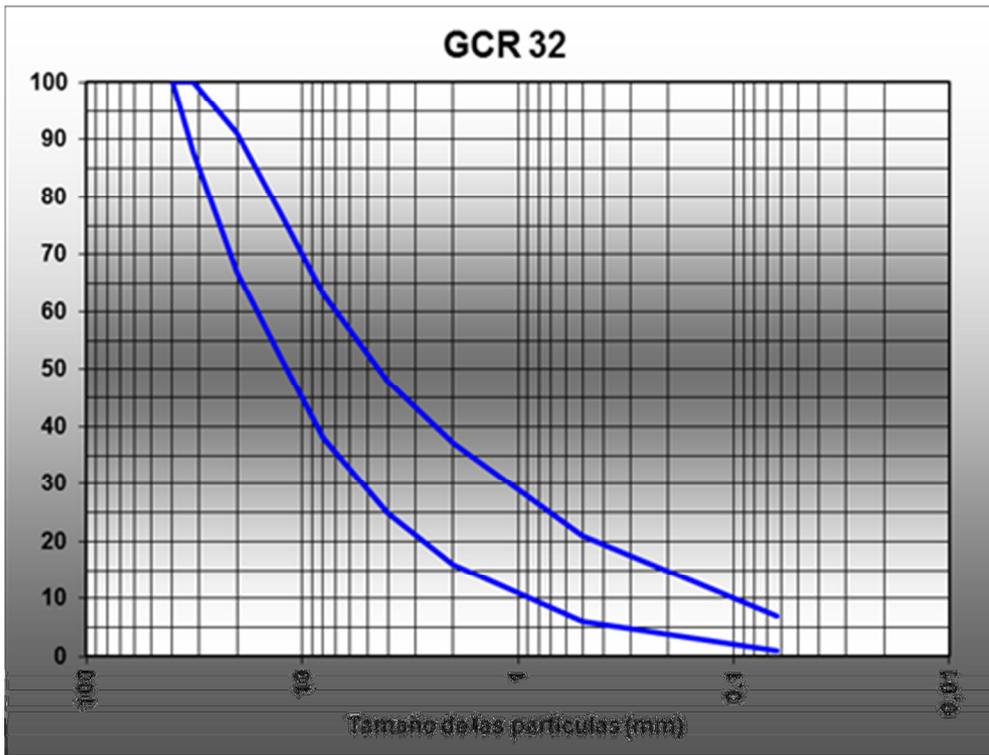
Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.
- UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
- 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.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE-EN 13242 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
- UNE-EN 13286-2 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 2: Métodos de ensayo para la determinación en laboratorio de la densidad de referencia y el contenido en agua. Compactación Proctor.
- UNE-EN 13286-41 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 41: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
- UNE-EN 13286-45 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
- UNE-EN 13286-51 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 51: Métodos de elaboración de probetas de mezclas con conglomerante hidráulico utilizando martillo vibratorio de compactación.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## ANEJO 1. HUSOS GRANULOMÉTRICOS







Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MARCADO CE

Los Constituyentes empleados en la fabricación de la gravacemento están obligados por la Directiva Europea a disponer del marcado CE.

Esta documentación consiste en:

- Etiqueta CE. De acuerdo con la norma de aplicación a cada producto.
- Declaración de prestaciones
- Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.

Se comprobará que el producto que se empleará en la obra se encuentra relacionado en este certificado.

A continuación, se adjuntan ejemplos de etiquetas CE de los productos empleados en este artículo:

- Fichas de características exigidas a cada uno de los dos tipos de gravacementos que servirá de referencia para analizar si lo declarado por el fabricante en su etiqueta CE cumple con lo solicitado en estas Recomendaciones.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de garantía.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA GCR 32

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">                 Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda             </div>																																																																																			
EMPRESA DIRECCIÓN XXXXXXXX																																																																																			
CENTRO DE PRODUCCIÓN XXXXXXXXXXXX																																																																																			
<p style="text-align: center;">Denominación: Gravacemto reciclada GCR32 Tipo material: Árido grueso para gravacemto Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas</p> <p>Composición</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Rc+Ru+Ra</th> <th>Rc+Ru</th> <th>Rb</th> <th>Ra</th> <th>X</th> <th>FL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>≥ 90 %</td> <td>≤ 5 %</td> <td>≤ 5 %</td> <td>&lt; 1 %</td> <td>&lt; 2 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Granulometría de las partículas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tamiz (mm)</th> <th>40</th> <th>32</th> <th>20</th> <th>12,5</th> <th>8</th> <th>4</th> <th>2</th> <th>0,5</th> <th>0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% paso</td> <td>100</td> <td>88-100</td> <td>67-91</td> <td>52-77</td> <td>38-63</td> <td>23-48</td> <td>16-37</td> <td>6-21</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table> <p>Partículas total y parcialmente trituradas UNE-EN 933-5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≥ 50</td> <td>≥ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td colspan="2">≥ 30</td> </tr> </tbody> </table> <p>Partículas totalmente redondeadas UNE-EN 933-5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≤ 10</td> <td>≤ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td colspan="2">≤ 30</td> </tr> </tbody> </table> <p>Índice de lajas UNE-EN 933-3</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≤ 30</td> <td>≤ 35</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td colspan="2">≤ 40</td> </tr> </tbody> </table> <p>Desgaste de los Ángeles UNE-EN 1097-2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≤ 35</td> <td>≤ 40</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td colspan="2">≤ 40</td> </tr> </tbody> </table> <p>Equivalente de arena UNE-EN 933-8</p> <p style="text-align: center;">&gt; 35</p> <p>Plasticidad UNE 103103 / UNE 103104</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>N.P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T3-T4</td> <td>LL &lt; 25</td> <td>IP &lt; 6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Materia orgánica UNE 109204</p> <p style="text-align: center;">Aumento tiempo de fraguado &lt; 120 min.</p> <p>Comp. Totales de azufre (SO<sub>2</sub>) UNE 1744-1</p> <p style="text-align: center;">&lt; 1 %</p> <p>Sulf. Solubles en ácido (SO<sub>3</sub>) UNE-EN 1744-1</p> <p style="text-align: center;">&lt; 0,8 %</p> <p>Reactividad UNE-EN 146508 UNE-EN 146507-2</p> <p style="text-align: center;">NO REACTIVO</p> <p>Contenido mínimo de cemento <small>El contenido mínimo de cemento de la gravacemto será el que permita la consecución de las resistencias indicadas en la siguiente tabla. En cualquier caso dicho contenido no será inferior a 150 y medio por ciento (&lt; 3,5%) en masa, respecto del resto de árido en seco.</small></p> <p>Resistencia a compresión media a 7 días</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>4,5</td> <td>7,0</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>4,5</td> <td>6,0</td> </tr> </tbody> </table>	Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rb	Ra	X	FL	-	≥ 90 %	≤ 5 %	≤ 5 %	< 1 %	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	Tamiz (mm)	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063	% paso	100	88-100	67-91	52-77	38-63	23-48	16-37	6-21	1-7		T2	T3-T4	Calzada	≥ 50	≥ 30	Arcén	≥ 30			T2	T3-T4	Calzada	≤ 10	≤ 30	Arcén	≤ 30			T2	T3-T4	Calzada	≤ 30	≤ 35	Arcén	≤ 40			T2	T3-T4	Calzada	≤ 35	≤ 40	Arcén	≤ 40			T2	N.P.	T3-T4	LL < 25	IP < 6		Mín.	Máx.	Calzada	4,5	7,0	Arcén	4,5	6,0
Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rb	Ra	X	FL																																																																														
-	≥ 90 %	≤ 5 %	≤ 5 %	< 1 %	< 2 cm <sup>3</sup> /kg																																																																														
Tamiz (mm)	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063																																																																										
% paso	100	88-100	67-91	52-77	38-63	23-48	16-37	6-21	1-7																																																																										
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≥ 50	≥ 30																																																																																	
Arcén	≥ 30																																																																																		
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≤ 10	≤ 30																																																																																	
Arcén	≤ 30																																																																																		
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≤ 30	≤ 35																																																																																	
Arcén	≤ 40																																																																																		
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≤ 35	≤ 40																																																																																	
Arcén	≤ 40																																																																																		
	T2	N.P.																																																																																	
T3-T4	LL < 25	IP < 6																																																																																	
	Mín.	Máx.																																																																																	
Calzada	4,5	7,0																																																																																	
Arcén	4,5	6,0																																																																																	



---

**Departamento de Arquitectura e Infraestructuras**  
**Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras**



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA GCR 20

<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">                 Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda             </div>																																																																																			
EMPRESA DIRECCIÓN XXXXXXXX																																																																																			
CENTRO DE PRODUCCIÓN XXXXXXXXXXXX																																																																																			
<p style="text-align: center;">Denominación: Gravacemiento reciclada GCR20 Tipo material: Árido grueso para gravacemiento Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas</p> <p>Composición</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Rc+Ru+Ra</th> <th>Rc+Ru</th> <th>Rb</th> <th>Ra</th> <th>X</th> <th>FL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>≥ 90 %</td> <td>≤ 5 %</td> <td>≤ 5 %</td> <td>&lt; 1 %</td> <td>&lt; 2 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Granulometría de las partículas</p> <p>UNE-EN 933-1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tamiz (mm)</th> <th>40</th> <th>32</th> <th>20</th> <th>12,5</th> <th>8</th> <th>4</th> <th>2</th> <th>0,5</th> <th>0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% paso</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>80-100</td> <td>62-84</td> <td>44-68</td> <td>28-51</td> <td>19-39</td> <td>7-22</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table> <p>Partículas total y parcialmente trituradas</p> <p>UNE-EN 933-5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≥ 30</td> <td>≥ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>≥ 30</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Partículas totalmente redondeadas</p> <p>UNE-EN 933-5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≤ 10</td> <td>≤ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>≤ 30</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Índice de lajas</p> <p>UNE-EN 933-3</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≤ 30</td> <td>≤ 35</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>≤ 40</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Desgaste de los Ángeles</p> <p>UNE-EN 1097-2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≤ 35</td> <td>≤ 40</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>≤ 40</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Equivalente de arena</p> <p>UNE-EN 933-8</p> <p style="text-align: center;">&gt; 40</p> <p>Plasticidad</p> <p>UNE 103103 / UNE 103104</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2</th> <th>N.P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T3-T4</td> <td>LL &lt; 25</td> <td>IP &lt; 6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Materia orgánica</p> <p>UNE 103204</p> <p style="text-align: center;">Aumento tiempo de fraguado &lt; 120 min.</p> <p>Comp. Totales de azufre (SO<sub>2</sub>)</p> <p>UNE 1744-1</p> <p style="text-align: center;">&lt; 1 %</p> <p>Sulf. Solubles en ácido (SO<sub>3</sub>)</p> <p>UNE-EN 1744-1</p> <p style="text-align: center;">&lt; 0,8 %</p> <p>Reactividad</p> <p>UNE-EN 146808 UNE-EN 146807-2</p> <p style="text-align: center;">NO REACTIVO</p> <p>Contenido mínimo de cemento</p> <p>El contenido mínimo de cemento de la gravacemiento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la siguiente tabla. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres y medio por ciento (x 3,5%) en masa, respecto del total del árido en seco.</p> <p>Resistencia a compresión media a 7 días</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>4,5</td> <td>7,0</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>4,5</td> <td>6,0</td> </tr> </tbody> </table>	Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rb	Ra	X	FL	-	≥ 90 %	≤ 5 %	≤ 5 %	< 1 %	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	Tamiz (mm)	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063	% paso	-	100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7		T2	T3-T4	Calzada	≥ 30	≥ 30	Arcén	≥ 30			T2	T3-T4	Calzada	≤ 10	≤ 30	Arcén	≤ 30			T2	T3-T4	Calzada	≤ 30	≤ 35	Arcén	≤ 40			T2	T3-T4	Calzada	≤ 35	≤ 40	Arcén	≤ 40			T2	N.P.	T3-T4	LL < 25	IP < 6		Min.	Máx.	Calzada	4,5	7,0	Arcén	4,5	6,0
Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rb	Ra	X	FL																																																																														
-	≥ 90 %	≤ 5 %	≤ 5 %	< 1 %	< 2 cm <sup>3</sup> /kg																																																																														
Tamiz (mm)	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063																																																																										
% paso	-	100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7																																																																										
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≥ 30	≥ 30																																																																																	
Arcén	≥ 30																																																																																		
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≤ 10	≤ 30																																																																																	
Arcén	≤ 30																																																																																		
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≤ 30	≤ 35																																																																																	
Arcén	≤ 40																																																																																		
	T2	T3-T4																																																																																	
Calzada	≤ 35	≤ 40																																																																																	
Arcén	≤ 40																																																																																		
	T2	N.P.																																																																																	
T3-T4	LL < 25	IP < 6																																																																																	
	Min.	Máx.																																																																																	
Calzada	4,5	7,0																																																																																	
Arcén	4,5	6,0																																																																																	



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Dirección

Cliente: Nombre del cliente

Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

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

<b>Designación</b>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

<b>Producto con Marcado CE</b>	
Declaración de Prestaciones	<input type="checkbox"/>
Etiqueta CE completa	<input type="checkbox"/>
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	<input type="checkbox"/>

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:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Nombre y cargo del responsable de suministro:

Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF)

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

### 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:



---

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Sello:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 5 Hormigón seco compactado con áridos gruesos reciclados de residuos de hormigón. (HCR)

### 5.1 Definición

El hormigón seco compactado fabricado con áridos reciclados, es un material similar a la gravacemento fabricada con áridos reciclados, siendo las principales diferencias entre estos materiales:

- Se trata de un hormigón, lo que condicionará las normas de ensayos ajustándolas a este tipo de material.
- La resistencia será la solicitada para cada obra en su Pliego Particular.

En el caso del Excmo. Ayuntamiento de Málaga, se contempla como hormigón de calzada un hormigón seco compactado de resistencia a compresión 10 MPa a los 28 días de edad.

Se define el hormigón seco compactado con áridos gruesos reciclados de residuos de construcción y demolición (HCR) como una mezcla homogénea, con las proporciones adecuadas de áridos, cemento, agua y, eventualmente, aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de calles y carreteras.

En este artículo, la fracción gruesa de los áridos procede del reciclado de residuos de hormigón y la fracción fina de la trituración de árido natural.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla en central.
- Preparación de la superficie existente.
- Transporte y extensión de la mezcla.
- Prefisuración.
- Compactación y terminación.
- Curado y protección superficial.

En este artículo se definen un hormigón seco compactado de resistencia 10 mega pascales a los 28 días de edad (HCR-10).

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 5.2 Materiales

*NORMA UNE EN 13242:2003+A1*

*OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN. NOTA 1*

*Los áridos empleados en construcción deberían cumplir con todos los requisitos de esta norma europea. El mandato M/125 "Áridos" incluye áridos reciclados y algunos materiales de procedencia nueva o no habitual así como los áridos naturales y artificiales conocidos y tradicionales. Los áridos reciclados se incluyen en las normas, existiendo para ellos normas de métodos de ensayo específicas que se encuentran en estado avanzado de elaboración. Para materiales no habituales de origen secundario, sin embargo, el trabajo de normalización ha empezado recientemente y se necesita más tiempo para definir claramente la procedencia y características de estos materiales. Durante este tiempo, estos materiales no habituales, cuando se comercialicen como áridos deben cumplir totalmente con esta norma y con la reglamentación nacional sobre sustancias peligrosas (véase el anexo ZA de esta norma) dependiendo de su uso previsto. Se pueden pedir características y requisitos específicos caso por caso dependiendo de la experiencia de uso del producto, siempre que se encuentren definidos en documentos contractuales.*

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

### 5.2.1 Cemento

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.2 del PG-3.

### 5.2.2 ÁRIDOS

#### 5.2.2.1 Características generales

El árido grueso procederá del reciclado de hormigones.

El árido fino procederá de la trituración de piedra de cantera o gravera.

El árido no será susceptible a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente,



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

puedan darse en el lugar de empleo. Se deberá garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no originen, con el agua, disoluciones que provoquen daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleado, que deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

El gestor de valorización de estos materiales reciclados garantizará que no posean sustancias incompatibles para su empleo como áridos para construcción, lo que queda implícitamente recogido en las certificaciones que estas Recomendaciones exigen, como es el marcado CE, para los áridos recogidos en el Reglamento de productos para la construcción, o el certificado AGRECA o similar para los áridos no recogidos en esta normativa.

#### 5.2.2.2 *Procedencia*

El árido grueso procederá de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición. Dicha instalación y el gestor correspondiente deberá estar autorizada, por la administración competente, para el tratamiento de estos residuos.

La Dirección Técnica podrá autorizar la utilización de material reciclado procedente de instalaciones móviles asociadas a la obra, cumpliendo con las reglamentaciones vigentes.

El árido fino procederá de plantas de trituración de rocas (canteras) o gravas (graveras)

#### 5.2.2.3 *Composición química*

Las especificaciones químicas que en este artículo se solicitan a los áridos, al igual que lo legislado en el artículo 5 para la gravacemiento reciclada, se asemeja más a lo solicitado para los productos fabricados con áridos naturales, y ello se justifica por que el árido fino de este hormigón, al igual que en el caso de la gravacemiento es de procedencia natural.

El contenido ponderal en azufre total (expresado en  $\text{SO}_3$ ) y de sulfatos solubles en ácido (expresados en  $\text{SO}_3$ ), del árido de la gravacemiento (norma UNE-EN 1744-1) no será superior al uno por ciento ( $\text{SO}_3 \leq 1\%$ ) ni a ocho décimas porcentuales ( $\text{SO}_3 \leq 0,8\%$ ), respectivamente.

Si en la descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) se apreciara presencia de pirrotina en el árido para la gravacemiento, el contenido ponderal en azufre total ( $\text{SO}_3$ ) deberá limitarse a cuatro décimas porcentuales ( $\leq 0,4\%$ ).



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Si en el árido se detectara la presencia de sustancias orgánicas, de acuerdo con el apartado 15.1 de la norma UNE-EN 1744-1, se determinará su efecto sobre el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión, de conformidad con el apartado 15.3 de esa norma. El mortero preparado con estos áridos deberá cumplir simultáneamente que:

- El aumento de tiempo de fraguado de las muestras de ensayo de mortero sea inferior a ciento veinte minutos (< 120 min).
- La disminución de resistencia a la compresión de las muestras de ensayo de mortero a los veintiocho días (28 d) sea inferior al veinte por ciento (< 20%).

El árido no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento. Con materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con cemento y que por su naturaleza petrográfica puedan tener constitutivos reactivos con los álcalis, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director de las Obras, podrá exigir que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos, que definirá su aptitud de uso, siguiendo los criterios establecidos a estos efectos en el apartado 28.7.6 de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

#### 5.2.2.4 *Árido grueso*

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz de cuatro (4) milímetros de la UNE-EN 933-2.

El árido grueso procederá del reciclado de hormigones.

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.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- Rc = Hormigón, productos de hormigón, morteros  
Unidades de albañilería de hormigón
- Ru = Áridos no tratados, piedra natural.  
Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos
- Rb = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).  
Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio  
Hormigón aireado no flotante.
- Ra = Materiales bituminosos.
- Rg = Vidrio

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)  
 Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.  
 Yeso

La categoría de este material, según la norma UNE EN 13242 se especificará como  $(Rc + Ru)_{90}$ ,  $Rb_{5-}$ ,  $Ra_{5-}$ ,  $X_{1-}$ ,  $FL_{2-}$ . El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

- $Rc + Ru \geq 90$  % en masa
- $Rb \leq 5$  % en masa
- $Ra \leq 5$  % en masa
- $X < 1$  % en masa
- $FL < 2$  cm<sup>3</sup>/kg.

#### 5.2.2.4.1 *Requisitos geométricos*

##### 5.2.2.4.1.1 Forma del árido grueso

La forma del árido grueso debe ser determinada mediante el índice de lajas, según la norma UNE-EN 933-3.

La categoría mínima será la indicada en la tabla 5.1

TABLA 5.1 – CATEGORÍA PARA LOS VALORES MÁXIMOS DEL ÍNDICE DE LAJAS

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	Índice de lajas	Categoría (FI)
Calzada	T2	$\leq 30$	
	T3 y T4	$\leq 35$	$FI_{35}$
Arcenes	T2 a T4	$\leq 40$	

##### 5.2.2.4.1.2 Porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos.

El porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y el porcentaje de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos, se determinarán según la norma UNE-EN 933-5.

Las categorías mínimas serán las indicadas en la tabla 5.2.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 5.2 – CATEGORÍA DE LOS PORCENTAJES DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS Y DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS EN LOS ÁRIDOS GRUESOS

Partículas trituradas.		CATEGORÍA DE TRÁFICO	
		T2	T3-T4
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	CALZADA	≥ 50	≥ 30
	ARCEN	≥ 30	
Partículas totalmente redondeadas (%)	CALZADA	≤ 10	≤ 30
	ARCEN	≤ 30	

#### 5.2.2.4.2 *Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación*

La resistencia a la fragmentación se debe determinar por medio del coeficiente de los Ángeles, de acuerdo con la norma UNE-EN 1097-2.

Los coeficientes de desgaste los Ángeles, no deberán de superar las categorías indicadas en la tabla 5.3.

TABLA 5.3 – CATEGORÍA DEL VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES

Desgaste los Ángeles	CATEGORÍA DE TRÁFICO	
	T2	T3-T4
CALZADA	≤ 35	≤ 40
ARCEN	≤ 40	

#### 5.2.2.5 *Árido fino*

Se define como árido fino a la fracción del árido total inferior a cuatro (4) milímetros.

El árido fino procederá de la trituración de piedra de cantera o gravera.

##### 5.2.2.5.1 *Plasticidad*

El árido fino será no plástico, para categoría de tráfico pesado T2, según UNE 103103 y UNE 103104. Para categorías de tráfico pesado T3 y T4, se cumplirá simultáneamente, límite líquido, según UNE 103103, inferior a 25 ( $LL < 25$ ) e índice de plasticidad inferior a seis ( $IP < 6$ ).

##### 5.2.2.5.2 *Equivalente de arena*

El equivalente de arena ( $SE_4$ ), según el Anexo A de la UNE-EN 933-8 para la fracción 0/4 según las proporciones fijadas por la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cuarenta (40), para la gravacemiento tipo GCR 20, y a treinta y cinco (35),



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

para la gravacemiento tipo GCR 32. De no cumplirse estas condiciones, su valor de azul de metileno, según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez gramos por kilogramos ( $MBF < 10 \text{ g/kg}$ ) y, simultáneamente, el equivalente de arena, ( $SE_4$ ) deberá ser superior a treinta ( $> 30$ ), para ambos tipos.

### 5.2.3 Agua

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.4 del PG-3.

### 5.2.4 Aditivos

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.5 del PG-3.

## 5.3 Tipo y composición de la mezcla

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición del hormigón compactado, cuya granulometría, contenido de cemento y resistencia a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La granulometría de los áridos empleados en la fabricación del hormigón compactado deberá ajustarse al huso definido en la tabla 5.4.

TABLA 5.4 – HUSO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO DEL HORMIGÓN COMPACTADO

TIPO	GRANULOMETRIA % PASA TAMIZ									
	50	40	25	20	12,5	8	4	2	0,50	0,063
HCR	100	100	100	100	100	78	58	47	27	19
	100	100	100	100	85	52	36	30	16	9

*En el anejo de estas Recomendaciones figuran los gráficos de los husos granulométricos indicados*

El Pliego particular de la obra, o en su defecto el Director de las Obras podrá indicar otro tipo de huso granulométrico para el hormigón compactado.

El contenido mínimo de cemento será tal que permita la consecución de una resistencia media a compresión, determinada según la norma UNE EN 12390-3, de 10 MPa a la edad de 28 días, entendiéndose por resistencia media la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, definida de acuerdo a lo indicado en el apartado 6.9.2.1.

El Pliego particular de la obra podrá indicar otras resistencias para el hormigón compactado.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Las probetas se fabricarán en moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura definidos en la norma UNE EN 12390-1, que se compactarán según la UNE EN 13286-51, con la energía que proporcione la densidad mínima requerida en el apartado 1.7.1 y nunca con una energía mayor, y se conservarán según la norma UNE EN 12390-2.

En el caso de emplearse cementos para usos especiales (ESP VI-1) estos valores se disminuirán en un quince por ciento (15%).

El periodo de trabajabilidad de una mezcla con cemento, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no deberá ser inferior al indicado en la tabla 5.6. En el supuesto de la puesta en obra por franjas, el material resultante deberá tener un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas, antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente ejecutada previamente.

TABLA 5.6 – PLAZO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (Wpc)

TIPO DE EJECUCIÓN	Wpc (horas)
Anchura completa	3
Por franjas	4

El espesor de la capa será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda la capa las características deseadas y el grado de compactación exigido y en cualquier caso no será inferior a los veinte centímetros (< 20 cm).

#### 5.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4 del PG-3.

##### 5.4.1 Central de fabricación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.1 del PG-3.

##### 5.4.2 Elementos de transporte

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.2 del PG-3.

##### 5.4.3 Equipo de extensión

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.3 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 5.4.4 *Equipo de compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.4 del PG-3.

#### 5.4.5 *Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.5 del PG-3.

### 5.5 **Ejecución de las obras**

#### 5.5.1 *Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo*

La producción de un material tratado con cemento no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción (en seco) de cada fracción de árido en la alimentación (en masa). En el caso del árido grueso reciclado se controlará que su categoría es la  $R_{CU90}$ .
- La granulometría del árido combinado, por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dada en el apartado 1.3.
- La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, de cemento, de agua y, eventualmente, de aditivos (\*).
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado, según la UNE 103501 (\*).
- La densidad mínima a alcanzar.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla (\*).

(\*) Los ensayos físico mecánicos para las determinaciones de Proctor Modificado, resistencias a compresión simple o plazos de trabajabilidad, se realizarán con el árido grueso reciclado previamente saturado de agua.

El ensayo Proctor se realiza en el laboratorio preparando porciones de la muestra de ensayo con distintos grados de humedad, que posteriormente serán compactados con una determinada energía, según el procedimiento normalizado, normal o modificado.

Las humectaciones y compactaciones de estas porciones de muestras de acuerdo con el procedimiento mencionado se hacen sin ningún “tiempo de maduración”, de tal manera que una vez amasada la porción de ensayo con la dotación de agua calculada se procede a su compactación.

Los materiales procedentes del reciclado de RCD presentan un coeficiente de

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

absorción de agua superior a los habituales de los áridos naturales. Esta absorción de agua, además, se produce de una manera más lenta que en el caso de los naturales, lo que afecta al procedimiento de los ensayos de compactación Proctor. El tiempo que transcurre en el laboratorio desde el amasado de las distintas porciones de la muestra de ensayo hasta su compactación en el molde no es suficiente para que se produzca la total absorción de agua por los áridos en consecuencia la humedad óptima que se determina, si partimos de muestras no suficientemente saturadas, es inferior a la necesaria para conseguir una correcta compactación en obra.

Por ello, los ensayos Proctor para estos materiales hay que realizarlos tras una saturación previa, lo que se indica como ensayo Proctor “tras saturación”. Deberán mantenerse en el estado de humedad un mínimo de una hora, tiempo que se incrementará lo necesario para garantizar que los áridos han completado su absorción de agua.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 5.7, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

TABLA 5.7 – TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	TOLERANCIA
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	% sobre la masa total de material	0
	> 4 mm.		± 6
	≤ 4 mm.		± 3
	0.063 mm. (incluido cemento)		± 1.5
Cemento			± 0.3
Humedad de compactación (agua total)		% respecto de la óptima	-1.0 / +0.5

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 5.5.2 *Preparación de la superficie existente*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.2 del PG-3.

#### 5.5.3 *Fabricación de la mezcla*

En el momento de iniciar la fabricación de la mezcla las fracciones de los áridos estarán acopiadas en cantidad suficiente para permitir a la central un trabajo sin interrupciones. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará el volumen mínimo de acopios exigibles en función de las características de la obra y del volumen de mezcla que se vaya a fabricar.

En el caso de obras con una superficie de calzada superior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) estará acopiado el cincuenta por ciento (50%) del volumen. En obras de carreteras con una superficie de calzada inferior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) el volumen a exigir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares será el cien por cien (100%) del total.

La carga de las tolvas se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por cien (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones de los materiales granulares.

La operación de mezcla se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes. El Director de las Obras fijará, a partir de los ensayos iniciales, el tiempo mínimo de amasado.

Antes de su mezclado, el árido grueso reciclado estará acopiado saturado de agua.

Se comenzará mezclando los áridos y el cemento, añadiéndose posteriormente el agua y los aditivos, que irán disueltos en aquélla. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la humedad fijada en la fórmula de trabajo, teniendo en cuenta la existente en los áridos, sobre todo la del árido grueso reciclado, así como la variación del contenido de agua que se pueda producir por evaporación durante la ejecución de los trabajos. El amasado se proseguirá hasta obtener la completa homogeneización de los componentes de la mezcla, dentro de las tolerancias fijadas.

En las instalaciones de mezcla discontinua, no se volverá a cargar la amasadora sin haber vaciado totalmente su contenido.

#### 5.5.4 *Transporte de la mezcla*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.4 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 5.5.5 *Vertido y extensión de la mezcla*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.5 del PG-3.

#### 5.5.6 *Prefisuración*

Se hará siempre prefisuración en estas capas de hormigón compactado con árido grueso reciclado.

Para ello, antes de iniciar la compactación de la capa, se realizarán en ella juntas transversales en fresco. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras establecerá la distancia a la que deben realizarse las juntas transversales en fresco, dependiendo de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática y del espesor de las capas que se dispongan por encima. Salvo justificación en contrario, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Si en la fórmula de trabajo, para el contenido de cemento solicitado, se obtienen resistencias superiores a quince (15) mega pascales (MPa) la separación de juntas será de dos con cinco (2.5) metros

Se empleará el equipo y los métodos de ejecución aprobados y fijados por el Director de las Obras, después de la realización del tramo de prueba.

#### 5.5.7 *Compactación y terminación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.7 del PG-3.

#### 5.5.8 *Ejecución de las juntas de trabajo*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.8 del PG-3.

#### 5.5.9 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.9 del PG-3.

### 5.6 **Tramo de prueba**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.6 del PG-3.

### 5.7 **Especificaciones de la unidad terminada**

#### 5.7.1 *Densidad*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.1 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

La densidad de referencia, según lo indicado en el apartado 5.5.1 es la determinada con el ensayo de Proctor modificado tras saturación.

#### 5.7.2 Resistencia mecánica

La resistencia a compresión simple a veintiocho días (28 d), según la UNE EN 12390-3, deberá ser superior a 10 MPa, o a la solicitada por el Pliego particular de la obra.

#### 5.7.3 Terminación, rasante, anchura y espesor

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.3 del PG-3.

### 5.8 Limitaciones de la ejecución

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.8 del PG-3.

### 5.9 Control de calidad

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9 del PG-3.

#### 5.9.1 Control de procedencia de los materiales constituyentes.

El control de procedencia de los materiales constituyentes consistirá en:

- Control documental, de los materiales constituyentes.
- Visita de verificación de la instalación de fabricación de la hormigón compactado.
- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.

##### 5.9.1.1 Control documental

*Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la 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 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*



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

*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:

- La documentación de que este material ha sido preparado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
  - Certificación de este material. La documentación de esta certificación consistirá como mínimo en:
    - Declaración de conformidad del fabricante.
    - Etiqueta de características.
- Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
- Certificado de suministro.
- Certificado de garantía.

En el anejo de este artículo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos, modelos de certificado del CPF y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

#### 5.9.1.2 *Verificación de la instalación de fabricación de la hormigón compactado*

Se realizará una visita de inspección tanto de la instalación de fabricación del hormigón compactado como de la planta de suministro del árido grueso reciclado, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen de los materiales constituyentes, en especial el árido grueso reciclado.
- Acopios de los áridos y almacenamiento del resto de los componentes, cemento y en su caso aditivos.
- Procedimiento de fabricación del hormigón compactado.
- Control de producción.

#### 5.9.1.3 *Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes*

##### 5.9.1.3.1 *Cemento*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.1.1 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 5.9.1.3.2 Áridos

Los áridos empleados para la fabricación del hormigón compactado con áridos reciclados deberán disponer del marcado CE.

De cada procedencia del árido y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la norma UNE-EN 13242. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1.
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.
- Equivalente de arena ( $SE_4$ ) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), y, en su caso, de azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
- Límite líquido y el índice de plasticidad del árido fino, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

El Director de las Obras podrá ordenar la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino, según la UNE 7133.

#### 5.9.2 Control de ejecución

##### 5.9.2.1 Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o la alimentación de la central de fabricación, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica, componentes del árido grueso reciclado que no corresponda con



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

su clasificación  $(Rc+Ru)_{90}$  o tamaños superiores al máximo aprobado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tales como distinta coloración, segregación, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

A cada fracción granulométrica del árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada mil metros cúbicos ( $1.000 \text{ m}^3$ ) o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:
  - Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1, para cada fracción del árido.
  - Para el árido fino de la gravacemento, equivalente de arena ( $SE_4$ ) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
  - Humedad del árido grueso reciclado UNE 103300.
- Por cada cinco mil metros cúbicos ( $5.000 \text{ m}^3$ ) o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
  - Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la norma UNE-EN 13242. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
  - El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
  - Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
  - Contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1, del material granular.
  - Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso de la gravacemento, según la UNE-EN 1097-2.
  - Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino, según la UNE 7133.

Asimismo, se tomará un mínimo de dos (2) veces al día (mañana y tarde), según la UNE-EN 932-1, al menos una (1) muestra representativa de la mezcla de componentes en seco, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1.

Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Antes del proceso de amasado se comprobará que el árido grueso de reciclado se encuentra convenientemente humectado.

A la salida del mezclador se controlará el aspecto de la mezcla en cada elemento de transporte, rechazándose todas las mezclas segregadas y aquella cuya envuelta no sea homogénea.

Al menos una (1) vez por lote se determinará la humedad del material tratado, según la UNE 103300, y en todo caso se llevará a cabo este control dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde. Asimismo, se llevará un control del consumo medio de cemento.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador con las que se fabricarán probetas para la comprobación de su resistencia a compresión, que se fabricarán y conservarán según las condiciones previstas en la UNE-EN 13286-51. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el número de amasadas diferentes que se deben controlar, así como el número de probetas por amasada que haya que fabricar.

Se controlarán por cada lote, como mínimo dos (2) amasadas diferentes. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (< 3).

A estos efectos, en el caso de centrales discontinuas se considerará como amasada cada una de las descargas de la mezcladora, mientras que en centrales continuas será el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.

Se tomarán muestras a la salida de la mezcladora y se fabricarán y conservarán las probetas (UNE-EN 13286-51), si bien teniendo en cuenta que deberán compactarse hasta alcanzar una densidad seca no superior a la mínima exigida en el epígrafe 2.7.1. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41).

#### 5.9.2.2 *Puesta en obra*

##### 5.9.2.2.1 *Vertido y extensión*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.1 del PG-3.

##### 5.9.2.2.2 *Compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.2 del PG-3.

##### 5.9.2.2.3 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.3 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 5.9.3 *Control de recepción de la unidad terminada*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor y densidad de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. El número mínimo de testigos por lote será de seis (6). Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m), mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330) calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 513.7.4 del PG-3.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones, en perfiles transversales cada veinte metros (20 m). Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el epígrafe 5.7.3.

## 5.10 **Criterios de aceptación o rechazo**

### 5.10.1 *Densidad*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.1 del PG-3.

### 5.10.2 *Resistencia mecánica*

La resistencia media de un lote a una determinada edad, se determinará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el apartado 6.9.2.1. Si la resistencia media de las probetas del lote a los veintiocho días (28 d) fuera superior a 10 MPa e inferior a 15 MPa, se aceptará el lote.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Si la resistencia media fuera superior a 15 MPa deberán realizarse juntas de contracción por serrado a una distancia no superior a la indicada en el apartado 6.5.6 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar.

Si la resistencia media fuera inferior a la mínima exigida, pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de ensayos de información. Si fuera inferior al noventa por ciento (90%) de la mínima exigida el Contratista podrá elegir entre demoler el lote o esperar a los resultados de los ensayos de resistencia sobre testigos.

Los ensayos de información para la evaluación de la resistencia mecánica del lote no conforme se realizarán, en su caso, comparando los resultados de ensayos a compresión simple de testigos extraídos de ese lote con los de extraídos de un lote aceptado. Éste deberá estar lo más próximo posible y con unas condiciones de puesta en obra similares a las del lote no conforme.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el número de testigos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme), que en ningún caso deberá ser inferior a cuatro (4). La edad de rotura de los testigos, que será la misma para ambos lotes, será fijada por el Director de las Obras.

El valor medio de los resultados de los testigos del lote no conforme se comprobará con el valor medio de los extraídos en el lote aceptado:

- Si no fuera inferior, el lote se podrá aceptar.
- Si fuera inferior a él pero no a su noventa por ciento (90%), se aplicará al lote las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si fuera inferior a su noventa por ciento (90%) pero no a su ochenta por ciento (80%), el Director de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, por cuenta del Contratista.
- Si fuera inferior a su ochenta por ciento (80%), se demolerá el lote y se reconstruirá, por cuenta del Contratista.

Si no se cumple alguna de las condiciones indicadas se rechazará el lote, que será demolido, y su producto trasladado a vertedero o empleado como indique el Director de las Obras.

### 5.10.3 *Espesor*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.3 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 5.10.4 *Rasante*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.4 del PG-3.

#### 5.11 **Medición y Abono**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.11 del PG-3.

#### 5.12 **Especificaciones técnicas y distintivos de calidad**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Los áridos que componen este tipo de hormigón compactado dispondrán, como mínimo, del obligado marcado CE

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles -públicos y privados- autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/95, de 28 de diciembre.

### **NORMAS DE REFERENCIA EN ESTE ARTÍCULO**

---

- NLT-330 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras
- UNE 7133 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.
- 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.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.
- UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del 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 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.
- UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.



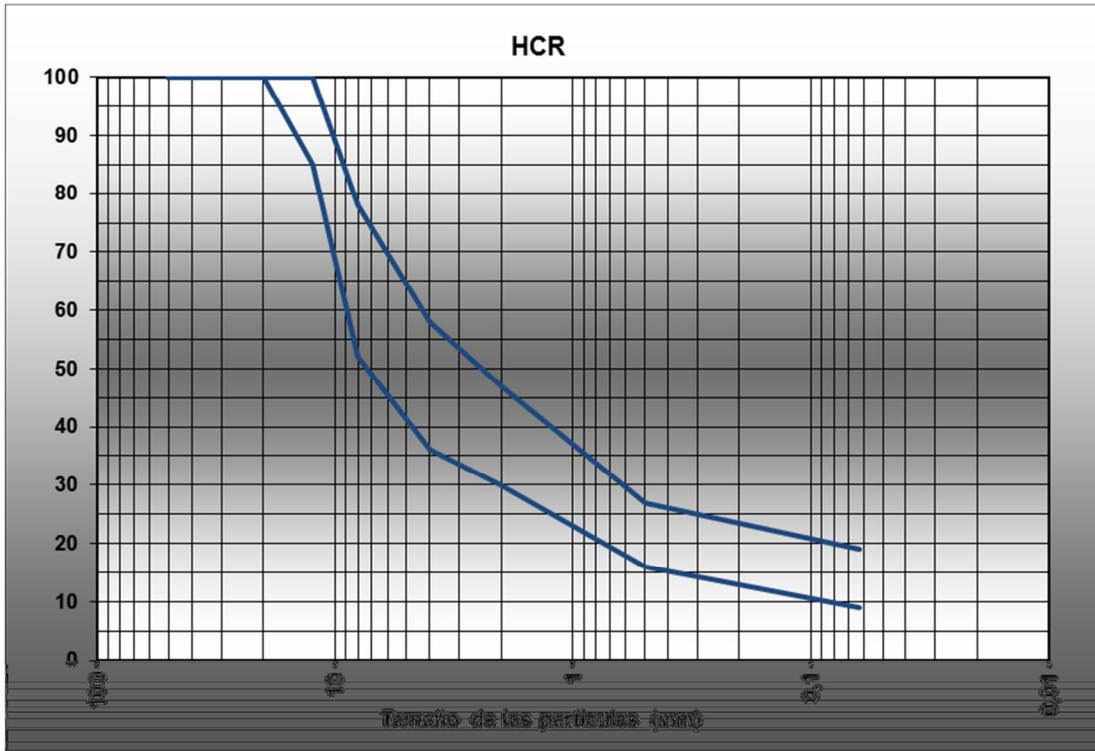
Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- 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.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE-EN 13242 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
- UNE-EN 13286-2 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 2: Métodos de ensayo para la determinación en laboratorio de la densidad de referencia y el contenido en agua. Compactación Proctor.
- UNE-EN 13286-41 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 41: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
- UNE-EN 13286-45 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
- UNE-EN 13286-51 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 51: Métodos de elaboración de probetas de mezclas con conglomerante hidráulico utilizando martillo vibratorio de compactación.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## ANEJO 1. HUSO GRANULOMÉTRICO





---

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **ANEJO 2. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL**

---

De los constituyentes:

- Documentos Marcado CE.

De los áridos de reciclados, además:

- Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de los residuos de construcción y demolición.
- Certificado de garantía del fabricante.
- Certificado de suministro del fabricante.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MARCADO CE

Los Constituyentes empleados en la fabricación de la gravacemento están obligados por la Directiva Europea a disponer del marcado CE.

Esta documentación consiste en:

- Etiqueta CE. De acuerdo con la norma de aplicación a cada producto.
- Declaración de prestaciones
- Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.

Se comprobará que el producto que se empleará en la obra se encuentra relacionado en este certificado.

A continuación, se adjuntan ejemplos de etiquetas CE de los productos empleados en este artículo:

- Fichas de características exigidas a cada uno de los dos tipos de gravacementos que servirá de referencia para analizar si lo declarado por el fabricante en su etiqueta CE cumple con lo solicitado en estas Recomendaciones.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de garantía.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## FICHA HCR

<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Sello de Marcado CE o AGRECA, según corresponda</p> </div>													
<b>EMPRESA</b> <b>DIRECCIÓN</b> XXXXXXXXXX													
<b>CENTRO DE PRODUCCIÓN</b> XXXXXXXXXXXXXX													
<p>Denominación: Hormigón seco compactado HRC            Tipo material: Hormigón            Uso previsto: Firmes de carreteras y obras varias, acerados,            vías ciclistas y peatonales y relleno de zanjas.</p>													
Tipo de material	XXXXXXXXXXXXXXXXXX												
Granulometría de las partículas													
UNE-EN 933-1													
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Tamiz (mm)</th> <th style="padding: 2px;">50</th> <th style="padding: 2px;">8</th> <th style="padding: 2px;">2</th> <th style="padding: 2px;">0,5</th> <th style="padding: 2px;">0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">% paso</td> <td style="padding: 2px;">100%</td> <td style="padding: 2px;">52-78%</td> <td style="padding: 2px;">30-47%</td> <td style="padding: 2px;">16-27%</td> <td style="padding: 2px;">9-19%</td> </tr> </tbody> </table>		Tamiz (mm)	50	8	2	0,5	0,063	% paso	100%	52-78%	30-47%	16-27%	9-19%
Tamiz (mm)	50	8	2	0,5	0,063								
% paso	100%	52-78%	30-47%	16-27%	9-19%								
Resistencia a compresión	≥ 10 Mpa												
UNE 12390-3													



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Dirección

Cliente: Nombre del cliente

Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

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

<b>Designación</b>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

<b>Producto con Marcado CE</b>	
Declaración de Prestaciones	<input type="checkbox"/>
Etiqueta CE completa	<input type="checkbox"/>
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	<input type="checkbox"/>

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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Nombre y cargo del responsable de suministro:

Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF)

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

### 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:



---

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Sello:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 6 Arena reciclada de RCD (AR RCD) para su empleo en camas de tuberías

### 6.1 Definición

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

El uso más solicitado para estas arenas es el de lecho de asiento de tuberías.

En el reglamento de certificación de la marca AGRECA se definen: la designación, las características y los criterios de control de producción de la arena reciclada.

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.

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, como sería el caso de su uso como constituyente de productos ligados: hormigones, morteros, mezclas bituminosas etc.

Su uso, como material no ligado, más habitual es el de lecho y envuelta de tuberías, siendo también empleada como capas de regularización y rellenos diversos en función de sus características físico-químicas

### 6.2 Materiales

*NORMA UNE EN 13242:2003+A1*

*OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN. NOTA 1*

*Los áridos empleados en construcción deberían cumplir con todos los requisitos de esta norma europea. El mandato M/125 "Áridos" incluye áridos reciclados y algunos materiales de procedencia nueva o no habitual así como los áridos naturales y artificiales conocidos y tradicionales. Los áridos reciclados se incluyen en las normas, existiendo para ellos normas de métodos de ensayo específicas que se encuentran en estado avanzado de elaboración. Para materiales no habituales de origen secundario, sin embargo, el trabajo de normalización ha empezado recientemente y*



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

*se necesita más tiempo para definir claramente la procedencia y características de estos materiales. Durante este tiempo, estos materiales no habituales, cuando se comercialicen como áridos deben cumplir totalmente con esta norma y con la reglamentación nacional sobre sustancias peligrosas (véase el anexo ZA de esta norma) dependiendo de su uso previsto. Se pueden pedir características y requisitos específicos caso por caso dependiendo de la experiencia de uso del producto, siempre que se encuentren definidos en documentos contractuales.*

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

### 6.3 Características generales

Se exige el marcado CE para los áridos finos cuando se emplean como constituyentes de: hormigón, mezcla bituminosa o árido para mortero. En los casos indicados en este artículo como arena para lecho de tuberías, no es requerida esta certificación. No obstante a ello, es importante, teniendo en cuenta la procedencia de los materiales reciclados, que el fabricante garantice una homogeneidad que asegure la calidad de la unidad de obra en la que se va a emplear la arena, por ello se solicita en estas Recomendaciones, y para todos los materiales reciclados, algún tipo de certificación, como es el marcado CE o en su ausencia otra como puede ser la certificación AGRECA.

Este material podrá utilizarse siempre que cumplan las prescripciones técnicas de estas recomendaciones y dispongan de la siguiente documentación de calidad:

- En los casos de emplear el árido en usos indicados en el Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011 será obligado disponer del marcado CE.
- En el caso de que el empleo de la arena reciclada no requiera el marcado CE, y este material se prepare en una instalación ajena a la obra, el fabricante deberá tener algún tipo de certificación voluntaria que incluya la documentación que se indica en el artículo 6.7.1.1.

Esos 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,

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

#### 6.4 Procedencia

El material procederá de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición. Dicha instalación y el gestor correspondiente deberá estar autorizada, por la administración competente, para el tratamiento de estos residuos.

La Dirección Técnica podrá autorizar la utilización de material reciclado procedente de instalaciones móviles asociadas a la obra, cumpliendo con las reglamentaciones vigentes.

#### 6.5 Designación

La designación de la arena de reciclado seguirá el esquema siguiente:

"Tipo y/o uso"	Granulometría "d/D"	Reciclado/a de "Origen"
----------------	---------------------	-------------------------

Donde:

<b>Tipo y/o uso</b>	aplicación del árido.
<b>d/D</b>	tamaño de árido d/D
<b>Origen</b>	tipo de origen (sin especificar código LER). En el caso que el fabricante así lo desee, podrá indicar simplemente RCD.

Ejemplo: Arena 0/8 reciclada de hormigón.

#### 6.6 Especificaciones

Como se ha indicado en el primer apartado, el empleo más solicitado para esta arena reciclada es la de lecho de tuberías, a continuación se indican las especificaciones recogidas en el catálogo de firmes y unidades de obra con áridos reciclados de residuos de construcción y demolición de AOPJA.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará, en su caso, las características especiales de la arena reciclada a emplear en cada unidad de obra.

En el caso de su empleo como lecho y envuelta de tuberías, las especificaciones que se solicitan para este material son las indicadas a continuación:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 6.6.1 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.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- Rc = Hormigón, productos de hormigón, morteros  
Unidades de albañilería de hormigón
- Ru = Áridos no tratados, piedra natural.  
Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos
- Rb = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).  
Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio  
Hormigón aireado no flotante.
- Ra = Materiales bituminosos.
- Rg = Vidrio
- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)  
Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.  
Yeso

El contenido máximo de impurezas para la arena reciclada de RCD será del 1%

$$X < 1\% \text{ en masa}$$

### 6.6.2 Granulometría.

#### 6.6.2.1 Tamaño máximo

El tamaño máximo de la arena será función del diámetro y tipo de la tubería. Y cumplirá lo indicado en la tabla 6.1

6.1 - TAMAÑO MÁXIMO DE LA ARENA

Diámetro y tipo de tubería		Tamaño máximo nominal de la arena (mm) (UNE EN 933-1)
Diámetro nominal (mm) tubería	100	10

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

<b>rígida</b>	100-150	15
	150-300	-
	300-550	-
	> 550	-
<b>Diámetro nominal (mm) tubería flexible</b>	100	10
	100-150	15
	150-300	-
	300-550	-
	> 550	-

#### 6.6.2.2 *Contenido en finos*

El contenido de finos (<0.063 mm) UNE-EN 933-1 será inferior al 10%. Este porcentaje de finos podrá incrementarse hasta el 16% siempre que el equivalente de arena ( $SE_4$ ), según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-8 sea superior a 25.

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.

#### 6.6.3 *Plasticidad*

La arena de reciclado deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Límite líquido, según la Norma UNE 103103, inferior a veinticinco (30).
- Índice de plasticidad, según la Norma UNE 103104, inferior a diez (10).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá indicar otras limitaciones de plasticidad de la arena para el uso de cada unidad de obra.

#### 6.6.4 *Características químicas*

La arena de reciclado deberá cumplir las siguientes características químicas:

- El contenido en azufre total, ( $SO_3$ ), según la UNE EN 1744-1 será inferior al 1.5 %.
- El contenido en sulfatos solubles en ácido, ( $SO_3$ ), según la UNE EN 1744-1 será inferior al 1.0 %.
- El contenido en cloruros, según la UNE EN 1744-5 será inferior al 0.1 %.

El contenido de azufre total podrá incrementarse hasta el 1.8% y el de sulfatos solubles en ácido hasta el 1.5% siempre que:

- El contenido en sulfatos solubles en agua expresados en  $SO_4$  según la UNE EN 1744-1 Apdo. 10.2 sea:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- $< 0.7$
- $< 0.5$  si va a estar en contacto con hormigón.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá indicar otras limitaciones de características químicas de la arena para el uso de cada unidad de obra.

## 6.7 Control de calidad

### 6.7.1 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.
- Ensayos de control de procedencia.

#### 6.7.1.1 Control documental

*Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la 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 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:

- La documentación de que este material ha sido preparado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
- Certificación de este material. La documentación de esta certificación consistirá como mínimo en:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Declaración de conformidad del fabricante.
  - Etiqueta de características.
  - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
- Certificado de suministro.
  - Certificado de garantía.

En el anejo de este artículo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos, modelos de certificado del CPF y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

#### 6.7.1.2 Verificación de la instalación de fabricación de la arena reciclada

Se realizará una visita de inspección a la planta de suministro del árido reciclado, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen de los materiales constituyentes del árido reciclado.
- Acopios de los áridos.
- Control de producción.

#### 6.7.1.3 Ensayos de control de procedencia

La procedencia del material se ajustará a lo indicado en el apartado 6.4.

De cada procedencia del material reciclado y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- El límite líquido y el índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- El contenido de sulfatos solubles en ácido, según la UNE EN 1744-1.
- El contenido de compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1.
- El contenido de cloruros, según la UNE EN 1744-5.
- El contenido de sulfatos solubles en agua para áridos reciclados, según la UNE EN 1744-1. (Apdo. 10.2)

En su caso

- Equivalente de arena UNE EN 933-8 (Anexo A)



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Este control de procedencia no será de aplicación obligatoria si la planta productora dispone de certificación para este material reciclado, de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.3.

#### 6.7.2 Control de ejecución.

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando las partidas que, a simple vista, presenten 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 semanal:
  - Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1, para cada fracción del árido de la gravacemento.
  - Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

En su caso

- Equivalente de arena UNE EN 933-8 (Anexo A)

En el caso de que este material disponga de certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 6.3, esta frecuencia de control podrá ser mensual.

- Con frecuencia mensual:
  - El contenido de compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1.
  - El contenido de sulfatos solubles en ácido, (SO<sub>3</sub>), según la UNE EN 1744-1.
  - El contenido de cloruros, según la UNE EN 1744-5.
  - El contenido de sulfatos solubles en agua para áridos reciclados, según la UNE EN 1744-1.(Apdo, 10.2)

En el caso de que este material disponga de certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 6.3, esta frecuencia de control podrá ser trimestral.

## 6.8 Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El control de procedencia del material reciclado se podrá evitar, y se rebaja el control de recepción de este material durante la ejecución en el caso de que presente una certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 6.3.

## **NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

---

- NLT-326 Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).
- 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 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del 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 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- 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.
- 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 conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## ANEJO. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL

---

Para el material reciclado:

- Certificación de acuerdo con lo indicado en 1.3:
  - Etiqueta de producto.
  - Declaración de conformidad.
  - Certificación, por Entidad Notificada para áridos, del Control de Producción.
- Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de los residuos de construcción y demolición.
- Certificado de garantía del fabricante.
- Certificado de suministro del fabricante.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MARCADO CE

Los Constituyentes empleados en la fabricación de la gravacemiento están obligados por la Directiva Europea a disponer del mercado CE.

Esta documentación consiste en:

- Etiqueta CE. De acuerdo con la norma de aplicación a cada producto.
- Declaración de prestaciones
- Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.

Se comprobará que el producto que se empleará en la obra se encuentra relacionado en este certificado.

A continuación, se adjuntan ejemplos de etiquetas CE de los productos empleados en este artículo:

- Fichas de características exigidas a cada uno de los dos tipos de gravacemientos que servirá de referencia para analizar si lo declarado por el fabricante en su etiqueta CE cumple con lo solicitado en estas Recomendaciones.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de garantía.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

**ETIQUETA DE PRODUCTO:**

 	<b>ARISTERRA, S.L.</b> C/ San Andrés, 19 29002 Málaga
<b>Planta Aristerra</b> Carril Los Chopos, El Tarajal 29012 Málaga	
<b>11</b>	
<b>Nº Certificado: 1377/AGRECA/0003</b> (se adjunta copia de dicho certificado)	
<b>Producto conforme al Reglamento AGRECA de Certificación de Producto</b>	
<b>Arena 0/8 reciclada de hormigón</b> Tipo material: Arena Uso previsto: Lecho tuberías y otros	
Granulometría de las partículas UNE-EN 933-1	<b>0/8</b>  % paso por tamiz D = 8 mm : <b>99 - 85 %</b>
Plasticidad UNE 103103 / UNE 103104	<b>LL &lt; 30 / IP &lt; 10</b>
Sulfatos solubles en ácido UNE-EN 1744-1	<b>≤ 1 %</b>
Sulfatos solubles en agua UNE-EN 1744-1	<b>≤ 1 %</b>
Contenido en cloruros UNE-EN 1744-5	<b>≤ 0,1 %</b>



---

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **CERTIFICACIÓN DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN:**



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



## CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN FÁBRICA

**1377/AGRECA/0003**

CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES Y CONTROL DE OBRA, S.A. (CEMOSA)  
CERTIFICA que los productos suministrados al mercado por:

**ARISTERRA, S.L.**

**C/ San Andrés, 19  
29002 Málaga**  
Y fabricados en:

**Planta Aristerra, Carril de Los Chopos, El Tarajal  
29012 Málaga**

Y que se indican a continuación:

Identificación del producto	Uso previsto
Suelo seleccionado 0/40 reciclado de RCDs (Zahorra artificial reciclada de RCDs)	Suelo seleccionado
Suelo seleccionado 0/100 reciclado de RCDs	Suelo seleccionado
Arena 0/8 reciclada de hormigón	Lecho tuberías y otros
Arena 0/8 reciclada de RCDs	Lecho tuberías y otros
Grava 32/40 reciclada de hormigón	Grava drenante
Macadam 40/80 reciclado de hormigón	Material drenante

Están sometidos por parte del fabricante a un sistema de control de producción en fábrica y al ensayo de muestras tomadas de acuerdo con un plan de ensayos preestablecido, y que se ha llevado a cabo la inspección del sistema implantado, mediante la evaluación y aprobación del mismo, conforme al Reglamento AGRECA de Certificación de Producto Ed 01 21/02/2011.

Este certificado fue emitido por primera vez el: 22 de Febrero de 2011

Este certificado es válido mientras no sea anulado o retirado por CEMOSA.

Fecha de última emisión: 22 de Febrero de 2011

Por CEMOSA:

Alfonso Valenzuela García  
Director de Certificación



Centro de Estudios de Materiales y  
Control de Obra, S.A. (CEMOSA)  
C/ Benavente 9 29004- Málaga  
Tel. 952 23 08 42 Fax. 952 23 12 14  
www.cemosa.es

Página 1 de 1

Este documento no puede ser reproducido parcialmente



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Dirección

Cliente: Nombre del cliente

Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

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

<b>Designación</b>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

<b>Producto con Marcado CE</b>	
Declaración de Prestaciones	<input type="checkbox"/>
Etiqueta CE completa	<input type="checkbox"/>
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	<input type="checkbox"/>

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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Nombre y cargo del responsable de suministro:

Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF)

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

### 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:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 7 Gravas recicladas de RCD (GR RCD) para material drenante

### 7.1 Definición. Composición

Las gravas recicladas son áridos gruesos que se preparan en las plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición, (RCD), para su posterior empleo en las obras de construcción

Para especificar sus posibles empleos, el fabricante debe declarar la composición de estos áridos según lo indicado en la norma UNE EN 933-11. En base a esta composición se define la categoría de la grava, según lo indicado en la norma UNE EN 13242.

En el reglamento de certificación de la marca AGRECA se definen: la designación, las características y los criterios de control de estos dos materiales reciclados.

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

Su posibilidad de empleo, tanto como árido ligado o no ligado, es el mismo que el de las gravas 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, como sería el de constituyente de productos ligados: hormigones, morteros, mezclas bituminosas etc.

Su uso, como material no ligado, más habitual, es el de material drenante, siendo también empleado como rellenos localizados o capas de apoyo con alta capacidad drenante.

La clasificación de las gravas recicladas se realiza según los criterios de la norma UNE EN 13242

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 lo indicado en la norma UNE-EN 933-11.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- Rc = Hormigón, productos de hormigón, morteros  
Piezas para fábricas de albañilería de hormigón.
- Ru = Áridos no tratado, piedra natural, áridos tratados con conglomerantes hidráulicos.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Rb = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).  
Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio  
Hormigón celular no flotante.
- Ra = Materiales bituminosos.
- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros. En especial se determinará la proporción de partículas de yesos.

El fabricante deberá declarar la categoría de la grava reciclada de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla 7.1.

Las proporciones de los materiales componentes de los productos reciclados se determinan según lo indicado en la norma UNE-EN 933-11.

TABLA 7.1 – CATEGORÍAS DE LOS COMPONENTES DE LOS PRODUCTOS RECICLADOS DE RCDS

Componente	Contenido Porcentaje en masa	Categoría
Rc	≥ 90	Rc90
	≥ 80	Rc80
Rc	≥ 70	Rc70
	≥ 50	Rc50
	< 50	Rc declarado
	Sin requisitos	Rc NR
Rc + Ru	≥ 95	Rcu95
	≥ 90	Rcu90
	≥ 70	Rcu70
	≥ 50	Rcu50
	< 50	Rcu declarado
	Sin requisitos	Rcu NR
Rb	≤ 10	Rb10-
	≤ 30	Rb30-
	≤ 50	Rb50-
	> 50	Rb declarado
	Sin requisitos	Rb NR
Ra	≤ 1	Ra1-
	≤ 5	Ra5-
	≤ 10	Ra10-



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

X + Rg	$\leq 0.5$ $\leq 1$ $\leq 2$	XRg0.5- XRg1- XRg2-
Componente	Contenido cm <sup>3</sup> /kg	Categoría
FL	$\leq 0.2(a)$ $\leq 2$ $\leq 5$	FL0.2- FL2- FL5-
(a) La categoría $\leq 0.2$ está destinada sólo para aplicaciones especiales que requieran un acabado superficial de alta calidad.		

## 7.2 Materiales

**NORMA UNE EN 13242:2003+A1**

**OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN. NOTA 1**

*Los áridos empleados en construcción deberían cumplir con todos los requisitos de esta norma europea. El mandato M/125 "Áridos" incluye áridos reciclados y algunos materiales de procedencia nueva o no habitual así como los áridos naturales y artificiales conocidos y tradicionales. Los áridos reciclados se incluyen en las normas, existiendo para ellos normas de métodos de ensayo específicas que se encuentran en estado avanzado de elaboración. Para materiales no habituales de origen secundario, sin embargo, el trabajo de normalización ha empezado recientemente y se necesita más tiempo para definir claramente la procedencia y características de estos materiales. Durante este tiempo, estos materiales no habituales, cuando se comercialicen como áridos deben cumplir totalmente con esta norma y con la reglamentación nacional sobre sustancias peligrosas (véase el anexo ZA de esta norma) dependiendo de su uso previsto. Se pueden pedir características y requisitos específicos caso por caso dependiendo de la experiencia de uso del producto, siempre que se encuentren definidos en documentos contractuales.*

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

## 7.3 Características generales

La exigencia de marcado CE para los áridos gruesos es para cuando se emplean para los distintitos usos recogidos en la Directiva europea como son: áridos para hormigón, mezclas bituminosas, áridos ligeros, áridos para zehorras y



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

gravacimientos, escolleras y balasto. En los casos indicados en este artículo como áridos drenantes, no es requerida esta certificación. No obstante a ello, es importante teniendo en cuenta la procedencia de los materiales reciclados, que el fabricante garantice una homogeneidad que asegure la calidad de la unidad de obra en la que se va a emplear la arena, por ello se solicita en estas Recomendaciones, y para todos los materiales reciclados, algún tipo de certificación, como es el marcado CE o en su ausencia otra como puede ser la certificación AGRECA.

Este material podrá utilizarse siempre que cumplan las prescripciones técnicas de estas recomendaciones y dispongan de la siguiente documentación de calidad:

- En los casos de emplear el árido en usos indicados en el Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011 será obligado disponer del marcado CE.
- En el caso de que el empleo de la arena reciclada no requiera el marcado CE, y este material se prepare en una instalación ajena a la obra, el fabricante deberá tener algún tipo de certificación voluntaria que incluya la documentación que se indica en el artículo 7.7.1.1.

Esos 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 a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

#### 7.4 Procedencia

El material procederá de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición. Dicha instalación y el gestor correspondiente deberá estar autorizada, por la administración competente, para el tratamiento de estos residuos.

La Dirección Técnica podrá autorizar la utilización de material reciclado procedente de instalaciones móviles asociadas a la obra, cumpliendo con las reglamentaciones vigentes.

#### 7.5 Designación

La designación de la arena de reciclado seguirá el esquema siguiente:

“Tipo y/o uso”	Granulometría “d/D”	Reciclado/a de “Origen”
----------------	---------------------	-------------------------

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Donde:

<b>Tipo y/o uso</b>	aplicación del árido.
<b>d/D</b>	tamaño de árido d/D
<b>Origen</b>	tipo de origen (sin especificar código LER). En el caso que el fabricante así lo desee, podrá indicar simplemente RCD.

Ejemplo: Grava 40/80 reciclado de hormigón, (Rcu90).

## 7.6 Especificaciones

Como se ha indicado en el primer apartado, el empleo más solicitado para estos áridos es la de material de alta capacidad drenante, por ello, las condiciones que a continuación se especifican se ajustan, principalmente, a este uso, se fijan condiciones granulométricas para evitar punzonamientos y químicas para impedir ataques químicos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará, en su caso, las características especiales de grava reciclada a emplear en cada unidad de obra.

En el caso de su empleo como material drenante, las especificaciones que se solicitan para este material son las indicadas a continuación:

### 7.6.1 Categoría

Las limitaciones de composición para estas gravas son:

- $X < 1\%$
- $FL < 2 \text{ cm}^3/\text{kg}$ .

En los casos que la capa drenante sea cubierta por láminas u otros materiales susceptibles de ser punzonados por las gravas, su contenido en material cerámico será inferior al 30% (Rb30-).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obras, podrá especificar otro valor para el uso de cada unidad de obra.

### 7.6.2 Granulometría.

Las condiciones granulométricas para las gravas como material drenante son las indicadas en la tabla 7.2

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 7.2 - CONDICIONES GRANULOMÉTRICAS PARA GRAVAS COMO MATERIAL DRENANTE.

<b>Condiciones de filtro</b> (*)	Generales	a) F15/d85 (Filtrante/capa a Drenar)	< 5
		b) F15/d15 (Filtrante/capa a Drenar)	> 5
		c) F50/d50 (Filtrante/capa a Drenar)	< 25
	En limos y arenas finas	F15	< 1 mm
	En suelos cohesivos	Las condiciones a) y b) son sustituidas por F15	< 0,4 mm > 0,1 mm
<b>Sistema previsto de evacuación del agua</b>	Uso con tubos perforados	F85/diámetro del orificio	> 1
	Uso con tubos con juntas abiertas	F85/apertura de la junta	> 1,2
	Uso con tubos de hormigón poroso	F85/ d15 del árido del tubo	> 0,2
	En drenaje por mechinales	F85/diámetro del mechinal	> 1
<b>Coefficiente de uniformidad</b>	En rellenos drenantes localizados	Coefficiente de uniformidad (F60/F10)	< 20
	En drenes ciegos	Coefficiente de uniformidad (F60/F10)	< 4

(\*) Los materiales drenantes estarán exentos de cumplir las condiciones de filtro en caso de utilizar un geotextil como elemento de separación y filtro

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### 7.6.3 Índice de lajas

En los casos que la capa drenante sea cubierta por láminas u otros materiales susceptibles de ser punzonados por las gravas, su índice de lajas según la norma UNE EN 933-3 será inferior al 35 %.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obras, podrá especificar otro valor para el uso de cada unidad de obra.

### 7.6.4 Desgaste los Ángeles

El coeficiente de desgaste los Ángeles, según la UNE EN 1097-2 será inferior a los indicados en la tabla 7.3

TABLA 7.3 – CATEGORÍA DEL VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES

<b>Los Ángeles</b>	Carga de tráfico igual e inferior a T4	< 50
UNE EN 1097-2	Carga de tráfico T2 y T3	< 45

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obras, podrá especificar otro valor para el uso de cada unidad de obra.

### 7.6.5 Características químicas

Las características químicas exigidas para las gravas para material drenante son las indicadas en la tabla 7.4

TABLA 7.4 – ESPECIFICACIONES QUÍMICAS

<b>Azufre total (SO<sub>3</sub>)</b>	<b>Materiales en contacto con hormigón</b>	<b>&lt; 0,5%</b>
UNE-EN 1744-1	En el resto de casos	1,30%

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá indicar otras limitaciones de características químicas de la arena para el uso de cada unidad de obra.

## 7.7 Control de calidad

### 7.7.1 Control de procedencia de la grava reciclada

El control de procedencia de los materiales constituyentes consistirá en:

- Control documental.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Visita de verificación de la instalación donde se fabrica la grava reciclada.
- Ensayos de control de procedencia.

#### 7.7.1.1 Control documental

*Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la 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 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:

- La documentación de que este material ha sido preparado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
- Certificación de este material. La documentación de esta certificación consistirá como mínimo en:
  - Declaración de conformidad del fabricante.
  - Etiqueta de características.
  - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
- Certificado de suministro.
- Certificado de garantía.

En el anejo de este artículo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos, modelos de certificado del CPF y de los documentos de certificados de garantía y suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

#### 7.7.1.2 Verificación de la instalación de fabricación de la grava reciclada

Se realizará una visita de inspección tanto de la instalación de fabricación de la grava reciclada de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Tipo de residuos empleados en la fabricación de la grava.
- Acopios del material reciclado.
- Procedimiento de fabricación.
- Control de producción.
- Certificación del control de producción.

#### 7.7.1.3 Ensayos de control de procedencia

La procedencia del material se ajustará a lo indicado en el apartado 7.4.

De cada procedencia del material reciclado y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según lo indicado en la tabla 8.1. Ensayo realizado según la UNE-EN 933-11. Determinándose del contenido de partículas de yeso, según UNE EN 933-11.
- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Índice de lajas UNE EN 933-3.
- Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
- El contenido de compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1.

Este control de procedencia no será de aplicación obligatoria si la planta productora dispone de certificación para este material reciclado, de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.3.

#### 7.7.2 Control de ejecución.

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando las partidas que, a simple vista, presenten restos de residuos que alteren la clasificación de material solicitada a la planta de acuerdo con las indicadas en estas recomendaciones. Se



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, etc.

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

- Con frecuencia semanal:
  - Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1, para cada fracción del árido de la gravacemento.
  - Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según el apartado 5.6 de la norma UNE-EN 13242:2003+A1. Ensayo realizado según la UNE-EN 933-11.
  - Contenido en partículas de yeso, según UNE EN 933-11.
  - Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

En el caso de que este material disponga de certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.7.1.1, esta frecuencia de control podrá ser mensual.

- Con frecuencia mensual:
  - Índice de lajas UNE EN 933-3.
  - Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
  - El contenido de compuestos totales de azufre, (SO<sub>3</sub>), según la UNE EN 1744-1.

En el caso de que este material disponga de certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.7.1.1, esta frecuencia de control podrá ser trimestral.

## 7.8 Especificaciones Técnicas y distintivos de Calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El control de procedencia del material reciclado se podrá evitar, y se rebaja el control de recepción de este material durante la ejecución en el caso de que presente una certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

---

- NLT-326 Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).
- 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 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del 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 933-11. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11 Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE- EN 13242. Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## **ANEJO. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL**

---

Para el material reciclado:

- Certificación de acuerdo con lo indicado en 1.3:
  - Etiqueta de producto.
  - Declaración de conformidad.
  - Certificación, por Entidad Notificada para áridos, del Control de Producción.
- Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de los residuos de construcción y demolición.
- Certificado de garantía del fabricante.
- Certificado de suministro del fabricante.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MARCADO CE

Los Constituyentes empleados en la fabricación de la gravacemiento están obligados por la Directiva Europea a disponer del mercado CE.

Esta documentación consiste en:

- Etiqueta CE. De acuerdo con la norma de aplicación a cada producto.
- Declaración de prestaciones
- Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.

Se comprobará que el producto que se empleará en la obra se encuentra relacionado en este certificado.

A continuación, se adjuntan ejemplos de etiquetas CE de los productos empleados en este artículo:

- Fichas de características exigidas a cada uno de los dos tipos de gravacemientos que servirá de referencia para analizar si lo declarado por el fabricante en su etiqueta CE cumple con lo solicitado en estas Recomendaciones.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de garantía.
- Un modelo con la información mínima que debe presentar un certificado de suministro.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

**ETIQUETA DE PRODUCTO:**

 		<b>ARISTERRA, S.L.</b> C/ San Andrés, 19 29002 Málaga	
<b>Planta Aristerra</b> Carril Los Chopos, El Tarajal 29012 Málaga			
<b>11</b>			
<b>Nº Certificado: 1377/AGRECA/0003</b> (se adjunta copia de dicho certificado)			
<b>Producto conforme al Reglamento AGRECA</b> <b>de Certificación de Producto</b>			
<b>Grava 32/40 reciclada de hormigón</b> <b>Tipo material: Material drenante</b> <b>Uso previsto: Grava drenante</b>			
<b>Composición</b> UNE-EN 933-11	Rc <sub>90</sub> Rb <sub>10</sub> Ra <sub>5</sub> XRg <sub>2</sub> .		
<b>Granulometría de las partículas</b> UNE-EN 933-1	32/40		
	% paso por tamiz 40: 99 - 80 %		
	% paso por tamiz 32: 35 - 0 %		
<b>Sulfatos solubles en ácido</b> UNE-EN 1744-1	≤ 1 %		
<b>Sulfatos solubles en agua</b> UNE-EN 1744-1	≤ 1 %		
<b>Desgaste de Los Angeles</b> UNE-EN 1097-2	≤ 45		



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

**ETIQUETA DE PRODUCTO:**

 		<b>ARISTERRA, S.L.</b> C/ San Andrés, 19 29002 Málaga	
<b>Planta Aristerra</b> Carril Los Chopos, El Tarajal 29012 Málaga  <b>11</b>			
<b>Nº Certificado: 1377/AGRECA/0003</b> (se adjunta copia de dicho certificado)			
<b>Producto conforme al Reglamento AGRECA de Certificación de Producto</b>			
<b>Macadam 40/80 reciclado de hormigón</b> <b>Tipo material: Material drenante</b> <b>Uso previsto: Material drenante</b>			
<b>Composición</b>	<b>Rc<sub>90</sub> Rb<sub>10</sub> Ra<sub>5</sub> XRg<sub>2</sub></b>		
UNE-EN 933-11			
<b>Granulometría de las partículas</b>	<b>40/80</b>		
UNE-EN 933-1			
	<b>% paso por tamiz 80:</b>	<b>100 %</b>	
	<b>% paso por tamiz 40:</b>	<b>10 - 0 %</b>	
<b>Sulfatos solubles en ácido</b>	<b>≤ 1 %</b>		
UNE-EN 1744-1			
<b>Sulfatos solubles en agua</b>	<b>≤ 1 %</b>		
UNE-EN 1744-1			
<b>Desgaste de Los Ángeles</b>	<b>≤ 45</b>		
UNE-EN 1097-2			



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## CERTIFICACIÓN DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN:



**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD  
DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN FÁBRICA**

**1377/AGRECA/0003**

CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES Y CONTROL DE OBRA, S.A. (CEMOSA)  
CERTIFICA que los productos suministrados al mercado por:

**ARISTERRA, S.L.**  
C/ San Andrés, 19  
29002 Málaga  
Y fabricados en:

**Planta Aristerra, Carril de Los Chopos, El Tarajal  
29012 Málaga**  
Y que se indican a continuación:

Identificación del producto	Uso previsto
Suelo seleccionado 0/40 reciclado de RCDs (Zahorra artificial reciclada de RCDs)	Suelo seleccionado
Suelo seleccionado 0/100 reciclado de RCDs	Suelo seleccionado
Arena 0/8 reciclada de hormigón	Lecho tuberías y otros
Arena 0/8 reciclada de RCDs	Lecho tuberías y otros
Grava 32/40 reciclada de hormigón	Grava drenante
Macadam 40/80 reciclado de hormigón	Material drenante

Están sometidos por parte del fabricante a un sistema de control de producción en fábrica y al ensayo de muestras tomadas de acuerdo con un plan de ensayos preestablecido, y que se ha llevado a cabo la Inspección del sistema implantado, mediante la evaluación y aprobación del mismo, conforme al Reglamento AGRECA de Certificación de Producto Ed 01 21/02/2011.

Este certificado fue emitido por primera vez el: 22 de Febrero de 2011

Este certificado es válido mientras no sea anulado o retirado por CEMOSA.

Fecha de última emisión: 22 de Febrero de 2011

Por CEMOSA:



Alfonso Valenzuela García  
Director de Certificación



Organismo Notificado  
Nº 1377



Ingeniería y Control

Centro de Estudios de Materiales y  
Control de Obra, S.A. (CEMOSA)  
C/ Betanque 9 29004-Málaga  
Tel. 952 23 08 42 Fax. 952 23 12 14  
www.cemosa.es

Página 1 de 1



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## 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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

### MODELO DE CERTIFICADO DE GARANTÍA

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE GARANTÍA DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Dirección

Cliente: Nombre del cliente

Obra: Nombre de obra

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

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

<b>Designación</b>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

<b>Producto con Marcado CE</b>	
Declaración de Prestaciones	<input type="checkbox"/>
Etiqueta CE completa	<input type="checkbox"/>
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	<input type="checkbox"/>

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:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO

LOGOTIPO EMPRESA	<b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b>	
---------------------	---	--

Nombre de la empresa

Nombre y cargo del responsable de suministro:

Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF)

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

### 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: