



# GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE ÁRIDOS RECICLADOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID



AGESMA  
ASOCIACIÓN DE EMPRESAS GESTORAS DE RESIDUOS DE  
LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE MADRID

Marzo de 2023

## Índice

<b>CAPÍTULO 0.- NECESIDADES DE LA GUÍA</b>	<b>10</b>
EQUIPO REDACTOR	10
<b>CAPÍTULO 1.- ESTADO DEL ARTE DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS</b>	<b>11</b>
Sección 1. INTRODUCCIÓN.	11
Sección 2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PRODUCIDOS.	13
Sección 3. TIPOLOGÍA DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.	15
Sección 4. PLANTAS EXISTENTES PARA LA GESTIÓN DE RCD.	16
ARTÍCULO 1.4.1.- PLANTAS DE TRANSFERENCIA.	16
ARTÍCULO 1.4.2.- PLANTAS DE RECICLAJE.	16
ARTÍCULO 1.4.3.- VERTEDEROS.	17
Sección 5. GESTIÓN DE TRATAMIENTO DE LOS ÁRIDOS DE RCD.	20
ARTÍCULO 1.5.1.- ENTRADA DE RCD EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO.	20
ARTÍCULO 1.5.2.- CONSUMO ACTUAL DE RCD (RECICLADO DE RCD).	20
ARTÍCULO 1.5.3.- POTENCIAL DE PRODUCCIÓN.	20
ARTÍCULO 1.5.4.- POTENCIAL DE TRATAMIENTO.	20
Sección 6. OBJETIVOS DE CONSUMO DE AR.	21
Sección 7. MARCADO CE.	23
Sección 8. CERTIFICACIÓN PRODUCTOS NO SUJETOS A MARCADO CE.	26
Sección 9. FUENTES DE INFORMACIÓN.	26
<b>CAPÍTULO 2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS</b>	<b>27</b>
Sección 1. INTRODUCCIÓN.	27
Sección 2. DEFINICIONES.	28
Sección 3. SUELOS RECICLADOS DE RCD.	31
ARTÍCULO 2.3.1.- DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.	31
ARTÍCULO 2.3.2.- MATERIALES.	31
ARTÍCULO 2.3.2.1.- Características generales.	32
ARTÍCULO 2.3.2.2.- Suelo seleccionado.	33
ARTÍCULO 2.3.2.3.- Suelo adecuado.	34
ARTÍCULO 2.3.2.4.- Suelo tolerable.	35
ARTÍCULO 2.3.3.- EMPLEO.	36
ARTÍCULO 2.3.3.1.- Uso por zonas.	36
ARTÍCULO 2.3.3.1.1.- Coronación.	36
ARTÍCULO 2.3.3.1.2.- Cimiento.	36
ARTÍCULO 2.3.3.1.3.- Núcleo.	37

ARTÍCULO 2.3.3.1.4.- Espaldones.	37
ARTÍCULO 2.3.3.2.- Grado de compactación.	37
ARTÍCULO 2.3.3.3.- Humedad de puesta en obra.	38
ARTÍCULO 2.3.4.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	39
ARTÍCULO 2.3.5.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	39
ARTÍCULO 2.3.5.1.- Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén.	39
ARTÍCULO 2.3.5.2.- Extensión de las tongadas.	39
ARTÍCULO 2.3.5.3.- Humectación o desecación.	39
ARTÍCULO 2.3.5.4.- Compactación.	40
ARTÍCULO 2.3.6.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN.	40
ARTÍCULO 2.3.7.- CONTROL DE CALIDAD.	40
ARTÍCULO 2.3.7.1.- Control de procedencia del material.	40
ARTÍCULO 2.3.7.1.1.- Control documental.	41
ARTÍCULO 2.3.7.1.2.- Verificación de la instalación.	41
ARTÍCULO 2.3.7.1.3.- Ensayos de control de procedencia.	42
ARTÍCULO 2.3.7.2.- Control de ejecución.	43
ARTÍCULO 2.3.7.2.1.- Control de fabricación / recepción.	43
ARTÍCULO 2.3.7.2.2.- Puesta en obra.	44
ARTÍCULO 2.3.7.2.3.- Control de la compactación.	44
ARTÍCULO 2.3.8.- MEDICIÓN Y ABONO.	47
ARTÍCULO 2.3.9.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.	47
ARTÍCULO 2.3.10.- NORMATIVA DE REFERENCIA.	47
<b>Sección 4. ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD.</b>	<b>50</b>
ARTÍCULO 2.4.1.- DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.	50
ARTÍCULO 2.4.2.- MATERIALES.	51
ARTÍCULO 2.4.2.1- Características Generales.	51
ARTÍCULO 2.4.2.2- Limpieza (Contenido en impurezas).	52
ARTÍCULO 2.4.2.3- Calidad de los finos.	52
ARTÍCULO 2.4.2.4- Plasticidad.	53
ARTÍCULO 2.4.2.5- Capacidad soporte (Índice CBR).	53
ARTÍCULO 2.4.2.6- Requisitos geométricos.	53
ARTÍCULO 2.4.2.6.1.- Granulometría.	53
ARTÍCULO 2.4.2.6.2.- Forma del árido grueso.	53
ARTÍCULO 2.4.2.6.3.- Angulosidad (porcentaje de caras de fractura).	54
ARTÍCULO 2.4.2.7- Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación (coeficiente de Los Ángeles).	54
ARTÍCULO 2.4.2.8- Requisitos químicos.	54
ARTÍCULO 2.4.2.8.1.- Compuestos de azufre.	54
ARTÍCULO 2.4.2.8.2.- Compuestos orgánicos.	55
ARTÍCULO 2.4.3.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	55
ARTÍCULO 2.4.3.1.- Consideraciones generales.	55
ARTÍCULO 2.4.3.2.- Central de fabricación.	55
ARTÍCULO 2.4.3.3.- Elementos de transporte.	55
ARTÍCULO 2.4.3.4.- Equipos de extensión.	56
ARTÍCULO 2.4.3.5.- Equipo de compactación.	56
ARTÍCULO 2.4.4.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	56
ARTÍCULO 2.4.4.1.- Estudio del material y obtención de la fórmula de trabajo.	56
ARTÍCULO 2.4.4.2.- Preparación de la superficie que va a recibir la zahorra.	56
ARTÍCULO 2.4.4.3.- Preparación del material.	57
ARTÍCULO 2.4.4.4.- Vertido y extensión de la zahorra.	57
ARTÍCULO 2.4.4.5.- Compactación de la zahorra.	57
ARTÍCULO 2.4.4.6.- Protección superficial.	57
ARTÍCULO 2.4.5.- TRAMO DE PRUEBA.	57
ARTÍCULO 2.4.6.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.	57
ARTÍCULO 2.4.6.1- Densidad.	57

ARTÍCULO 2.4.6.2- Capacidad soporte.	58
ARTÍCULO 2.4.6.3- Rasante, espesor y anchura.	59
ARTÍCULO 2.4.6.4- Regularidad superficial.	59
ARTÍCULO 2.4.7.- LÍMITES DE LA EJECUCIÓN.	59
ARTÍCULO 2.4.8.- CONTROL DE CALIDAD.	59
ARTÍCULO 2.4.8.1.- Control de procedencia del material.	59
ARTÍCULO 2.4.8.1.1.- Control documental.	59
ARTÍCULO 2.4.8.1.2.- Verificación de la instalación.	60
ARTÍCULO 2.4.8.1.3.- Ensayos de control de procedencia.	60
ARTÍCULO 2.4.8.2.- Control de ejecución.	61
ARTÍCULO 2.4.8.2.1.- Fabricación.	61
ARTÍCULO 2.4.8.2.2.- Puesta en obra.	62
ARTÍCULO 2.4.8.3.- CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA UNIDAD TERMINADA.	62
ARTÍCULO 2.4.9.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO.	63
ARTÍCULO 2.4.9.1.- Densidad.	63
ARTÍCULO 2.4.9.2.- Capacidad de soporte.	63
ARTÍCULO 2.4.9.3.- Espesor.	63
ARTÍCULO 2.4.9.4.- Rasante.	64
ARTÍCULO 2.4.9.5.- Regularidad superficial.	64
ARTÍCULO 2.4.10.- MEDICIÓN Y ABONO.	64
ARTÍCULO 2.4.11.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.	64
ARTÍCULO 2.4.12.- NORMATIVA DE REFERENCIA.	64
<b>Sección 5. ARENA RECICLADA DE RCD PARA SU EMPLEO EN CAMAS DE TUBERÍAS.</b>	<b>67</b>
ARTÍCULO 2.5.1.- DEFINICIÓN.	67
ARTÍCULO 2.5.2.- MATERIALES.	67
ARTÍCULO 2.5.3.- CARACTERISTICAS GENERALES.	68
ARTÍCULO 2.5.4.- PROCEDENCIA.	68
ARTÍCULO 2.5.5.- DESIGNACIÓN.	68
ARTÍCULO 2.5.6.- ESPECIFICACIONES.	69
ARTÍCULO 2.5.6.1.- Composición.	69
ARTÍCULO 2.5.6.2.- Granulometría.	70
ARTÍCULO 2.5.6.2.1.- Tamaño máximo.	70
ARTÍCULO 2.5.6.2.2.- Contenido en finos.	70
ARTÍCULO 2.5.6.3.- Plasticidad.	71
ARTÍCULO 2.5.6.4.- Características químicas.	71
ARTÍCULO 2.5.7.- CONTROL DE CALIDAD.	71
ARTÍCULO 2.5.7.1.- Control de procedencia de la arena reciclada.	71
ARTÍCULO 2.5.7.1.1.- Control documental.	71
ARTÍCULO 2.5.7.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación de la arena reciclada.	72
ARTÍCULO 2.5.7.1.3.- Ensayos de control de procedencia.	72
ARTÍCULO 2.5.7.2.- Control de ejecución.	73
ARTÍCULO 2.5.8.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.	74
ARTÍCULO 2.5.9.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.	74
<b>Sección 6. GRAVAS RECICLADAS DE RCD.</b>	<b>76</b>
ARTÍCULO 2.6.1.- DEFINICIÓN.COMPOSICIÓN.	76
ARTÍCULO 2.6.2.- MATERIALES.	77
ARTÍCULO 2.6.3.- CARACTERISTICAS GENERALES.	78
ARTÍCULO 2.6.4.- PROCEDENCIA.	79
ARTÍCULO 2.6.5.- DESIGNACIÓN	79
ARTÍCULO 2.6.6.- ESPECIFICACIONES.	79
ARTÍCULO 2.6.6.1.- Categoría.	80
ARTÍCULO 2.6.6.2.- Granulometría.	80
ARTÍCULO 2.6.6.3.- Índice de lajas.	81
ARTÍCULO 2.6.6.4.- Desgaste Los Ángeles.	81

ARTÍCULO 2.6.6.5.- Características químicas.	82
ARTÍCULO 2.6.7.- CONTROL DE CALIDAD.	82
ARTÍCULO 2.6.7.1.- Control de procedencia de la grava reciclada.	82
ARTÍCULO 2.6.7.1.1.- Control documental.	82
ARTÍCULO 2.6.7.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación de la grava reciclada.	83
ARTÍCULO 2.6.7.1.3.- Ensayos de control de procedencia.	83
ARTÍCULO 2.6.7.2.- Control de ejecución.	84
ARTÍCULO 2.6.8.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.	84
ARTÍCULO 2.6.9.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.	85
<b>Sección 7. MATERIALES GRANULARES RECICLADOS DE RCD TRATADOS CON CEMENTO.</b>	
<b>SUELOCEMENTO RECICLADO DE RCD (SCR).</b>	<b>86</b>
ARTÍCULO 2.7.1.- DEFINICION. CLASIFICACIÓN.	86
ARTÍCULO 2.7.2.- MATERIALES.	87
ARTÍCULO 2.7.2.1.- Cemento.	87
ARTÍCULO 2.7.2.2.- Materiales granulares reciclados.	87
ARTÍCULO 2.7.2.2.1.- Características generales.	87
ARTÍCULO 2.7.2.2.2.- Procedencia.	88
ARTÍCULO 2.7.2.2.3.- Composición RCD.	89
ARTÍCULO 2.7.2.2.4.- Composición química.	89
ARTÍCULO 2.7.2.2.5.- Plasticidad.	90
ARTÍCULO 2.7.2.3.- Agua.	90
ARTÍCULO 2.7.2.4.- Aditivos.	90
ARTÍCULO 2.7.3.- TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA.	91
ARTÍCULO 2.7.4.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS.	92
ARTÍCULO 2.7.5.- FABRICACIÓN DE LA MEZCLA EN CENTRAL.	92
ARTÍCULO 2.7.5.1.- Central de fabricación.	92
ARTÍCULO 2.7.5.2.- Elementos de transporte.	92
ARTÍCULO 2.7.5.3.- Equipos de extensión.	92
ARTÍCULO 2.7.5.4.- Equipos de compactación.	92
ARTÍCULO 2.7.5.5.- Equipos para la ejecución de juntas transversales en fresco.	92
ARTÍCULO 2.7.6.- FABRICACIÓN DEL SUELOCEMENTO IN SITU.	93
ARTÍCULO 2.7.7.- EJECUCION DE LAS OBRAS.	93
ARTÍCULO 2.7.7.1.- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.	93
ARTÍCULO 2.7.7.2.- Fabricación de la mezcla en central.	94
ARTÍCULO 2.7.7.2.1.- Preparación de la superficie existente.	94
ARTÍCULO 2.7.7.2.2.- Fabricación de la mezcla en central.	94
ARTÍCULO 2.7.7.2.3.- Transporte de la mezcla.	95
ARTÍCULO 2.7.7.2.4.- Vertido y extensión de la mezcla.	95
ARTÍCULO 2.7.7.2.5.- Prefisuración.	95
ARTÍCULO 2.7.7.2.6.- Compactación y terminación.	95
ARTÍCULO 2.7.7.2.7.- Ejecución de juntas de trabajo.	95
ARTÍCULO 2.7.7.2.8.- Curado y protección superficial.	95
ARTÍCULO 2.7.7.3.- Fabricación de la mezcla in situ.	95
ARTÍCULO 2.7.7.3.1.- Preparación de la superficie existente.	95
ARTÍCULO 2.7.7.3.2.- Disgregación del suelo.	95
ARTÍCULO 2.7.7.3.3.- Humectación o desecación del suelo.	96
ARTÍCULO 2.7.7.3.4.- Distribución del cemento.	96
ARTÍCULO 2.7.7.3.5.- Ejecución de la mezcla.	96
ARTÍCULO 2.7.7.3.6.- Compactación.	96
ARTÍCULO 2.7.7.3.7.- Terminación de la superficie.	97
ARTÍCULO 2.7.7.3.8.- Ejecución de las juntas.	97
ARTÍCULO 2.7.7.3.9.- Curado y protección superficial.	97
ARTÍCULO 2.7.8.- TRAMO DE PRUEBA.	97
ARTÍCULO 2.7.9.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.	97
ARTÍCULO 2.7.9.1.- Densidad.	97

ARTÍCULO 2.7.9.2.- Resistencia mecánica.	97
ARTÍCULO 2.7.9.3.- Terminación, rasante, anchura y espesor.	97
ARTÍCULO 2.7.10.- LIMITACIONES DE LA EJECUCION.	97
ARTÍCULO 2.7.11.- CONTROL DE CALIDAD.	98
ARTÍCULO 2.7.11.1.- Control de procedencia de los materiales constituyentes.	98
ARTÍCULO 2.7.11.2.- Control documental.	98
ARTÍCULO 2.7.11.3.- Verificación de la instalación de fabricación del suelocemento.	99
ARTÍCULO 2.7.11.4.- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.	99
ARTÍCULO 2.7.11.4.1.- Cemento.	99
ARTÍCULO 2.7.11.4.2.- Material reciclado.	99
ARTÍCULO 2.7.11.5.- Control de ejecución. (Fabricación del suelocemento en central).	100
ARTÍCULO 2.7.11.5.1.- Fabricación del suelocemento en central.	100
ARTÍCULO 2.7.11.5.2.- Puesta en obra.	102
ARTÍCULO 2.7.11.5.2.1.- Vertido, extensión y prefisuración.	102
ARTÍCULO 2.7.11.5.2.2.- Compactación.	102
ARTÍCULO 2.7.11.5.2.3.- Curado y protección superficial.	102
ARTÍCULO 2.7.11.6.- Control de ejecución. Fabricación del suelocemento in situ.	102
ARTÍCULO 2.7.11.7.- Control de recepción de la unidad terminada.	102
ARTÍCULO 2.7.12.- CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO DEL LOTE.	103
ARTÍCULO 2.7.12.1.- Densidad.	103
ARTÍCULO 2.7.12.2.- Resistencia mecánica.	103
ARTÍCULO 2.7.12.3.- Espesor.	103
ARTÍCULO 2.7.12.4.- Rasante.	103
ARTÍCULO 2.7.13.- MEDICION Y ABONO.	103
ARTÍCULO 2.7.14.- ESPECIFICACIONES TECNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.	103
ARTÍCULO 2.7.15.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO	103
<b>Sección 8. GRAVACIMIENTO CON ÁRIDOS GRUESOS RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN (GCR HORM).</b>	<b>106</b>
ARTÍCULO 2.8.1.- DEFINICION. CLASIFICACIÓN.	106
ARTÍCULO 2.8.2.- MATERIALES.	106
ARTÍCULO 2.8.2.1.- Cemento.	107
ARTÍCULO 2.8.2.2.- Áridos.	107
ARTÍCULO 2.8.2.2.1.- Características generales.	107
ARTÍCULO 2.8.2.2.2.- Composición química.	107
ARTÍCULO 2.8.2.2.3.- Árido grueso.	108
ARTÍCULO 2.8.2.2.3.1.- Requisitos geométricos.	109
ARTÍCULO 2.8.2.2.3.1.1.- Forma del árido grueso.	109
ARTÍCULO 2.8.2.2.3.1.2.- Porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos.	109
ARTÍCULO 2.8.2.2.3.2.- Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación.	110
ARTÍCULO 2.8.2.2.4.- Árido fino.	110
ARTÍCULO 2.8.2.2.4.1.- Plasticidad.	110
ARTÍCULO 2.8.2.2.4.2.- Equivalente de arena	111
ARTÍCULO 2.8.2.3.- Agua.	111
ARTÍCULO 2.8.2.4.- Aditivos.	111
ARTÍCULO 2.8.3.- TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.	111
ARTÍCULO 2.8.4.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	112
ARTÍCULO 2.8.4.1.- Central de fabricación.	112
ARTÍCULO 2.8.4.2.- Elementos de transporte.	113
ARTÍCULO 2.8.4.3.- Equipo de extensión.	113
ARTÍCULO 2.8.4.4.- Equipo de compactación	113
ARTÍCULO 2.8.4.5.- Equipo para la ejecución de la junta longitudinal y las transversales en fresco.	113
ARTÍCULO 2.8.5.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	113
ARTÍCULO 2.8.5.1.- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.	113

ARTÍCULO 2.8.5.2.- Preparación de la superficie existente.	115
ARTÍCULO 2.8.5.3.- Fabricación de la mezcla.	115
ARTÍCULO 2.8.5.4.- Transporte de la mezcla.	116
ARTÍCULO 2.8.5.5.- Vertido y extensión de la mezcla.	116
ARTÍCULO 2.8.5.6.- Prefisuración.	116
ARTÍCULO 2.8.5.7.- Compactación y terminación.	116
ARTÍCULO 2.8.5.8.- Ejecución de las juntas de trabajo.	116
ARTÍCULO 2.8.5.9.- Curado y protección superficial.	116
ARTÍCULO 2.8.6.- TRAMO DE PRUEBA.	116
ARTÍCULO 2.8.7.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.	116
ARTÍCULO 2.8.7.1.- Densidad.	116
ARTÍCULO 2.8.7.2.- Resistencia mecánica.	117
ARTÍCULO 2.8.7.3.- Terminación, rasante, anchura y espesor.	117
ARTÍCULO 2.8.7.4.- Regularidad superficial.	117
ARTÍCULO 2.8.8.- LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.	117
ARTÍCULO 2.8.9.- CONTROL DE CALIDAD.	117
ARTÍCULO 2.8.9.1.- Control de procedencia de los materiales constituyentes.	117
ARTÍCULO 2.8.9.1.1.- Control documental.	117
ARTÍCULO 2.8.9.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación de la gravacemento.	118
ARTÍCULO 2.8.9.1.3.- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.	119
ARTÍCULO 2.8.9.1.3.1.- Cemento.	119
ARTÍCULO 2.8.9.1.3.2.- Áridos.	119
ARTÍCULO 2.8.9.4.- Control de ejecución.	120
ARTÍCULO 2.8.9.4.1.- Fabricación.	120
ARTÍCULO 2.8.9.4.2.- Puesta en obra.	121
ARTÍCULO 2.8.9.4.2.1.- Vertido, extensión y prefisuración.	121
ARTÍCULO 2.8.9.4.2.2.- Compactación.	122
ARTÍCULO 2.8.9.4.2.3.- Curado y protección superficial.	122
ARTÍCULO 2.8.9.5.- Control de recepción de la unidad terminada	122
ARTÍCULO 2.8.10.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.	123
ARTÍCULO 2.8.10.1.- Densidad.	123
ARTÍCULO 2.8.10.2.- Resistencia mecánica.	123
ARTÍCULO 2.8.10.3.- Espesor.	123
ARTÍCULO 2.8.10.4.- Rasante.	123
ARTÍCULO 2.8.10.5.- Regularidad superficial.	123
ARTÍCULO 2.8.11.- MEDICIÓN Y ABONO.	123
ARTÍCULO 2.8.12.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.	123
ARTÍCULO 2.8.13.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.	124
<b>Sección 9. BASE DE HORMIGÓN CON ÁRIDOS GRUESOS RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN (BHR).</b>	<b>126</b>
ARTÍCULO 2.9.1.- DEFINICION. CLASIFICACIÓN.	126
ARTÍCULO 2.9.2.- MATERIALES.	126
ARTÍCULO 2.9.2.1.- Cemento.	127
ARTÍCULO 2.9.2.2.- Áridos.	127
ARTÍCULO 2.9.2.2.1.- Características generales.	127
ARTÍCULO 2.8.2.2.2.- Composición química.	127
ARTÍCULO 2.9.2.2.3.- Árido grueso.	128
ARTÍCULO 2.9.2.2.3.1.- Requisitos geométricos.	129
ARTÍCULO 2.9.2.2.3.1.1.- Forma del árido grueso.	129
ARTÍCULO 2.9.2.2.3.1.2.- Porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos.	129
ARTÍCULO 2.9.2.2.3.2.- Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación.	130
ARTÍCULO 2.9.2.2.4.- Árido fino.	130
ARTÍCULO 2.9.2.2.4.1.- Plasticidad.	130
ARTÍCULO 2.9.2.2.4.2.- Equivalente de arena.	131

ARTÍCULO 2.9.2.3.- Agua.	131
ARTÍCULO 2.9.2.4.- Aditivos.	131
ARTÍCULO 2.9.2.5.- Productos filmógenos de curado.	131
ARTÍCULO 2.9.3.- TIPO Y COMPOSICIÓN DEL BHR.	131
ARTÍCULO 2.9.4.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	132
ARTÍCULO 2.9.4.1.- Consideraciones generales.	132
ARTÍCULO 2.9.4.2.- Central de fabricación.	132
ARTÍCULO 2.9.4.3.- Elementos de transporte.	132
ARTÍCULO 2.9.4.4.- Equipos de puesta en obra	132
ARTÍCULO 2.9.4.5.- Distribuidor del producto de filmógeno de curado.	132
ARTÍCULO 2.9.5.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	133
ARTÍCULO 2.9.5.1.- Estudio y obtención de la fórmula de trabajo.	133
ARTÍCULO 2.9.5.2.- Preparación de la superficie de asiento.	133
ARTÍCULO 2.9.5.3.- Fabricación del BHR.	133
ARTÍCULO 2.9.5.3.1.- Acopio de áridos.	133
ARTÍCULO 2.9.5.3.2.- Suministro y acopio de cemento.	133
ARTÍCULO 2.9.5.3.3.- Acopio de aditivos.	133
ARTÍCULO 2.9.5.3.4.- Amasado.	133
ARTÍCULO 2.9.5.4.- Transporte.	134
ARTÍCULO 2.9.5.5.- Puesta en obra.	134
ARTÍCULO 2.9.5.6.- Ejecución de juntas de puesta en obra del hormigón.	134
ARTÍCULO 2.9.5.7.- Terminación.	134
ARTÍCULO 2.9.5.8.- Protección y curado.	135
ARTÍCULO 2.9.6.- TRAMO DE PRUEBA.	135
ARTÍCULO 2.9.7.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.	135
ARTÍCULO 2.9.7.1.- Resistencia.	135
ARTÍCULO 2.9.7.2.- Alineación, rasante, espesor y anchura.	135
ARTÍCULO 2.9.7.3.- Regularidad superficial.	135
ARTÍCULO 2.9.8.- LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.	135
ARTÍCULO 2.9.9.- CONTROL DE CALIDAD.	135
ARTÍCULO 2.9.9.1.- Control de procedencia de los materiales.	136
ARTÍCULO 2.9.9.1.1.- Control documental.	136
ARTÍCULO 2.9.9.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación del BHR.	137
ARTÍCULO 2.9.9.1.3.- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.	137
ARTÍCULO 2.9.9.1.3.1.- Cemento.	137
ARTÍCULO 2.9.9.1.3.2.- Áridos.	137
ARTÍCULO 2.9.9.2.- Control de ejecución.	138
ARTÍCULO 2.9.9.2.1.- Fabricación.	138
ARTÍCULO 2.9.9.2.2.- Puesta en obra.	139
ARTÍCULO 2.9.9.3.- Control de recepción de unidad terminada.	140
ARTÍCULO 2.9.10.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.	141
ARTÍCULO 2.9.11.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.	141
<b>Sección 10. AUTOCONSUMO</b>	<b>143</b>
<b>Sección 11. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL.</b>	<b>144</b>
ARTÍCULO 2.11.1.- DOCUMENTOS QUE GARANTICEN QUE EL PRODUCTOR ES UN GESTOR AUTORIZADO.	144
ARTÍCULO 2.11.2.- DOCUMENTOS MARCADO CE.	144
ARTÍCULO 2.11.3.- CERTIFICADO DE GARANTÍA DEL FABRICANTE.	144
ARTÍCULO 2.11.4.- CERTIFICADO DE SUMINISTRO DEL FABRICANTE	146
<b>Sección 12. FICHAS DE CARACTERIZACIÓN.</b>	<b>147</b>
<b>CAPÍTULO 3.- CATÁLOGO DE FIRMES CON ÁRIDOS DE RCD</b>	<b>158</b>



<b>Sección 1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>158</b>
---------------------------------	------------

<b>CAPÍTULO 4.- CONTRATACIÓN PÚBLICA ECOLÓGICA</b>	<b>160</b>
--	------------

<b>Sección 1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>162</b>
---------------------------------	------------

<b>Sección 2. FIGURAS INVOLUCRADAS EN LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RCDS.</b>	<b>163</b>
--	------------

ARTÍCULO 5.2.1.- DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS.	163
ARTÍCULO 5.2.2.- OBLIGACIONES DE LA PERSONA O ENTIDAD PRODUCTORA DE RCDS.	164
ARTÍCULO 5.2.3.- OBLIGACIONES DE LA PERSONA O ENTIDAD POSEEDORA DE RCDS.	165
ARTÍCULO 5.2.4.- OBLIGACIONES DE LA PERSONA O ENTIDAD GESTORA DE RCDS.	166
ARTÍCULO 5.2.5.- OBLIGACIONES DE LOS TRANSPORTISTAS.	168
ARTÍCULO 5.2.6.- OBLIGACIÓN DEL PROYECTISTA.	168
ARTÍCULO 5.2.7.- OBLIGACIONES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.	169
ARTÍCULO 5.2.8.- OBLIGACIONES DE LAS ADMINISTRACIONES LOCALES.	170
ARTÍCULO 5.2.9.- OBLIGACIONES DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS.	170

<b>Sección 3. ORIGEN Y PRODUCCIÓN DE RCDS.</b>	<b>171</b>
--	------------

ARTÍCULO 5.3.1.- CONTROL Y GESTIÓN DE RCDS.	173
---	-----

<b>Sección 4. INGENIERÍA DEL PROCESO.</b>	<b>178</b>
---	------------

ARTÍCULO 5.4.1.- IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RCD A LA ENTRADA A LA PLANTA.	178
ARTÍCULO 5.4.2.- ACOPIO DEL RCDS.	180
ARTÍCULO 5.4.3.- TRATAMIENTO DEL RCD.	181
ARTÍCULO 5.4.3.1.- Pre-tratamiento.	181
ARTÍCULO 5.4.3.2.- Tratamiento primario.	181
ARTÍCULO 5.4.3.3.- Tratamiento secundario.	183
ARTÍCULO 5.4.4.- MATERIALES PRODUCIDOS.	186

<b>Sección 5. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS RECICLADOS.</b>	<b>188</b>
--	------------

<b>Sección 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>192</b>
---	------------

## **CAPÍTULO 0.- NECESIDADES DE LA GUÍA**

Esta guía surge por la necesidad de mejorar la información en materia de RCD y poder cumplir los objetivos de gestión de RCD fijados en el PEMAR (Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022), así como en el Plan de Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición de la comunidad de Madrid (2017-2024)

El principal objetivo es el de promocionar la utilización de los materiales procedentes de los RCD valorizables en las obras de construcción, tales como obras con relleno de tierra, de capas estructurales (sub-bases de carretera, viales, capa de forma y sub-balasto en obras de ferrocarril), así como la fabricación de hormigones, rellenos de áreas degradadas, restauraciones paisajísticas, etc., siempre y cuando se garantice que los **materiales reciclados cumplan los requisitos de calidad** y prescripciones de la normativa vigente en cada caso. A tal fin, se debe fomentar 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**, en línea con el contenido de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de Residuos y Suelos Contaminados para una economía Circular.

### **EQUIPO REDACTOR**

El equipo redactor está constituido por:

- Manuel Salas Casanova. Licenciado en Ciencias Químicas. Director del Departamento de Control de Calidad y Materiales de Cemosá.
- Francisco Quero Cano. CEO Tryobsa Ambiental. Presidente de Agesma.
- Juan Diego Berjón. Ingeniero de Montes. Máster en Gestión Ambiente. Jefe de Servicio en Surge Ambiental (Grupo Sacyr)
- Justo Prudencio Díaz. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico de Tecnología y Reciclado, S.L.
- Raúl Martínez Martínez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de Plantas de firmes de Áridos de Melo, S.L. (Grupo FCC)
- Pablo Pérez González. Dr. Ingeniero Industrial. Director Técnico AGESMA.

## CAPÍTULO 1.- ESTADO DEL ARTE DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS

### Sección 1. INTRODUCCIÓN.

---

Debido a su volumen, los residuos de construcción y demolición (RCD) suponen el mayor flujo de residuos de la UE: representan aproximadamente un tercio de todos los residuos generados en la Unión. Una gestión adecuada de los residuos de la construcción y demolición y de los materiales reciclados, que incluya una manipulación correcta de residuos peligrosos, puede suponer grandes beneficios en cuanto a la sostenibilidad y la calidad de vida. Asimismo, también puede reportar grandes beneficios para la industria de la construcción y el reciclaje en la UE, ya que potencia la demanda de materiales reciclados de construcción y demolición.

Sin embargo, una de las mayores dificultades a la hora de reciclar y reutilizar residuos de construcción y demolición en la UE es la falta de confianza en la calidad de los materiales reciclados procedentes de estas actividades. Esta desconfianza restringe y reduce la demanda de materiales reciclados de construcción y demolición, lo cual inhibe el desarrollo de la gestión de estos residuos y de las infraestructuras de reciclaje en la UE.

El objetivo es convertir a Europa en una sociedad eficiente en el uso de los recursos, que produzca menos residuos y que utilice como recurso, siempre que sea posible, los que no pueden ser evitados. En definitiva se trata de sustituir una economía lineal basada en producir, consumir y tirar, por una economía circular en la que se reincorporen al proceso productivo una y otra vez los materiales que contienen los residuos para la producción de nuevos productos o materias primas. En este planteamiento, el reciclaje o la valorización material de los residuos, juegan un papel primordial.

La presente guía se crea con el fin de estimular la transición en la comunidad de Madrid a una economía circular para mejorar la competitividad global, fomentar el crecimiento económico sostenible y generar nuevos puestos de trabajo. Las medidas propuestas contribuirán a alcanzar el objetivo de la Directiva marco de Residuos (Directiva 2008/98/CE sobre los residuos) de reciclar el 70 % de los residuos de construcción y demolición en 2020, cerrando así el ciclo de vida de los productos mediante el aumento del reciclaje y la reutilización, y conllevarán beneficios tanto para el medio ambiente como para la economía.

El marco legislativo de residuos en la Unión Europea es el siguiente:

- **Directiva (UE) 2018/851** del parlamento europeo y del consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos.
- **Directiva (UE) 2018/850** del parlamento europeo y del consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos.

- **Directiva 2008/98/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.
- **Decisión de la Comisión 2000/532/CE**, que establece una lista de residuos de conformidad con la Directiva 75/442/CEE, y sus modificaciones, efectuadas mediante la decisión de la comisión 2001/119/CE.
- **Decisión 738/2000** “Aplicación de la Directiva 1999/31”.
- **Directiva 1999/31** “Vertido de Residuos”.
- **Directiva 1996/61** “Prevención y Control integrados de la Contaminación –IPPC”.

A nivel nacional, la legislación aplicable a los RCD es la siguiente:

- **Orden APM/1007/2017**, de 10 de octubre, sobre normas generales de valorización de materiales naturales excavados para su utilización en operaciones de relleno y obras distintas a aquéllas en las que se generaron. Inerte adecuado.
- **Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022**.
- **El Real Decreto 553/2020, de 2 de junio**, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.
- **Ley 7/2022, de 8 abril**, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- **Real Decreto 105 / 2008, de 1 de febrero**, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- **Real Decreto 646/2020, de 7 de julio**, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

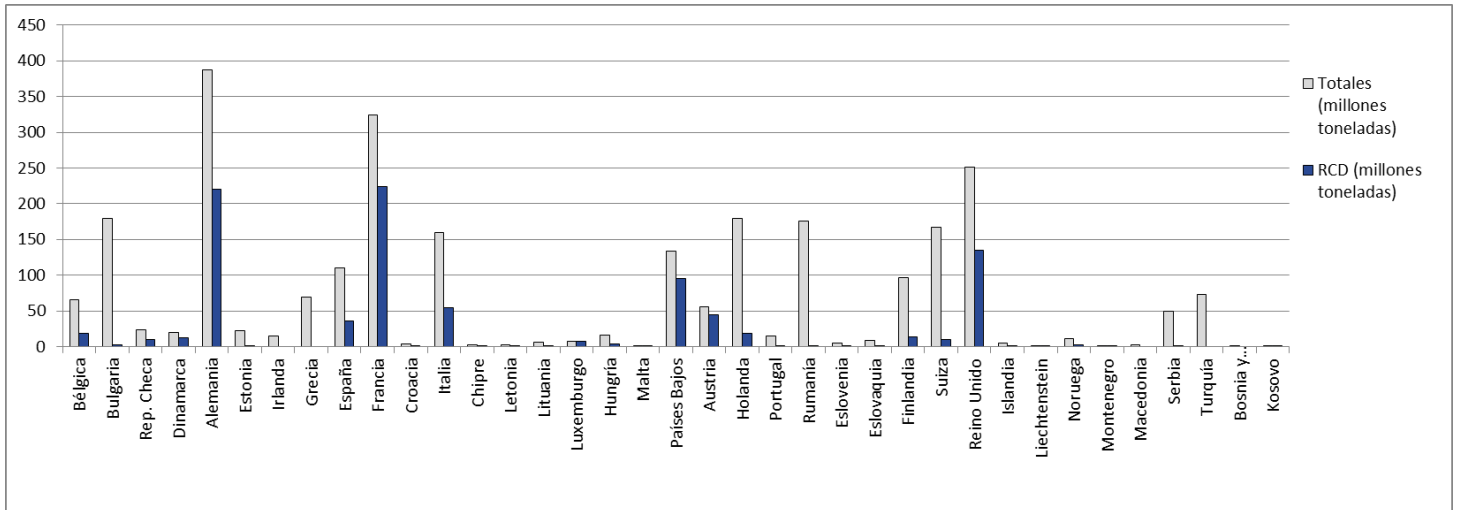
Ya en lo que concierne a la Comunidad de Madrid, el listado de normativa autonómica aplicable en materia de RCD es la siguiente:

- **ORDEN 2726 / 2009, de 16 de julio**, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid.
- **Ley 5/2003** sobre residuos.
- **Ley 2/2002**, de Evaluación Ambiental.

**Sección 2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PRODUCIDOS.**

Según datos de la UE, los residuos de la construcción y la demolición (RCD) suponen el mayor flujo de residuos, ya que genera en sí mismo en torno a un tercio de todos los residuos producidos.

**GRÁFICO 1.- Generación de residuos en la UE 2016**



Fuente: Eurostat (Env\_wasgen 2016)

La evolución de la generación de residuos a nivel europeo se mantiene prácticamente constante durante los últimos años, siendo la siguiente:

**TABLA 1.- Evolución de la generación RCD en la UE**

Año	2010	2012	2014	2016
Residuos totales (tn)	2.460.460.000	2.491.190.000	2.515.430.000	2.535.130.000
RCD (tn)	874.590.000	842.630.000	868.270.000	921.380.000
RCD (%)	36	34	35	36

Fuente: Eurostat (Env\_wasgen)

En España, de la misma forma que en otros países europeos, la generación de residuos ha estado estrechamente relacionada con el crecimiento económico.

La evolución de la generación de residuos a nivel español ha sido la siguiente:

**TABLA 2.- Evolución de la generación RCD en España**

Año	2010	2012	2014	2016
Residuos totales (tn)	137.518.902	118.561.669	110.518.494	128.958.523
RCD (tn)	37.942.379	26.128.738	20.413.678	35.824.751
RCD (%)	28	22	18	28

Fuente: Eurostat (Env\_wasgen)

La evolución de la generación de residuos a nivel de la Comunidad de Madrid es la siguiente:

**TABLA 3.- Evolución de la generación RCD en la Comunidad de Madrid**

Año	2013	2014	2015	2016
Residuos totales (tn)	5.046.040	5.086.082	6.510.368	6.375.243
RCD (tn)	2.206.430	2.243.682	3.489.492	3.314.001
RCD (%)	44	44	54	52

Fuente: Consejería Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid

### **Sección 3. TIPOLOGÍA DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.**

---

En la Comunidad de Madrid, los RCD se clasifican en:

- Tierras y materiales pétreos (RCD de Nivel I): Resultado de la excavación y movimientos de tierra llevados a cabo en el transcurso de las obras, incluidas las grandes obras de infraestructuras de ámbito local y supramunicipal, cuando están constituidos exclusivamente por tierras y materiales pétreos exentos de contaminación. Su composición es bastante homogénea. Su destino preferente, siempre que sea viable, es su utilización en la restauración y acondicionamiento de espacios afectados por actividades extractivas u otras actividades no mineras, el relleno o el empleo como material de construcción.
  
- Residuos de la Construcción (RCD de Nivel II): Generados en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios (abastecimiento y saneamiento, telecomunicaciones, suministro eléctrico, gasificación y otros). Su composición es heterogénea y puede incluir otra tipología de residuos, debido fundamentalmente a que se suelen agrupar en contenedores en la vía pública que permiten el acceso incontrolado de terceros. Esta heterogeneidad supone un inconveniente para su posterior tratamiento y gestión.

## **Sección 4. PLANTAS EXISTENTES PARA LA GESTIÓN DE RCD.**

---

Los RCD pueden ser gestionados tanto por entidades y organismos de la propia Comunidad de Madrid como por empresas privadas.

La gestión de RCD se realiza fundamentalmente a través de los siguientes tipos de instalaciones:

- Plantas de transferencia: instalaciones intermedias para el almacenamiento temporal, clasificación y/o gestión de RCD.
- Plantas de reciclaje, donde los residuos se transforman en áridos reciclados.
- Vertederos: instalaciones para el depósito final de los RCD. Siempre deberán ir como parte complementaria de una planta de reciclaje, admitiendo el rechazo de los materiales no valorizables provenientes de éstas.

### **ARTÍCULO 1.4.1.- PLANTAS DE TRANSFERENCIA.**

Las estaciones de transferencia son instalaciones para el almacenamiento temporal de RCD que posteriormente van a ser tratados en otras instalaciones de valorización y/o eliminación. Su cometido principal es agrupar residuos y abaratar costes de transporte, si bien en algunas de ellas, además, se lleva a cabo una primera clasificación de materiales. De acuerdo con la clasificación establecida en el Anexo II de la Ley 7/2022, en ellas se llevan a cabo operaciones de valorización R1301 (almacenamiento de residuos en el ámbito de la recogida) o R1201 (cuando incluyen operaciones de tratamiento previo como la clasificación).

En estas instalaciones se realiza, además, la separación de los elementos ajenos al propio RCD, tales como metales, madera, plástico, cartón, etc.

### **ARTÍCULO 1.4.2.- PLANTAS DE RECICLAJE.**

El tratamiento aplicado generalmente en este tipo de instalaciones consiste en una clasificación previa, seguida de una trituración o machaqueo y cribado. En la clasificación previa se separan las fracciones no áridas (madera, plástico, metal, vidrio,...), obteniéndose lo que se denomina “RCD limpio”, constituido mayoritariamente por fracciones áridas. Las fracciones no áridas se almacenan para posteriormente ser entregadas a un gestor autorizado que llevará a cabo su valorización material.

El “RCD limpio” restante, procedente de la clasificación, será sometido a una operación de machaqueo o molienda, junto con el material de estas mismas características procedente de la separación en origen o de demolición selectiva. El



material resultante puede ser sometido a una clasificación por tamaño de partícula o tipología de material que lo compone, si se busca un árido clasificado.

El objetivo de todo este proceso descrito es que los productos obtenidos (fundamentalmente áridos reciclados) cumplan los requisitos técnicos mínimos para ser empleados en los usos para gran variedad de usos. Las operaciones de tratamiento serán R0506, valorización de residuos inorgánicos para producción de áridos, R0507, reciclado de residuos inorgánicos para la producción de áridos, R0508, valorización en operaciones de relleno, R0509, acondicionamiento de vertederos y R0511 para la utilización de los elementos procedentes de la demolición selectiva, tales como tejas, piedras, etc...

#### **ARTÍCULO 1.4.3.- VERTEDEROS.**

Los RCD que no pueden ser valorizados tienen su destino final en estas instalaciones de tratamiento, que deben cumplir las especificaciones técnicas de la legislación de aplicación, en particular, el Real Decreto 646/2020, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Estas especificaciones se refieren a una estricta normativa para garantizar que no se vayan a producir episodios de contaminación hídrica ni edáfica en estos emplazamientos (control de entrada de residuos, seguimiento de las instalaciones, condiciones de permeabilidad del sustrato, procedimiento de clausura y seguimiento post clausura, etc.).

Los vertederos funcionan siempre como instalación asociada y complementaria de una planta de reciclaje, para asumir el rechazo de la fracción resto de ésta.

Los únicos datos disponibles sobre la cantidad de RCD que ha ido a vertedero son los correspondiente al año 2014, que según lo recogido en el “Diagnóstico ambiental 2016”, suponen un total de 794.704 toneladas.

**TABLA 4.- Gestores autorizados para transferencia valorización (reciclaje) y/o eliminación de RCD**

Municipio	Razón social	Actividad	Entradas RCD (tn) 2013	Entradas RCD (tn) 2014	Entradas RCD (tn) 2015	Entradas RCD (tn) 2016
<b>Iniciativa pública (Comunidad de Madrid)</b>						
Buitrago del Lozoya	GEDESMA, S.A.	Planta de transferencia	-	-	-	-
San Martín de Valdeiglesias	GEDESMA, S.A.	Planta de transferencia	-	-	-	-
Villarejo de Salvanés	GEDESMA, S.A.	Planta de transferencia	-	-	-	-
Arganda del Rey	GEDESMA, S.A.	Planta de reciclaje	10.000	8.900	4.503	6.851
El Molar	GEDESMA, S.A.	Planta de reciclaje con vertedero	99.918	17.582	34.817	88.348
Moralzarzal	GEDESMA, S.A.	Planta de reciclaje	53.671	24.422	0	21.145
Navalcarnero	GEDESMA, S.A.	Planta de reciclaje con vertedero	126.144	179.767	140.658	162.102
<b>Iniciativa privada</b>						
Alcobendas	TRYOB OBRAS Y SERVICIOS, S.L.	Planta de transferencia	-	-	-	-
Madrid (Vallecas)	MACOTRAN, S.A.	Planta de transferencia	-	-	-	-
Madrid (Vallecas)	TRANSPORTE Y CLASIFICACIÓN, S.L.	Planta de transferencia	-	-	-	-
Madrid (Entrevías)	RECICLAJE Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS, S.L.U.(REYCLAR)	Planta de transferencia	-	-	-	-
Torrejón de Velasco	CONTENEDORES NIDO, S.L.	Planta de transferencia	-	-	-	-
Madrid (Alcobendas)	HERMANOS SANJUAN, S.A.	Planta de transferencia	-	-	-	-

## GUIA PARA LA UTILIZACIÓN DE ÁRIDOS RECICLADOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Municipio	Razón social	Actividad	Entradas RCD (tn)	Entradas RCD (tn)	Entradas RCD (tn)	Entradas RCD (tn)
			2013	2014	2015	2016
Alcalá de Henares	SURGE AMBIENTAL, S.L.	Planta de reciclaje	-	22.127	15.034	25.160
Arroyomolinos	SELECCIÓN Y RECICLADO, S.L.	Planta de reciclaje	7.959	12.305	6.349	10.569
Colmenar Viejo	CESPA GESTIÓN DE RESIDUOS, S.A.	Planta de reciclaje	65.941	59.093	91.432	113.665
Fuenlabrada	CCR LAS MULAS, S.L.	Planta de reciclaje con vertedero	330.659	420.155	697.369	542.951
Madrid (Villaverde)	SURGE AMBIENTAL, S.L.	Planta de reciclaje	62.844	-	-	-
Madrid (Villaverde)	REHABILITACIÓN ECOLÓGICA S.L./ DERSA, RECICLAJE Y GESTIÓN, S.L.	Planta de reciclaje	-	23.220	37.188	6.454
Madrid (Villaverde)	RCD RECICLADOS DE RESIDUOS MADRID, S.L.	Planta de reciclaje	138.521	94.973	-	-
Madrid (San Blas-Canillejas)	RECICLAJES EN OBRA, S.L.	Planta de reciclaje	-	-	-	8.293
Madrid (Vallecas)	SALMEDINA TRATAMIENTOS DE RESIDUOS INERTES, S.L.	Planta de reciclaje con vertedero	1.136.159	1.228.376	2.279.661	2.145.127
Madrid (Vallecas)	TECNOLOGÍA Y RECICLADO, S.L.	Planta de reciclaje	11.493	109.304	116.372	119.146
Villalbilla	RECICLAJES GADARI, S.L.	Planta de reciclaje	53.320	34.552	56.128	54.192
Torrejón de Velasco	CONTENEDORES NIDO, S.L.	Planta de reciclaje	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Madrid (Alcobendas)	HERMANOS SANJUAN, S.A.	Planta de reciclaje	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Villaviciosa de Odón	NORTOBRAMA, S.L.	Planta de reciclaje	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Villalbilla	RECICLAJES GADARAI, S.L.	Planta de reciclaje	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Fuente: Consejería Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.

## **Sección 5. GESTIÓN DE TRATAMIENTO DE LOS ÁRIDOS DE RCD.**

---

### **ARTÍCULO 1.5.1.- ENTRADA DE RCD EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO.**

El residuo entregado en las plantas de gestión de residuos de la construcción y demolición existentes en Madrid carece, en un gran porcentaje, de una correcta separación en origen, lo que ocasiona, en numerosas ocasiones, que su valorización sea sumamente compleja.

Se espera que la concienciación, así como la penalización en las tarifas de entrada del residuo, y la optimización de los costes de gestión de los residuos inertes bien segregados, vía comercialización de áridos reciclados, atendiendo a su clasificación y limpieza, permitan una clasificación en origen correcta, que suponga la consecución de los ratios de valorización recogidos en la legislación.

### **ARTÍCULO 1.5.2.- CONSUMO ACTUAL DE RCD (RECICLADO DE RCD).**

El consumo actual de áridos reciclados de RCDs es bajo. Se considera que existen dos motivos básicos: el desconocimiento y la falta de normativa de aplicación. Se espera que la situación se revierta con la presente guía. Se hace necesario, máxime atendiendo al contenido del Plan Estatal Marco de Residuos, Directivas Europeas y Ley 7/2022, el empleo de un porcentaje mínimo de áridos reciclados primando, en el caso de la obra pública, las licitaciones que cuenten con áridos reciclados en sus propuestas.

### **ARTÍCULO 1.5.3.- POTENCIAL DE PRODUCCIÓN.**

Se considera que el potencial de producción de áridos reciclados para su suministro en Madrid es superior a 1.000.000 tn / año.

### **ARTÍCULO 1.5.4.- POTENCIAL DE TRATAMIENTO.**

El potencial de tratamiento debe ser el objetivo recogido en el Plan Estatal Marco de Residuos (PEMAR) para el año 2020, el 70% de la entrada de residuos.

## Sección 6. OBJETIVOS DE CONSUMO DE AR.

---

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 siguientes departamentos de la Administración General del Estado: Ministerio de Fomento, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MINCOTUR), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA), 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.

**TABLA 5.- Objetivos sobre RCD en la Directiva Marco**

	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

Fuente: Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022

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.
- % 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 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 MAPAMA, 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 la presente guía en relación con lo citado en el PEMAR.

Se considera adecuado, para la comunidad de Madrid, establecer un uso mínimo de áridos reciclados del 10%, pudiendo ser muy superior para cierto tipo de obras que lo permitan.

## **Sección 7. MERCADO CE.**

---

Cuando un producto de construcción está cubierto por una norma armonizada, el fabricante tiene la obligación de que dicho producto tenga el marcado CE, ya que es un requisito legal indispensable para que se pueda introducir en el mercado.

El Mercado CE de áridos para construcción es un requerimiento legalmente obligatorio desde el año 2004 para la siguiente normativa:

- EN 12620 Áridos para hormigón.
- EN 13043 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales.
- EN 13055-1 Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado.
- EN 13139 Áridos para morteros.
- EN 13242 Áridos para materiales tratados con ligantes hidráulicos y materiales no tratados utilizados para los trabajos de ingeniería civil y para la construcción de carreteras.
- EN 13383-1 Escolleras.
- EN 13450 Áridos para balasto.
- EN 13055-2 Áridos ligeros para mezclas bituminosas, tratamientos superficiales y aplicaciones en capas tratadas y no tratadas (desde el año 2005).

***El Mercado CE es el requisito indispensable para la comercialización de los áridos.***

El sistema de evaluación de constancia de las prestaciones (EVCP) correspondiente a los áridos es el 2+. Este sistema define una serie de tareas a realizar por el fabricante y otras por el Organismo Notificado:

- Responsabilidades del fabricante:
  - La determinación del producto tipo sobre la base de ensayos de tipo (incluido el muestreo), cálculos de tipo, valores tabulados o documentación descriptiva del producto.
  - Implantar y mantener un control de producción en fábrica.
  - Elaborar un programa de ensayos de muestras tomadas en la fábrica, de acuerdo con un plan de ensayos determinado.
- Responsabilidades del Organismo Notificado, el cual emitirá un certificado de conformidad del control de producción en fábrica sobre la base de:
  - Realizar la inspección inicial de la planta de producción y del control de producción en fábrica.
  - Realizar la vigilancia, evaluación y supervisión permanentes del control de producción en fábrica.

La documentación que demuestra el marcado CE de los productos es la siguiente:

- **Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica** (emitido por el Organismo Notificado).
- **Declaración de Prestaciones** del árido (emitido por el fabricante). La declaración de prestaciones expresa las prestaciones del árido en relación con sus características esenciales, de conformidad con las especificaciones técnicas armonizadas pertinentes. Al emitir la declaración de prestaciones el fabricante asumirá la responsabilidad de la conformidad del producto de construcción con las prestaciones declaradas. Se facilitará al usuario, ya sea en papel o por vía electrónica una copia de la declaración de prestaciones de cada árido comercializado.
- **Marcado CE** (etiquetado del árido emitido por el Fabricante). El marcado CE acompañará a los áridos respecto de los cuales el fabricante haya emitido una declaración de prestaciones. Al colocar o hacer colocar el marcado CE de un árido, el fabricante estará indicando que asume la responsabilidad sobre la conformidad del árido con las prestaciones declaradas, así como el cumplimiento de todos los requisitos aplicables establecidos en el Reglamento de productos de construcción nº



305/2011 y en otra legislación de armonización pertinente de la Unión por la que se rija su colocación.

## **Sección 8. CERTIFICACIÓN PRODUCTOS NO SUJETOS A MERCADO CE.**

---

Aquellos productos que no estén sujetos al mercado CE por no recogerse su uso en ninguna de la normativa de aplicación, podrán optar a obtener un certificado específico de producto para los áridos reciclados.

La certificación es una garantía por escrito dada por un organismo de control que esté acreditado por ENAC en el ámbito del Reglamento de Productos de Construcción nº 305/2011, que asegure que el proceso de producción o el producto cumple con los requisitos establecidos en la presente guía.

Esta certificación debe implicar una evaluación del sistema de control de producción en fábrica establecido, la vigilancia de los procesos de producción y pruebas sobre muestras de los áridos reciclados cuando sea pertinente. Las muestras se evalúan contrastando los parámetros definidos en la presente guía

La finalidad de este tipo de certificación es hacer énfasis en la credibilidad del producto y los atributos de calidad.

En este sentido, AGESMA ha elaborado un reglamento propio que permite certificar la totalidad de áridos reciclados no sometidos a Mercado CE, por contar con una norma específica.

## **Sección 9. FUENTES DE INFORMACIÓN.**

---

- Consejería Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.
- Eurostat (Oficina Europea de Estadística).

## CAPÍTULO 2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS

### Sección 1. INTRODUCCIÓN.

---

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.
- Esta guía exige, para todos los tipos de áridos reciclados, que dispongan de certificación, que en el caso de que su empleo esté sujeto al Reglamento de Productos de Construcción nº 305/2011, como son las zahorras artificiales, será el marcado CE y para los materiales no contemplados por este Reglamento, como serían los suelos, entonces se solicita una certificación de productos no sujetos a marcado CE, como la basada en el Reglamento elaborado por AGESMA.

Este apartado de la guía esta basado en el catálogo de firmes y unidades de obra con áridos reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) y en el pliego de especificaciones técnicas para el uso de materiales reciclados de construcción y demolición (RCD), publicadas ambas por la Agencia de Obras Públicas de la Junta de Andalucía.

## Sección 2. DEFINICIONES.

---

- **Capacidad de soporte:** es la aptitud de un suelo, terraplén, desmonte o capa de firme para soportar las cargas de tráfico con deformaciones volumétricas, tensiones y alterabilidad climática dentro de unos límites fijados experimentalmente o analíticamente.
- **Capas de asiento del firme:** son las capas formadas por suelos o materiales de aportación, por la estabilización de los existentes, o por materiales procedentes de residuos de construcción (RCD), cuya finalidad es mejorar y homogeneizar la capacidad soporte del cimiento del firme, proteger los suelos susceptibles al agua mediante impermeabilización o evacuación, facilitar las labores de construcción, y obtener las superficies geométricas precisas. Son las capas o capa de aportación formada por suelos o materiales granulares, tratados o no con conglomerantes, situadas bajo el plano de explanada con el fin de mejorar alguna de las cualidades del cimiento.
- **Cimiento del firme:** son el conjunto formado por el Terreno Natural Subyacente (en adelante TNS) y capas de suelos u otros materiales que se encuentra bajo el plano de explanada y comprende las capas de asiento y el terraplén o el terreno natural subyacente.
- **Coefficiente de equivalencia:** es el número de ejes tipo a que equivale un conjunto de ejes de un vehículo cualquiera, a efectos de dimensionamiento de la estructura del firme.
- **Estructura del firme:** conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados colocado sobre el cimiento del firme, que sirven para soportar las cargas del tráfico y permitir la circulación en condiciones de seguridad y comodidad. Constituye la estructura resistente de la calzada o arcén y comprende en general, de abajo arriba, las capas de subbase, base y pavimento.
- **Explanación:** superficie superior de la coronación de terraplenes y la inferior de los desmontes. También ejecución de las operaciones necesarias para conseguir dicha superficie.
- **Grava-cemento:** mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y excepcionalmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carreteras.
- **Hormigón magro vibrado:** mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimentos de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

- **Hormigón vibrado:** mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerantes, que se pone en obra con maquinaria específica, y se utiliza en pavimentos de firmes rígidos.
- **Pavimento de hormigón:** pavimento constituido por losas de hormigón en masa, separadas por juntas, o por una losa continua de hormigón armado; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación y maquinaria específica para su extensión y acabado superficial.
- **Pavimento:** parte superior de un firme, que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a ésta una superficie de rodadura cómoda y segura. RCD, es el residuo procedente de la construcción o demolición, formado por fragmentos o restos de ladrillos, hormigón, argamasa, acero, hierro, entre otros.
- **Suelo granular:** es el suelo constituido por arenas y gravas en su mayor parte.
- **Suelo:** es la formación natural de estructura blanda resultado de la alteración de las rocas o de la evolución de las sustancias vegetales.
- **Suelo-cemento:** mezcla homogénea de materiales granulares (zahorra, o suelo granular), cemento, agua y eventualmente aditivos, fabricada generalmente en central, que convenientemente compactada se utilizada como capa estructural en firmes de carretera en central. Si se fabrica in situ con equipos de reciclado o estabilizadoras se denomina suelo-cemento in situ.
- **Terraplenes, pedraplenes y todos-uno:** son las capas de materiales sueltos situadas entre el terreno natural subyacente y las capas de asiento, necesarias para rellenar las depresiones hasta conseguir la cota adecuada. En general las referencias del texto al núcleo de terraplenes serán aplicables a pedraplenes y todos-uno, salvo que se especifique lo contrario.
- **Terreno natural subyacente (TNS):** es el terreno natural sobre el que se apoyan los distintos elementos constructivos de la carretera, tales como las capas de asiento del firme en los desmontes, terraplenes, pedraplenes, estructuras, obras de fábrica, drenajes y cualquier otro elemento constructivo.
- **Zahorra:** material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme. Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas. Zahorra natural es el material formado básicamente por partículas no trituradas.
- **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 de RCD (ZARM):** 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 de asfalto de RCD (ZARA):** material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración controlada de RCD. Esta zahorra no podrá colocarse directamente como capas asfálticas o de hormigón del firme, necesariamente deberá existir una capa de zahorra de las anteriores o natural debajo de esta ZARA.
- **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.
- **Gravas recicladas (GR):** en este artículo se definen las características de la grava reciclada que se prepara en las plantas de tratamiento de RCD. La finalidad más habitual de este árido es el de material drenante.

### Sección 3. SUELOS RECICLADOS DE RCD.

---

#### ARTÍCULO 2.3.1.- 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 esta guía se puedan emplear, con garantías de estabilidad presente y futura, en la construcción de terraplenes de carreteras de tráfico T2 a T4. En cualquier caso, estos materiales podrán ser empleados en cualquier uso que requiera de características técnicas inferiores, como es el caso de rellenos, restauraciones de áreas degradadas y paisajísticas, etc.. siempre que cumplan los parámetros técnicos exigibles.

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 esta guía 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 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 esta guía son:

- **Suelo seleccionado. (SR-SEL):** Suelo cuyas características cumplen las especificaciones definidas en los apartados 2.3.2.1 y 2.3.2.2 de este artículo.
- **Suelo adecuado. (SR-ADE):** Suelo cuyas características cumplen las especificaciones definidas en los apartados 2.3.2.1 y 2.3.2.3 de este artículo.
- **Suelo tolerable. (SR-TOL):** Suelo cuyas características cumplen las especificaciones definidas en los apartados 2.3.2.1 y 2.3.2.4 de este artículo.

#### ARTÍCULO 2.3.2.- 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.*

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

- El Reglamento Europeo de productos de construcción Nº 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.
- Lo dispuesto en el INFORME sobre el contenido de sustancias peligrosas en los productos de construcción, conforme a lo dispuesto en el artículo 67, apartado 1, del Reglamento (UE) nº 305/2011.

#### **ARTÍCULO 2.3.2.1.- Características generales.**

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

- El productor certifica que es gestor autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- El productor facilita ficha técnica de este producto.
- El productor facilita un Certificado voluntario de caracterización del producto.
- 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.

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 = Unidades de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas). Unidades 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 esta guía 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 cm<sup>3</sup>/kg.
  - Yeso < 1%
- SR – ADE Adecuado: 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 cm<sup>3</sup>/kg.
  - Yeso < 2%
- 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 cm<sup>3</sup>/kg.
  - Yeso < 2%

#### **ARTÍCULO 2.3.2.2.- Suelo seleccionado.**

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 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 (Dmax < 100 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%).
  - Límite líquido menor de treinta (LL < 30), según UNE 103103.
  - Índice de plasticidad menor de diez (IP < 10), según UNE 103103 y UNE 103104.

#### **ARTÍCULO 2.3.2.3.- Suelo adecuado.**

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

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento ( $MO < 1\%$ ), según UNE 103204.
- 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.
- Contenido en sales solubles, 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 de yesos sea inferior al 2%, según la NLT-115.
- Tamaño máximo no superior a cien milímetros ( $D_{max} < 100 \text{ mm}$ ).
- Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento ( $\# 2 < 80\%$ ).
- Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al treinta y cinco por ciento ( $\# 0,080 < 35\%$ ).
- Límite líquido inferior a cuarenta ( $LL < 40$ ), según UNE 103103.
- Si el límite líquido es superior a treinta ( $LL > 30$ ) el índice de plasticidad será superior a cuatro ( $IP > 4$ ), según UNE 103103 y UNE 103104.

#### **ARTÍCULO 2.3.2.4.- Suelo tolerable.**

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados, 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 ( $\text{yeso} < 5\%$ ), 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 Próctor 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 Próctor normal UNE 103500.

### **ARTÍCULO 2.3.3.- 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 esta guía.

#### **ARTÍCULO 2.3.3.1.- Uso por zonas.**

Teniendo en cuenta las condiciones básicas indicadas en el apartado 2.3.2 de este artículo, así como las que en su caso se exijan en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se utilizarán, en las diferentes zonas del relleno tipo terraplén, los suelos que en este apartado se indican.

##### **ARTÍCULO 2.3.3.1.1.- Coronación.**

Se utilizarán suelos adecuados o 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.

##### **ARTÍCULO 2.3.3.1.2.- Cimiento.**

En el cimiento se utilizarán suelos tolerables, adecuados 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.

**ARTÍCULO 2.3.3.1.3.- Núcleo.**

Se utilizarán suelos tolerables, adecuados ó 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.

**ARTÍCULO 2.3.3.1.4.- 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 evitarán la infiltración de agua hacia el mismo, bien por el propio tipo de material, bien mediante la adopción de medidas complementarias

**ARTÍCULO 2.3.3.2.- Grado de compactación.**

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

El ensayo Próctor se realizará sobre muestras de suelos humectadas previamente en el entorno de la prevista Próctor, 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 Próctor de referencia.

- En las zonas de cimientto, 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.

#### **ARTÍCULO 2.3.3.3.- 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 esta guía.
- 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. 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 Próctor 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 Próctor de referencia, a humedades de menos dos por ciento (-2%) y de más uno por ciento (+1%) de la óptima de dicho ensayo Próctor 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.

**ARTÍCULO 2.3.4.- 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.

**ARTÍCULO 2.3.5.- 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.

**ARTÍCULO 2.3.5.1.- Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén.**

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

**ARTÍCULO 2.3.5.2.- Extensión de las tongadas.**

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

**ARTÍCULO 2.3.5.3.- 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.

#### **ARTÍCULO 2.3.5.4.- 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 2.3.3.2. y 2.3.3.3 de esta guía, 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 tendrán la consideración de rellenos localizados y se estará a lo dispuesto en el artículo 332, "Rellenos localizados" del PG-3.

#### **ARTÍCULO 2.3.6.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN.**

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

#### **ARTÍCULO 2.3.7.- CONTROL DE CALIDAD.**

##### **ARTÍCULO 2.3.7.1.- Control de procedencia del material.**

Es preceptivo que el material disponga de la certificación referida en el apartado 2.3.1.de esta guía.

El control de procedencia consistirá en:

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



**ARTÍCULO 2.3.7.1.1.- 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 esta guía.

Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- a) La certificación de que el productor es un gestor autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- b) Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;
- c) El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física;
- d) El certificado de suministro de materiales a obra, firmado por persona física;
- e) Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente a la certificación voluntaria de estos productos.

En la sección de documentación de suministro y control de este capítulo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

**ARTÍCULO 2.3.7.1.2.- Verificación de la instalación.**

El Proyecto o en su caso, la Dirección de Obra, decidirá la conveniencia de realizar una visita de inspección de la instalación, por el Laboratorio de control y la Dirección de la Obra, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por administración competente correspondiente.

Tras la cual se documentará:

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

**ARTÍCULO 2.3.7.1.3.- 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-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 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 Próctor normal o Próctor 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.

**ARTÍCULO 2.3.7.2.- Control de ejecución.**

**ARTÍCULO 2.3.7.2.1.- 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 solicitada a la planta de acuerdo con las indicadas en esta guía. 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 Próctor normal o Próctor 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.

**ARTÍCULO 2.3.7.2.2.- 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.

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.

**ARTÍCULO 2.3.7.2.3.- Control de la compactación.**

**a) Generalidades**

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

**b) Ensayos de referencia**

**a. Ensayo de compactación Próctor.**

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

ensayos se realizarán sobre los suelos previamente humectados como se indica en el apartado 2.3.5.3.de esta guía.

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

- Pertenencia al mismo tipo de clasificación definida en el apartado 2.3.2 de esta guía.
- Rangos de variación de la densidad seca máxima en el ensayo Próctor de referencia no superiores al tres por ciento (3%).
- Rangos de variación de la humedad óptima en el ensayo Próctor 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 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 Próctor, 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.

**c) 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.

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, etc.), 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.

- d) **Análisis de los resultados:** Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.5.4 del PG-3.

#### **ARTÍCULO 2.3.8.- MEDICIÓN Y ABONO.**

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

#### **ARTÍCULO 2.3.9.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en esta guía, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a reglamentos de producto, podrá estar constituido por un certificado voluntario de conformidad a dichos reglamentos.

#### **ARTÍCULO 2.3.10.- NORMATIVA DE REFERENCIA.**

Esta guía incorpora referencia a otras publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones). Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación:

- 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 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 Próctor normal.
- UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación Próctor modificado.
- 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.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- 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.

## Sección 4. ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD.

---

### ARTÍCULO 2.4.1.- DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.

Se define como zahorra el material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme. En esta guía se definen dos tipos de zahorras de materiales reciclados, su clasificación se realiza según los criterios de la norma UNE EN 13242. 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 = Unidades de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas). Unidades 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 esta guía son:

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

La categoría de este material, se especifica como (Rc+Ru+Rg)90, Rg 2-, X1-, FL1-. El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

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

- **Zahorra artificial reciclada mixta de RCD, (ZARM)**, al constituido por trituración controlada de residuos de RCD. La categoría de este material, se especifica como (Rc+Ru+Ra)70, (Rc+Ru)55, X1-, FL1-. 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 cm<sup>3</sup>/kg.

• **Zahorra artificial reciclada asfáltica, (ZARA)**, al constituido por trituración controlada de residuos de mezclas bituminosas. La categoría de este material se especifica como (Rc+Ru+Ra)90, (Ra)50, X1-, FL1-. El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

- Rc+Ru+Ra ≥ 90 % en masa
- Ra ≥ 50 % en masa
- X < 1% en masa
- FL < 1 cm<sup>3</sup>/kg.

#### ARTÍCULO 2.4.2.- MATERIALES.

*NORMA UNE EN 13242. 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 Nº 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.
- Lo dispuesto en el INFORME sobre el contenido de sustancias peligrosas en los productos de construcción, conforme a lo dispuesto en el artículo 67, apartado 1, del Reglamento (UE) nº 305/2011.

##### ARTÍCULO 2.4.2.1- Características Generales.

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

Las zahorras denominadas ZARHor, la mixta ZARM y la ZARA podrán emplearse en las capas de firme y en contacto con las asfálticas y 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 en esta guía se exigen, como es el marcado CE, para los áridos recogidos en el Reglamento de productos para la construcción, o en certificaciones similares para los áridos no recogidos en esta normativa.

**ARTÍCULO 2.4.2.2- Limpieza (Contenido en impurezas).**

Los materiales deberán estar 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.

**ARTÍCULO 2.4.2.3- Calidad de los finos.**

El equivalente de arena (SE4) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), para la fracción 0/4 del material, deberá cumplir lo indicado en la tabla 6. De no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9), para la fracción 0/0,125 deberá ser inferior a diez gramos por kilogramo ( $MBf < 10 \text{ g/kg}$ ) y, simultáneamente, el equivalente de arena (SE4) no deberá ser inferior en más de cinco (5) unidades a los valores indicados en la tabla 6.

**Tabla 6.- Equivalente de arena (SE4)**

ZARHor	ZARM	ZARA
>35	>30	>35

**ARTÍCULO 2.4.2.4- Plasticidad.**

Las zahorras ZARHor, ZARM y ZARA serán no plásticas (normas UNE 103103 y UNE 103104).

**ARTÍCULO 2.4.2.5- Capacidad soporte (Índice CBR).**

El índice CBR conforme a la norma UNE 103502, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, será para las zahorras ZARHor ZARM y ZARA > 40.

**ARTÍCULO 2.4.2.6- Requisitos geométricos.**

**ARTÍCULO 2.4.2.6.1.- 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 7.

**Tabla 7. – Husos granulométricos cernido acumulado (% en masa)**

Tipo de Zahorra	Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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

Las designaciones de las zahorras se hacen según el apartado 4.2 Tamaño de árido de la norma UNE EN 13242. Las categorías decididas para esos áridos combinados es según la tabla 2 de la UNE EN 13242 de GA 75 para el 0/20 y de GA 85 para el 0/32.

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.

**ARTÍCULO 2.4.2.6.2.- Forma del árido grueso.**

El índice de lajas (FI) de las distintas fracciones del árido grueso (norma UNE-EN 933-3) deberá ser inferior a treinta y cinco ( $FI < 35$ ).

**ARTÍCULO 2.4.2.6.3.- Angulosidad (porcentaje de caras de fractura).**

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 dos tipos de zahorras las categorías mínimas serán las indicadas en la tabla 8.

**Tabla 8. – Categoría de los porcentajes de partículas trituradas o fracturadas y de partículas totalmente redondeadas de las zahorras.**

Partículas trituradas	Categoría de tráfico	
	T2	T3-T4
Partículas total y parcialmente trituradas Cc(%)	> 70	> 50
Partículas totalmente redondeadas C <sub>TR</sub> (%)	< 10	

**ARTÍCULO 2.4.2.7- Requisitos físicos. Resistencia a la fragmentación (coeficiente de Los Ángeles).**

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 de los dos tipos de zahorra, no deberán de superar las categorías indicadas en la tabla 9.

**Tabla 9. – Categoría del valor máximo del coeficiente de los Ángeles**

Tipo de zahorra	Coeficiente de los Ángeles		
	Capas granulares de firmes		
	T2	T3	T4
ZARHor	≤ 35 (LA <sub>35</sub> )	≤ 40 (LA <sub>40</sub> )	≤ 45 (LA <sub>45</sub> )
ZARM			
ZARA			

**ARTÍCULO 2.4.2.8- Requisitos químicos.**

**ARTÍCULO 2.4.2.8.1.- Compuestos de azufre.**

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

- Determinación del contenido total de azufre expresado como % S (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 10.

**Tabla 10. – Contenidos máximos en compuestos de azufre**

Tipo de zavorra	Situación de obra	Contenido de azufre total (% S)	Categoría (S)	Contenido en sulfatos solubles en agua (% SO <sub>4</sub> )	Categoría (SS)
ZARHor ZARM y ZARA	-	≤ 1,8	S <sub>1,8</sub>	≤ 0,7	SS <sub>0,7</sub>
	En contacto con una capa tratada con cemento o una estructura de hormigón	-	-	≤ 0,5	-

**ARTÍCULO 2.4.2.8.2.- Compuestos orgánicos.**

El resultado del ensayo de contenido en humus (UNE-EN 1744-1), será negativo (más claro que el color patrón).

**ARTÍCULO 2.4.3.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.**

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

**ARTÍCULO 2.4.3.1.- Consideraciones generales.**

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

**ARTÍCULO 2.4.3.2.- Central de fabricación.**

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

**ARTÍCULO 2.4.3.3.- Elementos de transporte.**

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

**ARTÍCULO 2.4.3.4.- Equipos de extensión.**

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

**ARTÍCULO 2.4.3.5.- Equipo de compactación.**

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

**ARTÍCULO 2.4.4.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.**

**ARTÍCULO 2.4.4.1.- 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 Próctor modificado UNE 103501, sobre las zavorras previamente humectadas con una dotación de agua en el entorno de la humedad óptima, (Próctor modificado “tras saturación”).

**ARTÍCULO 2.4.4.2.- Preparación de la superficie que va a recibir la zavorra.**



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

**ARTÍCULO 2.4.4.3.- 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.

**ARTÍCULO 2.4.4.4.- Vertido y extensión de la zahorra.**

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

**ARTÍCULO 2.4.4.5.- Compactación de la zahorra.**

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

**ARTÍCULO 2.4.4.6.- Protección superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.4.5.- TRAMO DE PRUEBA.**

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

**ARTÍCULO 2.4.6.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.**

**ARTÍCULO 2.4.6.1- Densidad.**

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

Cuando las zahorras ZARHor y ZARM 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 Próctor modificado, según la UNE 103501 realizado sobre la zahorra previamente humectada.

Para la zahorra asfáltica (ZARA), la compactación deberá alcanzar una densidad no inferior al noventa y cinco por ciento (>95%) de la máxima de referencia, obtenida en el ensayo Próctor modificado, según UNE 103501 realizado sobre la zahorra previamente humectada. El Director de Obra valorará en el caso de que la densidad sea inferior al noventa y ocho por ciento (< 98%) el hacer un control de compactación con placas de carga.

En el caso de no conseguir esta densidad. La Dirección de la Obra podrá aceptar la tongada si cumpliese los requisitos solicitados de Capacidad soporte indicados en el Artículo 2.4.6.2 de estas Recomendaciones.

**ARTÍCULO 2.4.6.2- Capacidad 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 11, establecida según las categorías de tráfico pesado.

**Tabla 11. – Valor mínimo de módulo Ev2 (MPa)**

Tipo de Zahorra	Categoría de tráfico pesado		
	T2	T3	T4 y arcenes
ZARHor, ZARM y ZARA	150	120	100

- 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 Ev2 sea igual o superior al solicitado.
- El valor obtenido para Ev1 sea superior al 60% de lo solicitado para Ev2.

**ARTÍCULO 2.4.6.3- Rasante, espesor y anchura.**

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

**ARTÍCULO 2.4.6.4- Regularidad superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.4.7.- LÍMITES DE LA EJECUCIÓN.**

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

**ARTÍCULO 2.4.8.- CONTROL DE CALIDAD.**

**ARTÍCULO 2.4.8.1.- 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.

**ARTÍCULO 2.4.8.1.1.- 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 (Declaración de prestaciones, etiqueta CE y Certificado de conformidad de control de producción en fábrica), 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 la sección de documentación de suministro y control de este capítulo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

#### **ARTÍCULO 2.4.8.1.2.- Verificación de la instalación.**

La Dirección de Obra, decidirá la conveniencia de realizar una visita de inspección de la instalación, por el Laboratorio de control y la Dirección de la Obra, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por administración competente correspondiente.

Tras la cual se documentará:

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

#### **ARTÍCULO 2.4.8.1.3.- 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 el apartado 5.6 de 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.
- Proctor modificado UNE 103501

- Índice CBR UNE 103502

**ARTÍCULO 2.4.8.2.- Control de ejecución.**

**ARTÍCULO 2.4.8.2.1.- 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 esta guía. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, 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 zahorras 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.
  - Próctor modificado, según la UNE 103501.
  - 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.
  - 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.

- 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 del PG3) se hubieran aprobado diez (10) lotes consecutivos.

#### **ARTÍCULO 2.4.8.2.2.- 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.

#### **ARTÍCULO 2.4.8.3.- 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.
- 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. del PG3.

#### **ARTÍCULO 2.4.9.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO.**

##### **ARTÍCULO 2.4.9.1.- 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 Próctor modificado tras saturación, como se indica en el ARTÍCULO 2.4.4.1. de esta Guía.

##### **ARTÍCULO 2.4.9.2.- Capacidad de soporte.**

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

##### **ARTÍCULO 2.4.9.3.- Espesor.**

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

**ARTÍCULO 2.4.9.4.- Rasante.**

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

**ARTÍCULO 2.4.9.5.- Regularidad superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.4.10.- MEDICIÓN Y ABONO.**

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

**ARTÍCULO 2.4.11.- 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.

**ARTÍCULO 2.4.12.- NORMATIVA DE REFERENCIA.**

Esta guía incorpora referencia a otras publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones). Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación:



- UNE-EN 933-11. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11 Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- NLT-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.
- 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 Próctor.

## Sección 5. ARENA RECICLADA DE RCD PARA SU EMPLEO EN CAMAS DE TUBERÍAS.

---

### ARTÍCULO 2.5.1.- DEFINICIÓN.

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

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

El uso más solicitado para estas arenas es el de lecho de asiento de tuberías.

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.

### ARTÍCULO 2.5.2.- MATERIALES.

#### *NORMA UNE EN 13242. 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.
- Lo dispuesto en el INFORME sobre el contenido de sustancias peligrosas en los productos de construcción, conforme a lo dispuesto en el artículo 67, apartado 1, del Reglamento (UE) n° 305/2011.

#### **ARTÍCULO 2.5.3.- CARACTERISTICAS GENERALES.**

En los casos indicados en este artículo como arena para lecho de tuberías, no existe actualmente normativa de producto de marcado CE donde el uso de la arena para lecho de cama de tubería pueda encajar. 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 esta guía, y para todos los materiales reciclados, algún tipo de certificación.

Este material podrá utilizarse siempre que cumplan las prescripciones técnicas de esta guía y dispongan de algún tipo de certificación voluntaria, siempre que este material se prepare en una instalación ajena a la obra, que incluya la documentación que se indica en el artículo 2.5.7.

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.

#### **ARTÍCULO 2.5.4.- 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.

#### **ARTÍCULO 2.5.5.- DESIGNACIÓN.**

La designación de los productos contendrá la siguiente información:

"Arena"	Granulometría "d/D"	Reciclada de "Origen"
---------	---------------------	-----------------------

Donde:

d/D: tamaño de áridos d/D determinada conforme la UNE EN 933-2

Origen: tipo de origen (sin especificar código LER) ejemplo en la tabla 12. En el caso de que el fabricante así lo desee, podrá indicar simplemente RCD.

Ejemplo: Arena 0/8 reciclada de hormigón.

**TABLA 12. – Ejemplos de origen de los RCD**

Origen	Código LER
Hormigón	17 01 01
Cerámicos	17 01 02 y 17 01 03
Mezcla hormigón y cerámicos	17 01 07
Mezclas bituminosas	17 03 02
Tierras de excavación	17 05 04

#### **ARTÍCULO 2.5.6.- ESPECIFICACIONES.**

Como se ha indicado en el primer apartado, el empleo más solicitado para esta arena reciclada es la de lecho de tuberías.

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:

##### **ARTÍCULO 2.5.6.1.- 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 = Unidades de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas). Unidades 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% en masa

**ARTÍCULO 2.5.6.2.- Granulometría.**

**ARTÍCULO 2.5.6.2.1.- Tamaño máximo.**

El tamaño máximo de la arena será función del diámetro y tipo de la tubería. Y cumplirá lo indicado en la tabla 13.

**TABLA 13. – Tamaño máximo de la arena**

Diámetro y tipo de tubería		Tamaño máximo nominal (mm) según UNE EN 933-1
Diámetro nominal tubería rígida (mm)	100	10
	100-150	15
	150-300	-
	300-550	-
	> 550	-
Diámetro nominal tubería flexible (mm)	100	10
	100-150	15
	150-300	-
	300-550	-
	> 550	-

**ARTÍCULO 2.5.6.2.2.- 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<sub>4</sub>), 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.

**ARTÍCULO 2.5.6.3.- Plasticidad.**

La arena de reciclado deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Límite líquido, según la Norma UNE 103103, inferior a treinta (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.

**ARTÍCULO 2.5.6.4.- Características químicas.**

La arena de reciclado deberá cumplir las siguientes características químicas:

- El contenido en sulfatos solubles en ácido, (SO<sub>3</sub>), según la UNE EN 1744-1 Ap.12 será inferior al 1.0 %.
- El contenido en cloruros, según la UNE EN 1744-1 Ap. 7 será inferior al 0.1 %.
- El contenido en azufre total, (S), según la UNE EN 1744-1 Ap.11 será inferior al 1.5 %.

El contenido de azufre total podrá incrementarse hasta el 1.8% y el de sulfatos solubles en ácido hasta el 1.5% siempre que el contenido en sulfatos solubles en agua expresados en SO<sub>4</sub> según la UNE EN 1744-1 Ap. 10.2 sea:

- < 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.

**ARTÍCULO 2.5.7.- CONTROL DE CALIDAD.**

**ARTÍCULO 2.5.7.1.- 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.

**ARTÍCULO 2.5.7.1.1.- 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 marcado 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 voluntaria de este material.
- Certificado de suministro.
- Certificado de garantía.

En la sección de documentación de suministro y control de este capítulo se incluyen ejemplos de modelos de etiqueta de estos productos y de los documentos de certificados de garantía y suministro.

#### **ARTÍCULO 2.5.7.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación de la arena reciclada.**

El Proyecto o en su caso, la Dirección de Obra, decidirá la conveniencia de realizar una visita de inspección de la instalación de fabricación de la arena, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por la administración competente correspondiente.

Tras la cual se documentará:

- Origen de los materiales constituyentes.
- Acopios de los áridos.
- Procedimiento de fabricación de la arena.
- Control de producción.

#### **ARTÍCULO 2.5.7.1.3.- Ensayos de control de procedencia.**

La procedencia del material se ajustará a lo indicado en el artículo 2.5.4.



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. Ap. 12.
- El contenido de compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1. Ap. 11.
- El contenido de cloruros, según la UNE EN 1744-1.
- La granulometría del material reciclado, según la UNE EN 933-1.

En su caso

- El contenido de sulfatos solubles en agua para áridos reciclados, según la UNE EN 1744-1 (Apdo, 10.2).
- Equivalente de arena UNE EN 933-8 (Anexo A).

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 2.5.7.2.

#### **ARTÍCULO 2.5.7.2.- 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 esta guía. 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.
  - 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 2.5.7.2, esta frecuencia de control podrá ser mensual.

- Con frecuencia mensual:

- El contenido de compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1. Ap.11
- El contenido de sulfatos solubles en ácido, (SO<sub>3</sub>), según la UNE EN 1744-1. Ap.12
- El contenido de cloruros, según la UNE EN 1744-1.

En su caso

- El contenido de sulfatos solubles en agua para áridos reciclados, según la UNE EN 1744-1.(Ap. 10.2)

En el caso de que este material disponga de certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.5.7.2, esta frecuencia de control podrá ser trimestral.

#### **ARTÍCULO 2.5.8.- 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 voluntario que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas o reglamentos, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas o reglamentos.

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 voluntaria de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.5.7.2.

#### **ARTÍCULO 2.5.9.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.**

Esta guía incorpora referencia a otras publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones). Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación:

- 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.

## **Sección 6. GRAVAS RECICLADAS DE RCD.**

---

### **ARTÍCULO 2.6.1.- DEFINICIÓN.COMPOSICIÓN.**

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.

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.

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 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 Unidades de albañilería de hormigón.
- Ru = áridos no tratado, piedra natural, áridos tratados con conglomerantes hidráulicos.
- Rb = Unidades de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas). Unidades 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 14.

Las proporciones de los materiales componentes de los productos reciclados se determinan según lo indicado en la norma UNE-EN 933-11.

**TABLA 14. – Categoría de los componentes de los productos reciclados de RCD.**

Componente	Contenido Porcentaje en masa	Categoría
Rc	≥ 90	RC90
	≥ 80	RC80
Rc	≥ 70	RC70
	≥ 50	RC50
	< 50	RCdeclarado
	Sin requisitos	RC <sub>NR</sub>
Rc + Ru	≥ 95	RCU95
	≥ 90	RCU90
Rc + Ru	≥ 70	RCU70
	≥ 50	RCU50
	< 50	RCUdeclarado
	Sin requisitos	RCU <sub>NR</sub>
Rb	≤ 10	Rb <sub>10-</sub>
	≤ 30	Rb <sub>30-</sub>
Rb	≤ 50	Rb <sub>50-</sub>
	> 50	Rb <sub>declarado</sub>
	Sin requisitos	Rb <sub>NR</sub>
Ra	≤ 1	Ra <sub>1-</sub>
	≤ 5	Ra <sub>5-</sub>
	≤ 10	Ra <sub>10-</sub>
X + Rg	≤ 0.5	XRg <sub>0.5-</sub>
	≤ 1	XRg <sub>1-</sub>
	≤ 2	XRg <sub>2-</sub>
Componente	Contenido cm <sup>3</sup> /kg	Categoría
FL	≤ 0.2 <sup>(a)</sup>	FL <sub>0.2-</sub>
	≤ 2	FL <sub>2-</sub>
	≤ 5	FL <sub>5-</sub>

<sup>(a)</sup> La categoría ≤ 0.2 está destinada sólo para aplicaciones especiales que requieran un acabado superficial de alta calidad.

#### ARTÍCULO 2.6.2.- MATERIALES.

##### NORMA UNE EN 13242. 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.
- Lo dispuesto en el INFORME sobre el contenido de sustancias peligrosas en los productos de construcción, conforme a lo dispuesto en el artículo 67, apartado 1, del Reglamento (UE) n° 305/2011.

### **ARTÍCULO 2.6.3.- CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

La exigencia de marcado CE para los áridos gruesos es para cuando se emplean para los distintos usos recogidos en las normas que regula el Reglamento europeo como son: áridos para hormigón, mezclas bituminosas, áridos ligeros, áridos para mortero, áridos para capas granulares, escolleras y balasto. En los casos indicados en este artículo como áridos drenantes, no se aplica 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 grava, por ello se solicita en esta guía, y para todos los materiales reciclados, algún tipo de certificación voluntaria, como es el certificado de productos no sujetos a marcado CE.

Este material podrá utilizarse siempre que cumplan las prescripciones técnicas de esta guía y dispongan de algún tipo de certificación voluntaria que incluya la documentación que se indica en el capítulo 1 sección 8 de la presente guía.

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.

**ARTÍCULO 2.6.4.- 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.

**ARTÍCULO 2.6.5.- DESIGNACIÓN**

La designación de los productos contendrá la siguiente información:

"Grava"	Granulometría "d/D"	Reciclada de "Origen"
---------	---------------------	-----------------------

Donde:

d/D: tamaño de áridos d/D determinada conforme la UNE EN 933-2

Origen: tipo de origen (sin especificar código LER). En el caso de que el fabricante así lo desee, podrá indicar simplemente RCD.

Ejemplo: Grava 40/80 reciclada de hormigón.

**ARTÍCULO 2.6.6.- 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:

**ARTÍCULO 2.6.6.1.- 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 obra, podrá especificar otro valor para el uso de cada unidad de obra.

**ARTÍCULO 2.6.6.2.- Granulometría.**

Las condiciones granulométricas para las gravas como material drenante son las indicadas en la tabla 15.

El pasante por el tamiz 0.063 mm será inferior al cinco por ciento (<5%).



**TABLA 15. – Condiciones granulométricas para gravas como material drenante.**

<b>Condiciones de filtro (*)</b>	Generales	F15/d85 (Filtrante /capa a Drenar)	< 5
		F15/d15 (Filtrante /capa a Drenar)	> 5
		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 justas 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.

#### **ARTÍCULO 2.6.6.3.- 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 obra, podrá especificar otro valor para el uso de cada unidad de obra.

#### **ARTÍCULO 2.6.6.4.- Desgaste Los Ángeles.**

El coeficiente de desgaste los Ángeles, según la UNE EN 1097-2 será inferior a los indicados en la tabla 16.

**TABLA 16. – Categoría del valor máximo del coeficiente de Los Ángeles.**

<b>Los Ángeles</b> <b>UNE EN 1097-2</b>	Carga de tráfico igual e inferior a T4	< 50
	Carga de tráfico T2 y T3	< 45

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, podrá especificar otro valor para el uso de cada unidad de obra.

#### **ARTÍCULO 2.6.6.5.- Características químicas.**

Las características químicas exigidas para las gravas para material drenante son las indicadas en la tabla 17.

**TABLA 17. – Especificaciones químicas.**

<b>Azufre total (S)</b> <b>UNE EN 1744-1</b>	Materiales en contacto con hormigón	< 0.5%
	En el resto de los casos	1.30 %

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, podrá especificar otro valor para el uso de cada unidad de obra.

#### **ARTÍCULO 2.6.7.- CONTROL DE CALIDAD.**

##### **ARTÍCULO 2.6.7.1.- Control de procedencia de la grava reciclada.**

El control de procedencia de los materiales constituyentes consistirá en:

- Control documental.
- Visita de verificación de la instalación donde se fabrica la grava reciclada.
- Ensayos de control de procedencia.

##### **ARTÍCULO 2.6.7.1.1.- 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 persona 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 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 voluntaria de este material.
- Certificado de suministro.
- Certificado de garantía.

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

#### **ARTÍCULO 2.6.7.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación de la grava reciclada.**

El Proyecto o en su caso, la Dirección de Obra, decidirá la conveniencia de realizar 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 la administración competente correspondiente.

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 voluntaria.

#### **ARTÍCULO 2.6.7.1.3.- Ensayos de control de procedencia.**

La procedencia del material se ajustará a lo indicado en el apartado 2.6.4.

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:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según lo indicado en la tabla 14. Ensayo realizado según la UNE-EN 933-11.
- Determinación 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 2.6.8.

#### **ARTÍCULO 2.6.7.2.- 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 esta guía. Se 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. 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 2.6.8, 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 (% S), según la UNE EN 1744-1.

En el caso de que este material disponga de certificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.6.8, esta frecuencia de control podrá ser trimestral.

#### **ARTÍCULO 2.6.8.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado voluntario que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a reglamentos específicos de producto.

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 2.6.7.

**ARTÍCULO 2.6.9.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.**

Esta guía incorpora referencia a otras publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones). Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación:

- 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.

## Sección 7. MATERIALES GRANULARES RECICLADOS DE RCD TRATADOS CON CEMENTO. SUELOCIMIENTO RECICLADO DE RCD (SCR).

---

### ARTÍCULO 2.7.1.- DEFINICION. CLASIFICACIÓN.

*El PG-3 legisla en un solo artículo, el 513, a los dos productos fabricados a partir de materiales tratados con cemento: el suelocemento y la gravacemento, en estos dos casos se tratan materiales naturales, en el suelocemento 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 suelocemento 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.*

*Aunque en el articulado se expondrá la fabricación del suelocemento in situ y en central, 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 suelocemento 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.
  - 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.

### **ARTÍCULO 2.7.2.- MATERIALES.**

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

- El Reglamento Europeo de productos de construcción Nº 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.

#### **ARTÍCULO 2.7.2.1.- 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 obligará al empleo de aditivos retardadores*

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

#### **ARTÍCULO 2.7.2.2.- Materiales granulares reciclados.**

##### **ARTÍCULO 2.7.2.2.1.- 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 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.

#### **ARTÍCULO 2.7.2.2.2.- 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.

#### **ARTÍCULO 2.7.2.2.3.- 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

#### **ARTÍCULO 2.7.2.2.4.- 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.*
- *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 (S), 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.

#### **ARTÍCULO 2.7.2.2.5.- 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).

#### **ARTÍCULO 2.7.2.3.- Agua.**

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

#### **ARTÍCULO 2.7.2.4.- Aditivos.**

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

**ARTÍCULO 2.7.3.- TIPO Y COMPOSICION 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 18. El tipo SCR. 20 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes.

**TABLA 18. - 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	0,063
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 19. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres por ciento (3%) en masa, respecto del total del material reciclado en seco.

**TABLA 19. - Resistencia media (\*) a compresión a siete días (7 d), según la UNE EN 13286-41, (MPa).**

MATERIAL	ZONA	Mínima	Máxima
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 19 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 20 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 20. – Plazo mínimo de trabajabilidad (tpm).**

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

**ARTÍCULO 2.7.4.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCION 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.

**ARTÍCULO 2.7.5.- FABRICACIÓN DE LA MEZCLA EN CENTRAL.**

**ARTÍCULO 2.7.5.1.- Central de fabricación.**

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

**ARTÍCULO 2.7.5.2.- Elementos de transporte.**

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

**ARTÍCULO 2.7.5.3.- Equipos de extensión.**

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

**ARTÍCULO 2.7.5.4.- Equipos de compactación.**

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

**ARTÍCULO 2.7.5.5.- Equipos para la ejecución de juntas transversales en fresco.**

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

#### **ARTÍCULO 2.7.6.- FABRICACIÓN DEL SUELOCEMENTO IN SITU.**

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

#### **ARTÍCULO 2.7.7.- EJECUCION DE LAS OBRAS.**

##### **ARTÍCULO 2.7.7.1.- 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 Próctor modificado, según la UNE EN 13286-2. (\*)
- La densidad mínima a alcanzar. (\*)
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla. (\*)

*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.*

(\*) Los ensayos físico mecánicos para las determinaciones de Próctor Modificado, resistencias a compresión simple o plazos de trabajabilidad, se realizarán con el material granular reciclado previamente saturado 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 21, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

**TABLA 21. – Tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo (\*).**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.2.- Fabricación de la mezcla en central.**

**ARTÍCULO 2.7.7.2.1.- Preparación de la superficie existente.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.2.2.- 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.

**ARTÍCULO 2.7.7.2.3.- Transporte de la mezcla.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.2.4.- Vertido y extensión de la mezcla.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.2.5.- Prefisuración.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.2.6.- Compactación y terminación.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.2.7.- Ejecución de juntas de trabajo.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.2.8.- Curado y protección superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.3.- Fabricación de la mezcla in situ.**

**ARTÍCULO 2.7.7.3.1.- Preparación de la superficie existente.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.3.2.- Disgregación del suelo.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.3.3.- 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.

**ARTÍCULO 2.7.7.3.4.- Distribución del cemento.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.3.5.- Ejecución de la mezcla.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.3.6.- Compactación.**

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



**ARTÍCULO 2.7.7.3.7.- Terminación de la superficie.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.3.8.- Ejecución de las juntas.**

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

**ARTÍCULO 2.7.7.3.9.- Curado y protección superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.7.8.- TRAMO DE PRUEBA.**

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

**ARTÍCULO 2.7.9.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.****ARTÍCULO 2.7.9.1.- 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 Próctor modificado tras saturación

**ARTÍCULO 2.7.9.2.- Resistencia mecánica.**

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

**ARTÍCULO 2.7.9.3.- Terminación, rasante, anchura y espesor.**

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

**ARTÍCULO 2.7.10.- LIMITACIONES DE LA EJECUCION.**

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

**ARTÍCULO 2.7.11.- CONTROL DE CALIDAD.**

**ARTÍCULO 2.7.11.1.- 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.

**ARTÍCULO 2.7.11.2.- 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:*

- *los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*
- *el certificado de garantía del fabricante, firmado por física; y*
- *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.
  - 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.

**ARTÍCULO 2.7.11.3.- Verificación de la instalación de fabricación del suelocemento.**

El proyecto, o en su defecto la Dirección de Obra, decidirá la conveniencia de realizar una visita de inspección tanto de la instalación de fabricación del suelocemento como de la planta de suministro del material reciclado.

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.

**ARTÍCULO 2.7.11.4.- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.**

**ARTÍCULO 2.7.11.4.1.- Cemento.**

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

**ARTÍCULO 2.7.11.4.2.- Material reciclado.**

La procedencia del material se ajustará a lo indicado en el apartado 2.7.2.2.2.

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.

**ARTÍCULO 2.7.11.5.- Control de ejecución. (Fabricación del suelocemento en central).**

**ARTÍCULO 2.7.11.5.1.- Fabricación del suelocemento en central.**

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:
  - 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.

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.

**ARTÍCULO 2.7.11.5.2.- Puesta en obra.**

**ARTÍCULO 2.7.11.5.2.1.- Vertido, extensión y prefisuración.**

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

**ARTÍCULO 2.7.11.5.2.2.- Compactación.**

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

**ARTÍCULO 2.7.11.5.2.3.- Curado y protección superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.7.11.6.- Control de ejecución. Fabricación del suelocemento in situ.**

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

**ARTÍCULO 2.7.11.7.- 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 compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones. Se verificará también la anchura de la capa.

**ARTÍCULO 2.7.12.- CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO DEL LOTE.**

**ARTÍCULO 2.7.12.1.- Densidad.**

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

**ARTÍCULO 2.7.12.2.- Resistencia mecánica.**

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

**ARTÍCULO 2.7.12.3.- Espesor.**

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

**ARTÍCULO 2.7.12.4.- Rasante.**

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

**ARTÍCULO 2.7.13.- MEDICION Y ABONO.**

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

**ARTÍCULO 2.7.14.- ESPECIFICACIONES TECNICAS 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 este apartado.

**ARTÍCULO 2.7.15.- 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.
- 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 Próctor.



- 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

## Sección 8. GRAVACIMIENTO CON ÁRIDOS GRUESOS RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN (GCR HORM).

---

### ARTÍCULO 2.8.1.- DEFINICION. CLASIFICACIÓN.

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).

### ARTÍCULO 2.8.2.- 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 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 Nº 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.

**ARTÍCULO 2.8.2.1.- Cemento.**

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

**ARTÍCULO 2.8.2.2.- Áridos.**

**ARTÍCULO 2.8.2.2.1.- 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 un certificado de productos no sujetos a marcado CE.

**ARTÍCULO 2.8.2.2.2.- Composición química.**

El contenido ponderal en azufre total (expresado en S) 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 (S < 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 gravacemiento, el contenido ponderal en azufre total (S) deberá limitarse a cuatro décimas porcentuales (< 0,4%).

Si en el árido para gravacemiento 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 gravacemiento 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.

#### **ARTÍCULO 2.8.2.2.3.- 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
- 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.

**ARTÍCULO 2.8.2.2.3.1.- Requisitos geométricos.**

**ARTÍCULO 2.8.2.2.3.1.1.- 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 22

**TABLA 22. – 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	FI35
Arcenes	T2 a T4	$\leq$ 40	

**ARTÍCULO 2.8.2.2.3.1.2.- 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 número 23.

**TABLA 23. – 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	

**ARTÍCULO 2.8.2.2.3.2.- 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 número 24.

**TABLA 24. – Categoría del valor máximo del coeficiente de los ángeles.**

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

**ARTÍCULO 2.8.2.2.4.- 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.

**ARTÍCULO 2.8.2.2.4.1.- 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).

**ARTÍCULO 2.8.2.2.4.2.- 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 g/kg) y, simultáneamente, el equivalente de arena (SE4) deberá ser superior a treinta (> 30) para ambos tipos.

**ARTÍCULO 2.8.2.3.- Agua.**

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

**ARTÍCULO 2.8.2.4.- Aditivos.**

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

**ARTÍCULO 2.8.3.- 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 25. El tipo GCR 32 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes, en sustitución del suelocemento SC40.

**TABLA 25. – Husos granulométricos del árido de la gravacemiento.**

GCR	Abertura de tamices UNE-EN 933-2 (mm)								
	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063
GCR 32	100	88-100	67-91	52-77	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7
GCR 20		100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7

El contenido mínimo de cemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla 26. 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 26. - Resistencia media (\*) a compresión a siete días (7 d), según la UNE-EN 13286-41, (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.

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 26 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 27. 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 27. – 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).

#### **ARTÍCULO 2.8.4.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.**

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

##### **ARTÍCULO 2.8.4.1.- Central de fabricación.**

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



**ARTÍCULO 2.8.4.2.- Elementos de transporte.**

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

**ARTÍCULO 2.8.4.3.- Equipo de extensión.**

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

**ARTÍCULO 2.8.4.4.- Equipo de compactación**

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

**ARTÍCULO 2.8.4.5.- 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.

**ARTÍCULO 2.8.5.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.**

**ARTÍCULO 2.8.5.1.- 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 Próctor modificado, según la UNE 103501 (\*).
- La densidad mínima a alcanzar.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla (\*).

*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.*

(\*) Los ensayos físico mecánicos para las determinaciones de Próctor modificado, resistencias a compresión simple o plazos de trabajabilidad, se realizarán con el árido grueso reciclado previamente saturado 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 28, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

**TABLA 28. – 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	-1.0 / +0.5

óptima

**ARTÍCULO 2.8.5.2.- Preparación de la superficie existente.**

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

**ARTÍCULO 2.8.5.3.- 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.

**ARTÍCULO 2.8.5.4.- Transporte de la mezcla.**

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

**ARTÍCULO 2.8.5.5.- Vertido y extensión de la mezcla.**

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

**ARTÍCULO 2.8.5.6.- Prefisuración.**

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

**ARTÍCULO 2.8.5.7.- Compactación y terminación.**

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

**ARTÍCULO 2.8.5.8.- Ejecución de las juntas de trabajo.**

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

**ARTÍCULO 2.8.5.9.- Curado y protección superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.8.6.- TRAMO DE PRUEBA.**

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

**ARTÍCULO 2.8.7.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.**

**ARTÍCULO 2.8.7.1.- 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 Próctor modificado tras saturación.

**ARTÍCULO 2.8.7.2.- Resistencia mecánica.**

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

**ARTÍCULO 2.8.7.3.- Terminación, rasante, anchura y espesor.**

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

**ARTÍCULO 2.8.7.4.- Regularidad superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.8.8.- LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.**

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

**ARTÍCULO 2.8.9.- CONTROL DE CALIDAD.**

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

**ARTÍCULO 2.8.9.1.- 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.

**ARTÍCULO 2.8.9.1.1.- 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:*

- | • *los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*

- *el certificado de garantía del fabricante, firmado por física; y*
- *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.*

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.

**ARTÍCULO 2.8.9.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación de la gravacemento.**

El proyecto, o en su defecto la Dirección de Obra, decidirá la conveniencia de realizar una visita de inspección tanto de la instalación de fabricación de la gravacemento como de la planta de suministro del árido grueso reciclado.

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.

**ARTÍCULO 2.8.9.1.3.- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.**

**ARTÍCULO 2.8.9.1.3.1.- Cemento.**

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

**ARTÍCULO 2.8.9.1.3.2.- 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.

**ARTÍCULO 2.8.9.4.- Control de ejecución.**

**ARTÍCULO 2.8.9.4.1.- 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 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.

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).

#### **ARTÍCULO 2.8.9.4.2.- Puesta en obra.**

##### **ARTÍCULO 2.8.9.4.2.1.- Vertido, extensión y prefisuración.**

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

**ARTÍCULO 2.8.9.4.2.2.- Compactación.**

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

**ARTÍCULO 2.8.9.4.2.3.- Curado y protección superficial.**

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

**ARTÍCULO 2.8.9.5.- 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.

**ARTÍCULO 2.8.10.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.**

**ARTÍCULO 2.8.10.1.- Densidad.**

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

**ARTÍCULO 2.8.10.2.- Resistencia mecánica.**

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

**ARTÍCULO 2.8.10.3.- Espesor.**

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

**ARTÍCULO 2.8.10.4.- Rasante.**

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

**ARTÍCULO 2.8.10.5.- Regularidad superficial.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.5 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.8.11.- MEDICIÓN Y ABONO.**

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

**ARTÍCULO 2.8.12.- 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.

### **ARTÍCULO 2.8.13.- NORMAS REFERIDAS 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.
- 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 Próctor.
- 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.

## **Sección 9. BASE DE HORMIGÓN CON ÁRIDOS GRUESOS RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN (BHR).**

---

### **ARTÍCULO 2.9.1.- DEFINICION. CLASIFICACIÓN.**

Se define como Base de hormigón con áridos gruesos reciclados (en adelante BHR), la mezcla homogénea de áridos procedentes de la trituración exclusiva de hormigones, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimento de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

La ejecución de la BHR incluye las siguientes operaciones:

- Estudio y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie de asiento.
- Fabricación del hormigón.
- Transporte del hormigón.
- Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para la pavimentadora.
- Puesta en obra del hormigón.
- Protección y curado del hormigón fresco.

### **ARTÍCULO 2.9.2.- 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 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 Nº 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.

**ARTÍCULO 2.9.2.1.- Cemento.**

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

**ARTÍCULO 2.9.2.2.- Áridos.**

**ARTÍCULO 2.9.2.2.1.- 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 BHR, 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 un certificado de productos no sujetos a marcado CE.

**ARTÍCULO 2.8.2.2.2.- Composición química.**

El contenido ponderal en azufre total (expresado en S) 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 gravacemiento, el contenido ponderal en azufre total (S) deberá limitarse a cuatro décimas porcentuales (< 0,4%).

Si en el árido para la BHR 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 BHR 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.

#### **ARTÍCULO 2.9.2.2.3.- 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
- 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.

**ARTÍCULO 2.9.2.2.3.1.- Requisitos geométricos.**

**ARTÍCULO 2.9.2.2.3.1.1.- 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 29

**TABLA 29. – 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	FI30
	T3 y T4	$\leq$ 35	FI35
Arcenes	T2 a T4	$\leq$ 40	FI40

**ARTÍCULO 2.9.2.2.3.1.2.- 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 número 30.

**TABLA 30. – 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	

**ARTÍCULO 2.9.2.2.3.2.- 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 número 31.

**TABLA 31. – Categoría del valor máximo del coeficiente de los ángeles.**

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

**ARTÍCULO 2.9.2.2.4.- 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.

**ARTÍCULO 2.9.2.2.4.1.- 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).

**ARTÍCULO 2.9.2.2.4.2.- 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). De no cumplirse, 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 ( $MBF < 10$  g/kg) y, simultáneamente, el equivalente de arena (SE4) deberá ser superior a treinta ( $> 30$ ).

**ARTÍCULO 2.9.2.3.- Agua.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.2.3 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.2.4.- Aditivos.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.2.5 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.2.5.- Productos filmógenos de curado.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.2.6 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.3.- TIPO Y COMPOSICIÓN DEL BHR.**

La resistencia característica a compresión del BHR, determinada sobre probetas cilíndricas de quince centímetros (15 cm) de diámetro y treinta centímetros (30 cm) de altura, fabricada y conservada de conformidad con la norma UNE-EN 12390-2 y ensayada a 28 días de edad (norma UNE-EN 12390-3) no será inferior a doce con cinco megapascales ( $> 12,5$  MPa).

El proyecto o en su defecto el Director de la obra fijará la consistencia, y los límites admisibles de sus resultados, del hormigón según lo indicado en la norma UNE-EN 12350-2 pudiendo también especificar otros procedimientos alternativos de determinación.

La masa unitaria del total de partículas cernidas por el tamiz 0,125 mm (norma UNE-EN 933-2), incluyendo el cemento, no será inferior a doscientos cincuenta kilogramos por metro cúbico del BHR.

El contenido mínimo de cemento será el que permita la consecución de una resistencia mínima media a compresión, determinada según la norma UNE EN

12390-3, de 12,5 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.

El Pliego particular de la obra podrá indicar otras resistencias para el hormigón compactado.

**ARTÍCULO 2.9.4.- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.**

**ARTÍCULO 2.9.4.1.- Consideraciones generales.**

No se podrá utilizar en la ejecución del BHR ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

**ARTÍCULO 2.9.4.2.- Central de fabricación.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.4.2 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.4.3.- Elementos de transporte.**

El transporte del BHR se realizará en camiones hormigonera.

El equipo de transporte deberá ser capaz de suministrar el hormigón a la zona del extendido de forma continua y uniforme sin que la alimentación del equipo de extensión se interrumpa o sea necesario modificar su velocidad de avance.

**ARTÍCULO 2.9.4.4.- Equipos de puesta en obra**

El proyecto o en su defecto el Director de la Obra establecerá el procedimiento de puesta en obra del BHR.

Los equipos de puesta en obra serán los aceptados en el tramo de prueba.

**ARTÍCULO 2.9.4.5.- Distribuidor del producto de filmógeno de curado.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.4.5 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.5.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.****ARTÍCULO 2.9.5.1.- Estudio y obtención de la fórmula de trabajo.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.5.1 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.5.2.- Preparación de la superficie de asiento.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.5.2 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.5.3.- Fabricación del BHR.****ARTÍCULO 2.9.5.3.1.- Acopio de áridos.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.5.3.1 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.5.3.2.- Suministro y acopio de cemento.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.5.3.2 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.5.3.3.- Acopio de aditivos.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.5.3.3 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.5.3.4.- Amasado.**

La carga de cada una de las tolvas de áridos se realizará de forma que el contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones y la alimentación del árido fino, aun cuando ésta fuera de un único tipo y granulometría, se efectuará dividiendo la carga entre dos (2) tolvas.

El amasado se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de todos los componentes. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la relación agua/cemento fijada por la fórmula de trabajo; para ello, se tendrá en cuenta el agua aportada por la humedad de los áridos, especialmente del árido fino.

*Es recomendable que el árido grueso reciclado se encuentre, previo al amasado, humectado en los acopios o tolvas de la planta, lo que garantizará la homogeneidad del BHR evitando el proceso de absorción propia de estos áridos*

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua de amasado, mientras que los aditivos en polvo se introducirán en la amasadora, junto con el cemento o los áridos.

A la descarga de la amasadora todo el árido deberá estar uniformemente distribuido y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de pasta de cemento. Los tiempos de mezcla y amasado necesarios para lograr una masa homogénea y uniforme, sin segregación, así como la temperatura máxima del hormigón a la salida de la amasadora serán fijados durante la realización del tramo de prueba especificado en el apartado 2.9.6. Si se utilizase hielo para enfriar el hormigón, la descarga no comenzará hasta que se hubiera fundido en su totalidad, y se tendrá en cuenta para la relación agua/cemento.

Antes de volver a cargar la amasadora se vaciará totalmente su contenido. Si hubiera estado parada más de treinta minutos (> 30 min), se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales en ella. De la misma manera se procederá antes de comenzar la fabricación de hormigón con un nuevo tipo de cemento.

#### **ARTÍCULO 2.9.5.4.- Transporte.**

Será de aplicación lo indicado en el apartado 551.5.4 del PG-3.

#### **ARTÍCULO 2.9.5.5.- Puesta en obra.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras definirá el procedimiento de puesta en obra del BHR.

#### **ARTÍCULO 2.9.5.6.- Ejecución de juntas de puesta en obra del hormigón.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras definirá el procedimiento de ejecución de juntas para el BHR.

#### **ARTÍCULO 2.9.5.7.- Terminación.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras definirá el procedimiento de terminación para el BHR.

**ARTÍCULO 2.9.5.8.- Protección y curado.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras definirá el procedimiento de protección y curado para el BHR.

**ARTÍCULO 2.9.6.- TRAMO DE PRUEBA.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras decidirá si es necesario la ejecución de un tramo de prueba para la puesta en obra del BHR.

De ser así, se podrá utilizar como referente para la ejecución del tramo de prueba lo indicado en el artículo 551.6 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.7.- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.**

**ARTÍCULO 2.9.7.1.- Resistencia.**

La resistencia característica a compresión simple a veintiocho días (28 d) cumplirá lo indicado en el apartado 2.9.3.

**ARTÍCULO 2.9.7.2.- Alineación, rasante, espesor y anchura.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras definirá los criterios de alineación, rasante, espesor y anchura para el BHR.

**ARTÍCULO 2.9.7.3.- Regularidad superficial.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras definirá los criterios de regularidad superficial para el BHR.

**ARTÍCULO 2.9.8.- LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.**

El proyecto o en su defecto el Director de las obras definirá las limitaciones de la ejecución, tiempo caluroso, tiempo frío o apertura para la circulación para el BHR.

**ARTÍCULO 2.9.9.- CONTROL DE CALIDAD.**

#### ARTÍCULO 2.9.9.1.- Control de procedencia de los materiales.

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.

#### ARTÍCULO 2.9.9.1.1.- 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:*

- *Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*
- *El certificado de garantía del fabricante, firmado por física; y*
- *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:

- Para los constituyentes con obligación de marcado CE (áridos, cemento y aditivos). 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.
- Para el árido grueso (RCD), además de los documentos de certificación CE:
  - Que ha sido preparado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
  - Certificado de garantía.



**ARTÍCULO 2.9.9.1.2.- Verificación de la instalación de fabricación del BHR.**

El proyecto o en su defecto el Director de la obra, decidirá si es preciso realizar una visita de inspección tanto de la instalación de fabricación del BHR como de la planta de suministro del árido grueso reciclado.

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 BHR.
- Control de producción.

**ARTÍCULO 2.9.9.1.3.- Ensayos de control de procedencia de los materiales constituyentes.**

**ARTÍCULO 2.9.9.1.3.1.- Cemento.**

Será de aplicación lo indicado en la Instrucción de recepción de cementos RC-16.

**ARTÍCULO 2.9.9.1.3.2.- Áridos.**

Los áridos empleados para la fabricación del BHR tanto los gruesos reciclados como el fino natural, deberán disponer del marcado CE.

El proyecto o en su caso el Director de la obra, podrá solicitar los siguientes ensayos de control de procedencia, en especial al árido grueso reciclado.

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

#### **ARTÍCULO 2.9.9.2.- Control de ejecución.**

##### **ARTÍCULO 2.9.9.2.1.- 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 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.
  - 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, según la UNE-EN 1097-2.
  - Proporción de terrones de arcilla del árido grueso, 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.

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.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador con las que se fabricarán probetas para la comprobación de su resistencia a compresión, según UNE-EN 12390-3. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) y veintiocho días (28 d).

Siempre que se tome una muestra para determinar su resistencia a compresión se determinará además su consistencia de acuerdo con UNE-EN 12350-2.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el criterio de control para la determinación de la resistencia a compresión del BHR, recomendándose el siguiente:

- Definición de lote:
  - Cada cien metros cúbicos de BHR (100 m<sup>3</sup>).
- Número de series por lote
  - Tres (3).

#### **ARTÍCULO 2.9.9.2.2.- Puesta en obra.**

Se controlará las condiciones atmosféricas para tener en cuenta las limitaciones de la ejecución indicadas en 2.9.8.

Así mismo se comprobará los espesores de extendido.

Se controlará que el procedimiento de puesta en obra se ajusta a lo indicado en el proyecto o en su defecto lo autorizado por el Director de la obra.

**ARTÍCULO 2.9.9.3.- Control de recepción de 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 la capa de hormigón magro vibrado:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor de la capa y la homogeneidad del hormigón se comprobarán mediante extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, con la frecuencia fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o que, en su defecto, señale el Director de las Obras. El número mínimo de puntos a controlar por cada lote será de dos (2), que se ampliarán a cinco (5) si el espesor de alguno de los dos (2) primeros resultara ser inferior al prescrito o su aspecto indicara una compactación inadecuada. Las extracciones efectuadas se repondrán con hormigón de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.

Las probetas del hormigón BHR, conservadas en las condiciones previstas en la norma UNE-EN 12390-2, se ensayarán a compresión simple a veintiocho días (28 d) (norma UNE-EN 12390-3). El Director de las Obras podrá ordenar la realización de ensayos complementarios a siete días (7 d).

Se comprobará en perfiles transversales cada veinte metros (20 m) que la superficie extendida presenta un aspecto uniforme, así como la ausencia de defectos superficiales importantes, tales como segregaciones, modificación de la terminación, etc.

Tan pronto como sea posible, y antes de la extensión de la siguiente capa, se controlará la regularidad superficial, en tramos de mil metros de longitud (1000 m) mediante la determinación del 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 551.7.3.

**ARTÍCULO 2.9.10.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.**

Será de aplicación lo indicado en artículo 551.10 del PG-3.

**ARTÍCULO 2.9.11.- NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.**

Las normas recogidas en este artículo podrán ser sustituidas por otras de las utilizadas en cualquiera de los otros Estados miembros de la Unión Europea, o que sean parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, y en aquellos Estados que tengan un acuerdo de asociación aduanera con la Unión Europea, siempre que se demuestre que poseen idénticas especificaciones técnicas.

- NLT-330 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.
- NLT-334 Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros, estática o rodante.
- UNE 83299 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Productos de curado para morteros y hormigones. Determinación de la pérdida de agua por evaporación.
- 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 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 933-8 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 934-2 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.
- 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 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.

- UNE-EN 1744-3 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.
- UNE-EN 12350-2 Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento.
- UNE-EN 12350-7 Ensayos de hormigón fresco. Parte 7: Determinación del contenido de aire. Métodos de presión.
- UNE-EN 12390-2 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.
- UNE-EN 12390-3 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
- UNE-EN 12504-1 Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.

## Sección 10. AUTOCONSUMO

---

Esta sección constituye los criterios a seguir para el control de los materiales denominados de “autoconsumo”.

Se consideran materiales de autoconsumo, aquellos que se obtengan y se utilicen en una obra, durante un plazo definido de tiempo por la misma empresa ejecutora de la obra, en una instalación no permanente o móvil, siempre que no exista una transacción comercial con terceros.

En dicho caso, los materiales no tendrán la obligación de poseer un certificado emitido por terceros (ya sea de marcado CE o de otro tipo).

El constructor realizará los ensayos establecidos en la presente guía en un laboratorio propio o contratado que no precisa estar acreditado por ENAC.

Si la producción incluye varios productos con características intrínsecas al material, no influidas por el proceso de producción, se realizará un único ensayo de dichas características que será válido para todos los productos.

En las propiedades intrínsecas del árido que sean comunes a varias aplicaciones, sólo será necesario realizar el ensayo una vez. En las propiedades que tengan relación con el proceso de preparación, será necesario realizar el ensayo para cada aplicación específica.

El fabricante será responsable de que el laboratorio de autocontrol (propio o contratado) cuente con los equipos, medios, personal, calibración, etc. adecuados para la realización de los ensayos que se precisen, realizados según norma.

En estos casos el Proyecto o en su caso, la Dirección de Obra, decidirá la conveniencia de realizar una visita de inspección de la instalación, por el Laboratorio de control y la Dirección de la Obra, de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por administración competente correspondiente.

Tras la cual se documentará:

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

## **Sección 11. DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTRO Y CONTROL.**

---

Los modelos de documentación son los siguientes:

### **ARTÍCULO 2.11.1.- DOCUMENTOS QUE GARANTICEN QUE EL PRODUCTOR ES UN GESTOR AUTORIZADO.**

El productor debe declarar que es Gestor autorizado para la valorización de residuos de la construcción y demolición en la Comunidad de Madrid, incluyendo su número de autorización.

### **ARTÍCULO 2.11.2.- DOCUMENTOS MARCADO CE.**

En el caso de las zahorras, es obligado de 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 zahorra que se empleará en la obra se encuentra relacionada en este certificado.

### **ARTÍCULO 2.11.3.- CERTIFICADO DE GARANTÍA DEL FABRICANTE.**

Ese 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.



LOGOTIPO  
EMPRESA

**CERTIFICADO DE GARANTÍA  
DE ÁRIDOS RECICLADOS**

Nombre de la empresa:  
Dirección:

Cliente: Nombre del cliente  
Obra: Nombre de la obra

XXX a, xx de xxxxx de 20xx

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

<i>Designación</i>

Fabricado en nuestro centro de producción sito en:

Dirección del centro de producción

Adjuntamos la siguiente documentación de garantía de calidad:

Producto con Marcado CE	
Declaración de Prestaciones	■
Etiqueta CE completa	■
Certificado de Conformidad del Control de Producción en Fábrica del Organismo Notificado.	■

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

Sin otro particular, le saluda atentamente.

Fdo:  
Cargo:  
Sello:

**ARTÍCULO 2.11.4.- CERTIFICADO DE SUMINISTRO DEL FABRICANTE**

El suministrador del árido reciclado 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.

<div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; text-align: center;">LOGOTIPO EMPRESA</div>	<p><b>CERTIFICADO DE SUMINISTRO DE ÁRIDOS RECICLADOS</b></p>												
<p>Nombre de la empresa:                  Nombre y cargo del responsable de suministro:                  Dirección (Nombre, domicilio, teléfono/fax, CIF, NIF):</p>													
XXX a, xx de xxxxx de 20xx													
<p>Certifico</p> <p>Que hasta la fecha presente, se han entregado a:</p>													
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">Cliente</td> <td style="text-align: center;">Nombre del cliente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Obra</td> <td style="text-align: center;">Nombre de la obra</td> </tr> </table>		Cliente	Nombre del cliente	Obra	Nombre de la obra								
Cliente	Nombre del cliente												
Obra	Nombre de la obra												
<p>Los suministros que a continuación se detalla:</p>													
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Identificación del producto o material</th> <th style="width: 30%;">Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Identificación del producto o material	Cantidad										
Identificación del producto o material	Cantidad												
<p>Declaro bajo mi responsabilidad la conformidad de los suministros arriba indicados con las características técnicas declaradas en el momento de la entrega.</p>													
Fdo: Cargo: Sello:													

**Sección 12. FICHAS DE CARACTERIZACIÓN.**

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                 Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente             </div>	Nº de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)																																													
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante																																														
<b>Denominación:</b>	Zahorra artificial reciclada de hormigón  Tipo de material: Árido para capas granulares  Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas	<b>ZARHor</b>																																												
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width:25%;">Rc + Ru+Rg</th> <th style="width:25%;">Rg</th> <th style="width:25%;">X</th> <th style="width:25%;">FL</th> </tr> <tr> <td>≥ 90%</td> <td>≤ 2%</td> <td>&lt; 1%</td> <td>&lt;1 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </table>			Rc + Ru+Rg	Rg	X	FL	≥ 90%	≤ 2%	< 1%	<1 cm <sup>3</sup> /kg																																			
Rc + Ru+Rg	Rg	X	FL																																											
≥ 90%	≤ 2%	< 1%	<1 cm <sup>3</sup> /kg																																											
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width:10%;">Tipo</th> <th colspan="10">Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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>0,5</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> </tbody> </table>			Tipo	Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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
Tipo	Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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																																				
<b>Contaminantes orgánicos</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 15.3	Más claro que hormigón																																													
<b>Compuestos totales de azufre:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo.11	S < 1,8%																																													
<b>Contenido en Sales Solubles en agua:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 10.2	SO <sub>4</sub> < 0,7%																																													
<b>Índice de lajas</b> UNE-EN 933-3	FI < 35																																													
<b>Partículas trituradas:</b> UNE-EN 933-5	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width:60%;">Partículas trituradas</th> <th colspan="2">Categoría de tráfico</th> </tr> <tr> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Partículas total y parcialmente trituradas (%)</td> <td>&gt; 70</td> <td>&gt; 50</td> </tr> <tr> <td>Partículas totalmente redondeadas (%)</td> <td colspan="2">&lt; 10</td> </tr> </tbody> </table>			Partículas trituradas	Categoría de tráfico		T2	T3-T4	Partículas total y parcialmente trituradas (%)	> 70	> 50	Partículas totalmente redondeadas (%)	< 10																																	
Partículas trituradas	Categoría de tráfico																																													
	T2	T3-T4																																												
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	> 70	> 50																																												
Partículas totalmente redondeadas (%)	< 10																																													
<b>Resistencia a la fragmentación</b> UNE-EN 1097-2	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width:20%;">Coeficiente de los Ángeles</th> <th colspan="3">Categoría tráfico</th> </tr> <tr> <th>T2</th> <th>T3</th> <th>T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>≤ 35 (LA<sub>35</sub>)</td> <td>≤ 40 (LA<sub>40</sub>)</td> <td>≤ 45 (LA<sub>45</sub>)</td> </tr> </tbody> </table>			Coeficiente de los Ángeles	Categoría tráfico			T2	T3	T4		≤ 35 (LA <sub>35</sub> )	≤ 40 (LA <sub>40</sub> )	≤ 45 (LA <sub>45</sub> )																																
Coeficiente de los Ángeles	Categoría tráfico																																													
	T2	T3	T4																																											
	≤ 35 (LA <sub>35</sub> )	≤ 40 (LA <sub>40</sub> )	≤ 45 (LA <sub>45</sub> )																																											
<b>Índice CBR</b> UNE 103502	> 40																																													
<b>Plasticidad:</b> UNE 103103 / UNE 103104	No plásticas																																													
<b>Equivalente de arena:</b> UNE-EN 933-8	EA >35																																													
<b>Pérdida de masa en el ensayo de sulfato de magnesio:</b> UNE-EN 1367-2	≤ 18%																																													

Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente	Nº de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)																																													
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante																																														
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ZARM</span>																																														
<b>Denominación:</b> Zahorra artificial reciclada mixta de RCD Tipo de material: Árido para capas granulares Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas																																														
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Rc + Ru+Ra</th> <th style="width: 25%;">Rc+Ru</th> <th style="width: 25%;">X</th> <th style="width: 25%;">FL</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 70%</td> <td style="text-align: center;">≥ 55%</td> <td style="text-align: center;">&lt; 1%</td> <td style="text-align: center;">&lt;1 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </table>			Rc + Ru+Ra	Rc+Ru	X	FL	≥ 70%	≥ 55%	< 1%	<1 cm <sup>3</sup> /kg																																			
Rc + Ru+Ra	Rc+Ru	X	FL																																											
≥ 70%	≥ 55%	< 1%	<1 cm <sup>3</sup> /kg																																											
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Tipo</th> <th colspan="10" style="text-align: center;">Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">40</th> <th style="width: 10%;">32</th> <th style="width: 10%;">20</th> <th style="width: 10%;">12,5</th> <th style="width: 10%;">8</th> <th style="width: 10%;">4</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">0,5</th> <th style="width: 10%;">0,25</th> <th style="width: 10%;">0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0/32</td> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="text-align: center;">88-100</td> <td style="text-align: center;">65-90</td> <td style="text-align: center;">52-76</td> <td style="text-align: center;">40-63</td> <td style="text-align: center;">26-45</td> <td style="text-align: center;">15-32</td> <td style="text-align: center;">7-21</td> <td style="text-align: center;">4-16</td> <td style="text-align: center;">0-9</td> </tr> <tr> <td>0/20</td> <td></td> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="text-align: center;">75-100</td> <td style="text-align: center;">60-86</td> <td style="text-align: center;">45-73</td> <td style="text-align: center;">31-54</td> <td style="text-align: center;">20-40</td> <td style="text-align: center;">9-24</td> <td style="text-align: center;">5-18</td> <td style="text-align: center;">0-9</td> </tr> </tbody> </table>			Tipo	Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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
Tipo	Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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																																				
<b>Contaminantes orgánicos</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 15.3	Más claro que hormigón																																													
<b>Compuestos totales de azufre:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo.11	S < 1,8%																																													
<b>Contenido en Sales Solubles en agua:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 10.2	SO <sub>4</sub> < 0,7%																																													
<b>Índice de lajas</b> UNE-EN 933-3	FI < 35																																													
<b>Partículas trituradas:</b> UNE-EN 933-5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 60%;">Partículas trituradas</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Categoría de tráfico</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">T2</th> <th style="width: 20%;">T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Partículas total y parcialmente trituradas (%)</td> <td style="text-align: center;">&gt; 70</td> <td style="text-align: center;">&gt; 50</td> </tr> <tr> <td>Partículas totalmente redondeadas (%)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">&lt; 10</td> </tr> </tbody> </table>			Partículas trituradas	Categoría de tráfico		T2	T3-T4	Partículas total y parcialmente trituradas (%)	> 70	> 50	Partículas totalmente redondeadas (%)	< 10																																	
Partículas trituradas	Categoría de tráfico																																													
	T2	T3-T4																																												
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	> 70	> 50																																												
Partículas totalmente redondeadas (%)	< 10																																													
<b>Resistencia a la fragmentación</b> UNE-EN 1097-2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 25%;">Coeficiente de los Ángeles</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Categoría tráfico</th> </tr> <tr> <th style="width: 25%;">T2</th> <th style="width: 25%;">T3</th> <th style="width: 25%;">T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">≤ 35 (LA<sub>35</sub>)</td> <td style="text-align: center;">≤ 40 (LA<sub>40</sub>)</td> <td style="text-align: center;">≤ 45 (LA<sub>45</sub>)</td> </tr> </tbody> </table>			Coeficiente de los Ángeles	Categoría tráfico			T2	T3	T4		≤ 35 (LA <sub>35</sub> )	≤ 40 (LA <sub>40</sub> )	≤ 45 (LA <sub>45</sub> )																																
Coeficiente de los Ángeles	Categoría tráfico																																													
	T2	T3	T4																																											
	≤ 35 (LA <sub>35</sub> )	≤ 40 (LA <sub>40</sub> )	≤ 45 (LA <sub>45</sub> )																																											
<b>Índice CBR</b> UNE 103502	> 40																																													
<b>Plasticidad:</b> UNE 103103 / UNE 103104	No plásticas																																													
<b>Equivalente de arena:</b> UNE-EN 933-8	EA >30																																													
<b>Pérdida de masa en el ensayo de sulfato de magnesio:</b> UNE-EN 1367-2	≤ 18%																																													

Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente	Nº de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)																																													
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante																																														
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ZARA</span>																																														
<b>Denominación:</b> <span style="float: right;">Zahorra artificial reciclada asfáltica</span> Tipo de material: Árido para capas granulares Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas																																														
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Rc + Ru+Ra</th> <th style="width: 25%;">Ra</th> <th style="width: 25%;">X</th> <th style="width: 25%;">FL</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 90%</td> <td style="text-align: center;">≥ 50%</td> <td style="text-align: center;">&lt; 1%</td> <td style="text-align: center;">&lt;1 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </table>			Rc + Ru+Ra	Ra	X	FL	≥ 90%	≥ 50%	< 1%	<1 cm <sup>3</sup> /kg																																			
Rc + Ru+Ra	Ra	X	FL																																											
≥ 90%	≥ 50%	< 1%	<1 cm <sup>3</sup> /kg																																											
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Tipo</th> <th colspan="10" style="text-align: center;">Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">40</th> <th style="width: 10%;">32</th> <th style="width: 10%;">20</th> <th style="width: 10%;">12,5</th> <th style="width: 10%;">8</th> <th style="width: 10%;">4</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">0,5</th> <th style="width: 10%;">0,25</th> <th style="width: 10%;">0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0/32</td> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="text-align: center;">88-100</td> <td style="text-align: center;">65-90</td> <td style="text-align: center;">52-76</td> <td style="text-align: center;">40-63</td> <td style="text-align: center;">26-45</td> <td style="text-align: center;">15-32</td> <td style="text-align: center;">7-21</td> <td style="text-align: center;">4-16</td> <td style="text-align: center;">0-9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0/20</td> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="text-align: center;">75-100</td> <td style="text-align: center;">60-86</td> <td style="text-align: center;">45-73</td> <td style="text-align: center;">31-54</td> <td style="text-align: center;">20-40</td> <td style="text-align: center;">9-24</td> <td style="text-align: center;">5-18</td> <td style="text-align: center;">0-9</td> </tr> </tbody> </table>			Tipo	Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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	100	75-100	60-86	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9
Tipo	Apertura de los tamices UNE-EN 933-2 (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	100	75-100	60-86	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9																																				
<b>Contaminantes orgánicos</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 15.3	Más claro que hormigón																																													
<b>Compuestos totales de azufre:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo.11	S < 1,8%																																													
<b>Contenido en Sales Solubles en agua:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 10.2	SO <sub>4</sub> < 0,7%																																													
<b>Índice de lajas</b> UNE-EN 933-3	FI < 35																																													
<b>Partículas trituradas:</b> UNE-EN 933-5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 60%;">Partículas trituradas</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Categoría de tráfico</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">T2</th> <th style="width: 20%;">T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Partículas total y parcialmente trituradas (%)</td> <td style="text-align: center;">&gt; 70</td> <td style="text-align: center;">&gt; 50</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Partículas totalmente redondeadas (%)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">&lt; 10</td> </tr> </tbody> </table>			Partículas trituradas	Categoría de tráfico		T2	T3-T4	Partículas total y parcialmente trituradas (%)	> 70	> 50	Partículas totalmente redondeadas (%)	< 10																																	
Partículas trituradas	Categoría de tráfico																																													
	T2	T3-T4																																												
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	> 70	> 50																																												
Partículas totalmente redondeadas (%)	< 10																																													
<b>Resistencia a la fragmentación</b> UNE-EN 1097-2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 30%;">Coeficiente de los Ángeles</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Categoría tráfico</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">T2</th> <th style="width: 20%;">T3</th> <th style="width: 20%;">T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 35 (LA<sub>35</sub>)</td> <td style="text-align: center;">≤ 40 (LA<sub>40</sub>)</td> <td style="text-align: center;">≤ 45 (LA<sub>45</sub>)</td> </tr> </tbody> </table>			Coeficiente de los Ángeles	Categoría tráfico			T2	T3	T4	≤ 35 (LA <sub>35</sub> )	≤ 40 (LA <sub>40</sub> )	≤ 45 (LA <sub>45</sub> )																																	
Coeficiente de los Ángeles	Categoría tráfico																																													
	T2	T3	T4																																											
≤ 35 (LA <sub>35</sub> )	≤ 40 (LA <sub>40</sub> )	≤ 45 (LA <sub>45</sub> )																																												
<b>Índice CBR</b> UNE 103502	> 40																																													
<b>Plasticidad:</b> UNE 103103 / UNE 103104	No plásticas																																													
<b>Equivalente de arena:</b> UNE-EN 933-8	EA >35																																													
<b>Pérdida de masa en el ensayo de sulfato de magnesio:</b> UNE-EN 1367-2	≤ 18%																																													

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                 Sello de marcado                  CE. AGESMA o                  cualquier otro                  equivalente             </div>	N° de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)				
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante					
<b>Denominación:</b>	Arena reciclada de RCD <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr><td align="center">AR</td></tr> </table>	AR			
AR					
Tipo de material: Arido para cama de apoo de fondo de zanjas  Uso previsto: Abastecimientos, saneamientos y colectores					
<b>Impurezas máximas</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td align="center">X</td></tr> <tr><td align="center">&lt; 1%</td></tr> </table>	X	< 1%		
X					
< 1%					
<b>Tamaño nominal máximo:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td align="center">Tamaño máximo</td></tr> <tr><td align="center">10 mm</td></tr> </table>	Tamaño máximo	10 mm		
Tamaño máximo					
10 mm					
<b>Contenido en finos (&lt; 0,063 mm):</b> UNE-EN 933-1	≤ 16%				
<b>Plasticidad:</b> UNE 103103 / UNE 103104	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td align="center">LL</td><td align="center">&lt; 30</td></tr> <tr><td align="center">IP</td><td align="center">&lt; 10</td></tr> </table>	LL	< 30	IP	< 10
LL	< 30				
IP	< 10				
<b>Sulfatos solubles en ácido (SO<sub>3</sub>):</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 12	SO <sub>3</sub> < 1%				
<b>Contenido en azufre total:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 11	S < 1,5%				
<b>Contenido en cloruros:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 7	< 0,1%				

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                 Sello de marcado                  CE. AGESMA o                  cualquier otro                  equivalente             </div>	Nº de Certificado:                    1377/2019  (se adjunta copia de dicho certificado)						
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante							
<b>Denominación:</b>	Grava reciclada de RCD <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;"><b>GR</b></td></tr> </table>	<b>GR</b>					
<b>GR</b>							
Tipo de material: Arido para material drenante  Uso previsto: Rellenos localizados o capas de apoyo con alta capacidad drenante							
<b>Impurezas máximas</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="padding: 2px 5px;">X</th> <th style="padding: 2px 5px;">FL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">&lt; 1%</td> <td style="padding: 2px 5px;">&lt;2cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </tbody> </table>	X	FL	< 1%	<2cm <sup>3</sup> /kg		
X	FL						
< 1%	<2cm <sup>3</sup> /kg						
<b>Contenido en finos (&lt; 0,063 mm):</b> UNE-EN 933-1	≤ 5%						
<b>Índice de Lajas:</b> UNE-EN 933-3	FI < 35						
<b>Resistencia a la fragmentación:</b> UNE-EN 1097-2	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="padding: 2px 5px;">Categoría de tráfico</th> <th style="padding: 2px 5px;">LA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">T4</td> <td style="padding: 2px 5px;">&lt; 50</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">T2-T3</td> <td style="padding: 2px 5px;">&lt; 45</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría de tráfico	LA	T4	< 50	T2-T3	< 45
Categoría de tráfico	LA						
T4	< 50						
T2-T3	< 45						
<b>Contenido en azufre total:</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 11	S < 0,5%						

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                 Sello de marcado                  CE. AGESMA o                  cualquier otro                  equivalente             </div>	Nº de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)						
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante							
<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px 5px;"><b>SR-SEL</b></div> <p><b>Denominación:</b> <span style="float: right;">Suelo Seleccionado Reciclado de RCD</span></p> <p style="text-align: center;">Tipo de material: Suelo Seleccionado</p> <p>Uso previsto: Explanadas de firmes de carreteras, relleno de zanjas, explanada envías ciclistas y caminos rurales.</p>							
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th style="width: 33%;">X</th> <th style="width: 33%;">FL</th> <th style="width: 33%;">Yeso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 3%</td> <td>&lt; 2 cm<sup>3</sup>/kg</td> <td>&lt; 1%</td> </tr> </tbody> </table>	X	FL	Yeso	< 3%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	< 1%
X	FL	Yeso					
< 3%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	< 1%					
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 103101	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th style="width: 33%;">Tamaño máximo</th> <th style="width: 33%;">Tamiz 20 mm</th> <th style="width: 33%;">Tamiz 0,40 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 100 mm</td> <td>&gt; 70%</td> <td>&lt; 15%</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño máximo	Tamiz 20 mm	Tamiz 0,40 mm	< 100 mm	> 70%	< 15%
Tamaño máximo	Tamiz 20 mm	Tamiz 0,40 mm					
< 100 mm	> 70%	< 15%					
<b>Materia orgánica:</b> UNE 103204	MO < 0,2%						
<b>Contenido en Sales Solubles en agua:</b> NLT 114	SS < 0,2%						



<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                 Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente             </div>	Nº de Certificado: 1377/2019  (se adjunta copia de dicho certificado)								
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante									
<b>Denominación:</b>	Suelo Adecuado Reciclado de RCD <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">SR-ADE</span> Tipo de material: Suelo Adecuado  Uso previsto: Explanadas de firmes de carreteras, relleno de zanjas, explanada envías ciclistas y caminos rurales.								
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th>X</th> <th>FL</th> <th>Yeso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 3%</td> <td>&lt; 2 cm<sup>3</sup>/kg</td> <td>&lt;2%</td> </tr> </tbody> </table>	X	FL	Yeso	< 3%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	<2%		
X	FL	Yeso							
< 3%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	<2%							
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 103101	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th>Tamaño máximo</th> <th>Tamiz 20 mm</th> <th>Tamiz 2 mm</th> <th>Tamiz 0,080 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 100 mm</td> <td>&gt; 70%</td> <td>&lt; 80%</td> <td>&lt; 35%</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño máximo	Tamiz 20 mm	Tamiz 2 mm	Tamiz 0,080 mm	< 100 mm	> 70%	< 80%	< 35%
Tamaño máximo	Tamiz 20 mm	Tamiz 2 mm	Tamiz 0,080 mm						
< 100 mm	> 70%	< 80%	< 35%						
<b>Materia orgánica:</b> UNE 103204	MO < 1%								
<b>Contenido en Sales Solubles en agua:</b> NLT 114	SS < 0,2%								
<b>Límite Líquido:</b> UNE 103103	LL < 40								

Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente	Nº de Certificado:                    1377/2019  (se adjunta copia de dicho certificado)							
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante								
Denominación:                                    Suelo Tolerable Reciclado de RCD <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">SR-TOL</span> Tipo de material: Suelo Tolerable Uso previsto: Explanadas de firmes de carreteras, relleno de zanjas, explanada envías ciclistas y caminos rurales.								
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">X</td> <td style="width: 33%;">FL</td> <td style="width: 33%;">Yeso</td> </tr> <tr> <td>&lt; 5%</td> <td>&lt; 2 cm<sup>3</sup>/kg</td> <td>&lt;2%</td> </tr> </table>	X	FL	Yeso	< 5%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	<2%	
X	FL	Yeso						
< 5%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	<2%						
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 103101	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Tamiz 20 mm</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">&gt;70%</td></tr> </table> </td> <td style="width: 33%; text-align: center; vertical-align: middle;">o</td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Tamiz 0,080 mm</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">&gt; 35%</td></tr> </table> </td> </tr> </table>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Tamiz 20 mm</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">&gt;70%</td></tr> </table>	Tamiz 20 mm	>70%	o	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Tamiz 0,080 mm</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">&gt; 35%</td></tr> </table>	Tamiz 0,080 mm	> 35%
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Tamiz 20 mm</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">&gt;70%</td></tr> </table>	Tamiz 20 mm	>70%	o	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Tamiz 0,080 mm</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">&gt; 35%</td></tr> </table>	Tamiz 0,080 mm	> 35%		
Tamiz 20 mm								
>70%								
Tamiz 0,080 mm								
> 35%								
<b>Materia orgánica:</b> UNE 103204	MO <2%							
<b>Contenido en Sales Solubles en agua:</b> NLT 114	SS < 4%							
<b>Contenido en Yeso:</b> NLT 115	< 5%							
<b>Límite Líquido:</b> UNE 103103	LL < 65							
<b>Asiento Ensayo de Colapso:</b> NLT 254	< 1%							
<b>Hinchamiento libre:</b> UNE 103601	< 3%							

Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente	Nº de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)																																												
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante																																													
<b>Denominación:</b> <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">SCR</span>  Suelo cemento reciclado de RCD Tipo de material: Suelo cemento  Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas																																													
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">X</td> <td style="width: 50%;">FL</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1%</td> <td>&lt; 1 cm<sup>3</sup>/kg</td> </tr> </table>	X	FL	< 1%	< 1 cm <sup>3</sup> /kg																																								
X	FL																																												
< 1%	< 1 cm <sup>3</sup> /kg																																												
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th colspan="10">Cernido ponderal acumulado (% en masa)</th> </tr> <tr> <th>54</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>SCR 40</td> <td>100</td> <td>80-100</td> <td>75-100</td> <td>62-100</td> <td>53-100</td> <td>45-89</td> <td>30-65</td> <td>20-52</td> <td>5-37</td> <td>2-20</td> </tr> <tr> <td>SCR 20</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>92-100</td> <td>76-100</td> <td>63-100</td> <td>48-100</td> <td>36-94</td> <td>18-65</td> <td>2-35</td> </tr> </tbody> </table>		Tipo	Cernido ponderal acumulado (% en masa)										54	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063	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
Tipo	Cernido ponderal acumulado (% en masa)																																												
	54	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063																																			
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																																			
<b>Materia orgánica:</b> UNE 103204	MO < 1%																																												
<b>Compuestos totales de azufre:</b> UNE-EN 1744-1	S < 1%																																												
<b>Contenido en Sales Solubles en ácido:</b> UNE-EN 1744-1	SO <sub>3</sub> < 0,8%																																												
<b>Reactividad potencial</b> UNE 146508 UNE 143507-2	No reactivo																																												
<b>Plasticidad</b> UNE 103103 UNE 103104	LL < 30 ; IP < 12																																												
<b>Resistencia a compresión media a 7 días:</b> UNE-EN 13286-41	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td style="width: 20%;">Mínima</td> <td style="width: 20%;">Máxima</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;">Calzada y arcenes</td> <td>2,5 Mpa</td> <td>4,5 Mpa</td> </tr> </table>			Mínima	Máxima	Calzada y arcenes	2,5 Mpa	4,5 Mpa																																					
	Mínima	Máxima																																											
Calzada y arcenes	2,5 Mpa	4,5 Mpa																																											
<b>Plazo mínimo de trabajabilidad:</b> UNE-EN 13286-45	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 50%;">Tipo de ejecución</th> <th style="width: 50%;">tpm (minutos)</th> </tr> <tr> <td>Anchura completa</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Por franjas</td> <td>240</td> </tr> </table>		Tipo de ejecución	tpm (minutos)	Anchura completa	180	Por franjas	240																																					
Tipo de ejecución	tpm (minutos)																																												
Anchura completa	180																																												
Por franjas	240																																												

Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente	Nº de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)																																								
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante																																									
<b>Denominación:</b>	Gravacemiento con áridos gruesos reciclados de residuos de hormigón  Tipo de material: Gravacemiento  Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas	<b>GCR</b>																																							
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Rc + Ru</th> <th>Rb</th> <th>Ra</th> <th>X</th> <th>FL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <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>		Rc + Ru	Rb	Ra	X	FL	≥ 90%	≤ 5%	≤ 5%	< 1%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg																													
Rc + Ru	Rb	Ra	X	FL																																					
≥ 90%	≤ 5%	≤ 5%	< 1%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg																																					
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 933-1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th colspan="9">Cernido ponderal acumulado (% en masa)</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>0,5</th> <th>0,063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GCR 32</td> <td>100</td> <td>88-100</td> <td>67-91</td> <td>52-77</td> <td>38-63</td> <td>25-48</td> <td>16-37</td> <td>6-21</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>GCR 20</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>		Tipo	Cernido ponderal acumulado (% en masa)									40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063	GCR 32	100	88-100	67-91	52-77	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7	GCR 20		100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7
Tipo	Cernido ponderal acumulado (% en masa)																																								
	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063																																
GCR 32	100	88-100	67-91	52-77	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7																																
GCR 20		100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7																																
<b>Contaminantes orgánicos</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 15.3	Aumento tiempo fraguado < 120 min Disminución de resistencia a compresión a 28 días < 20%																																								
<b>Compuestos totales de azufre:</b> UNE-EN 1744-1	S < 1%																																								
<b>Contenido en Sales Solubles en ácido:</b> UNE-EN 1744-1	SO <sub>3</sub> < 0,8%																																								
<b>Índice de lajas</b> UNE-EN 933-3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tipo de calzada</th> <th>Categoría tráfico</th> <th>Índice de lajas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Calzada</td> <td>T2</td> <td>≤ 30</td> </tr> <tr> <td>T3 y T4</td> <td>≤ 35</td> </tr> <tr> <td>Arcenes</td> <td>T2 a T4</td> <td>≤ 40</td> </tr> </tbody> </table>		Tipo de calzada	Categoría tráfico	Índice de lajas	Calzada	T2	≤ 30	T3 y T4	≤ 35	Arcenes	T2 a T4	≤ 40																												
Tipo de calzada	Categoría tráfico	Índice de lajas																																							
Calzada	T2	≤ 30																																							
	T3 y T4	≤ 35																																							
Arcenes	T2 a T4	≤ 40																																							
<b>Partículas trituradas:</b> UNE-EN 933-5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Partículas trituradas</th> <th colspan="2">Categoría de tráfico</th> </tr> <tr> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Partículas total y parcialmente trituradas (%)</td> <td>Calzada ≥ 50</td> <td>≥ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>≥ 30</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Partículas totalmente redondeadas (%)</td> <td>Calzada ≤ 10</td> <td>≤ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td>≤ 30</td> </tr> </tbody> </table>		Partículas trituradas	Categoría de tráfico		T2	T3-T4	Partículas total y parcialmente trituradas (%)	Calzada ≥ 50	≥ 30	Arcén	≥ 30	Partículas totalmente redondeadas (%)	Calzada ≤ 10	≤ 30	Arcén	≤ 30																								
Partículas trituradas	Categoría de tráfico																																								
	T2	T3-T4																																							
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	Calzada ≥ 50	≥ 30																																							
	Arcén	≥ 30																																							
Partículas totalmente redondeadas (%)	Calzada ≤ 10	≤ 30																																							
	Arcén	≤ 30																																							
<b>Resistencia a la fragmentación</b> UNE-EN 1097-2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Desgaste de Los Angeles</th> <th colspan="2">Categoría tráfico</th> </tr> <tr> <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>		Desgaste de Los Angeles	Categoría tráfico		T2	T3-T4	Calzada	≤ 35	≤ 40	Arcén	≤ 40																													
Desgaste de Los Angeles	Categoría tráfico																																								
	T2	T3-T4																																							
Calzada	≤ 35	≤ 40																																							
Arcén	≤ 40																																								
<b>Reactividad potencial</b> UNE 146508 UNE 143507-2	No reactivo																																								
<b>Plasticidad:</b> UNE 103103 UNE 103104	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>T2</td> <td>No plástico</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">T3-T4</td> <td>LL &lt; 25</td> </tr> <tr> <td>IP &lt; 6</td> </tr> </tbody> </table>		T2	No plástico	T3-T4	LL < 25	IP < 6																																		
T2	No plástico																																								
T3-T4	LL < 25																																								
	IP < 6																																								
<b>Equivalente de arena:</b> UNE-EN 933-8	EA > 40																																								
<b>Contenido mínimo de cemento:</b>	El contenido mínimo de cemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la siguiente tabla. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres y medio por ciento (3,5%) en masa, respecto del total del árido en seco.																																								
<b>Resistencia a compresión media a 7 días:</b> UNE-EN 13286-41	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Mínima</th> <th>Máxima</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>4,5 Mpa</td> <td>7,0 Mpa</td> </tr> <tr> <td>Arcenes</td> <td>4,5 Mpa</td> <td>6,0 Mpa</td> </tr> </tbody> </table>			Mínima	Máxima	Calzada	4,5 Mpa	7,0 Mpa	Arcenes	4,5 Mpa	6,0 Mpa																														
	Mínima	Máxima																																							
Calzada	4,5 Mpa	7,0 Mpa																																							
Arcenes	4,5 Mpa	6,0 Mpa																																							
<b>Plazo mínimo de trabajabilidad:</b> UNE-EN 13286-45	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tipo de ejecución</th> <th>Wpc (horas)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anchura completa</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Por franjas</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>		Tipo de ejecución	Wpc (horas)	Anchura completa	3	Por franjas	4																																	
Tipo de ejecución	Wpc (horas)																																								
Anchura completa	3																																								
Por franjas	4																																								

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                 Sello de marcado CE. AGESMA o cualquier otro equivalente             </div>	Nº de Certificado: <span style="float: right;">1377/2019</span>  (se adjunta copia de dicho certificado)																					
<b>Nombre del Fabricante</b>  Dirección del Fabricante																						
<b>Denominación:</b> <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">BHR</span> Base de hormigón con áridos gruesos reciclados de residuos de hormigón Tipo de material: Base de hormigón Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas																						
<b>Composición:</b> UNE-EN 933-11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Rc + Ru</th> <th style="width: 20%;">Rb</th> <th style="width: 20%;">Ra</th> <th style="width: 20%;">X</th> <th style="width: 20%;">FL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <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>		Rc + Ru	Rb	Ra	X	FL	≥ 90%	≤ 5%	≤ 5%	< 1%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg										
Rc + Ru	Rb	Ra	X	FL																		
≥ 90%	≤ 5%	≤ 5%	< 1%	< 2 cm <sup>3</sup> /kg																		
<b>Granulometría:</b> UNE-EN 933-1	Tamiz 0,125 mm > 250 kg/m <sup>3</sup> del BHR																					
<b>Contaminantes orgánicos</b> UNE-EN 1744-1. Apdo. 15.3	Aumento tiempo fraguado < 120 min Disminución de resistencia a compresión a 28 días < 20%																					
<b>Compuestos totales de azufre:</b> UNE-EN 1744-1	S < 1%																					
<b>Contenido en Sales Solubles en ácido:</b> UNE-EN 1744-1	SO <sub>3</sub> < 0,8%																					
<b>Índice de lajas</b> UNE-EN 933-3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Tipo de calzada</th> <th style="width: 30%;">Categoría tráfico</th> <th style="width: 40%;">Índice de lajas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Calzada</td> <td>T2</td> <td>≤ 30</td> </tr> <tr> <td>T3 y T4</td> <td>≤ 35</td> </tr> <tr> <td>Arcenes</td> <td>T2 a T4</td> <td>≤ 40</td> </tr> </tbody> </table>		Tipo de calzada	Categoría tráfico	Índice de lajas	Calzada	T2	≤ 30	T3 y T4	≤ 35	Arcenes	T2 a T4	≤ 40									
Tipo de calzada	Categoría tráfico	Índice de lajas																				
Calzada	T2	≤ 30																				
	T3 y T4	≤ 35																				
Arcenes	T2 a T4	≤ 40																				
<b>Partículas trituradas:</b> UNE-EN 933-5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">Partículas trituradas</th> <th colspan="2">Categoría de tráfico</th> </tr> <tr> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Partículas total y parcialmente trituradas (%)</td> <td>Calzada</td> <td>≥ 50</td> <td>≥ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td colspan="2">≥ 30</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Partículas totalmente redondeadas (%)</td> <td>Calzada</td> <td>≤ 10</td> <td>≤ 30</td> </tr> <tr> <td>Arcén</td> <td colspan="2">≤ 30</td> </tr> </tbody> </table>		Partículas trituradas		Categoría de tráfico		T2	T3-T4	Partículas total y parcialmente trituradas (%)	Calzada	≥ 50	≥ 30	Arcén	≥ 30		Partículas totalmente redondeadas (%)	Calzada	≤ 10	≤ 30	Arcén	≤ 30	
Partículas trituradas		Categoría de tráfico																				
		T2	T3-T4																			
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	Calzada	≥ 50	≥ 30																			
	Arcén	≥ 30																				
Partículas totalmente redondeadas (%)	Calzada	≤ 10	≤ 30																			
	Arcén	≤ 30																				
<b>Resistencia a la fragmentación</b> UNE-EN 1097-2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Desgaste de Los Angeles</th> <th colspan="2">Categoría tráfico</th> </tr> <tr> <th>T2</th> <th>T3-T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calzada</td> <td>≤ 35</td> <td>≤ 40</td> </tr> <tr> <td>Arcen</td> <td colspan="2">≤ 40</td> </tr> </tbody> </table>		Desgaste de Los Angeles	Categoría tráfico		T2	T3-T4	Calzada	≤ 35	≤ 40	Arcen	≤ 40										
Desgaste de Los Angeles	Categoría tráfico																					
	T2	T3-T4																				
Calzada	≤ 35	≤ 40																				
Arcen	≤ 40																					
<b>Reactividad potencial</b> UNE 146508 UNE 143507-2	No reactivo																					
<b>Plasticidad:</b> UNE 103103 UNE 103104	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">T2</td> <td style="width: 50%;">No plástico</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">T3-T4</td> <td>LL &lt; 25</td> </tr> <tr> <td>IP &lt; 6</td> </tr> </tbody> </table>		T2	No plástico	T3-T4	LL < 25	IP < 6															
T2	No plástico																					
T3-T4	LL < 25																					
	IP < 6																					
<b>Equivalente de arena:</b> UNE-EN 933-8	EA > 40																					
<b>Contenido mínimo de cemento:</b>	El contenido mínimo de cemento será el que permita la consecución de una resistencia mínima media a compresión, determinada según la norma UNE EN 12390-3, de 12,5 MPa a la edad de 28 días																					
<b>Resistencia a compresión media a 28 días:</b> UNE-EN 12390-3	> 12,5 Mpa																					

## CAPÍTULO 3.- CATÁLOGO DE FIRMES CON ÁRIDOS DE RCD

### Sección 1. INTRODUCCIÓN.

---

El presente catálogo define la forma de la utilización de áridos procedentes de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en los firmes de carreteras.

Se asegura en todo momento que el comportamiento estructural del paquete de firme con materiales reciclados sea idéntico al construido con sus equivalentes convencionales.

Para facilitar el uso al proyectista se presenta una tabla de secciones tipo en las que compara la sección de materiales convencionales según la normativa vigente (Instrucción 6.1-IC) con la sección equivalente usando áridos reciclados.

## GUIA PARA LA UTILIZACIÓN DE ÁRIDOS REICLADOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

		TIPO DE FIRME										
		GRUPO 1 – FIRMES MIXTOS		GRUPO 2 – FIRMES RÍGIDOS		GRUPO 3 – FIRMES SEMI-RÍGIDOS		GRUPO 4 – FIRMES FLEXIBLES		GRUPO 5 – ADOQUINADOS		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	A	Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado					
	B	Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado	
	C	Árido natural	Árido reciclado			Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado	Árido natural	Árido reciclado	
<p>MB: mezcla bituminosa en caliente; PH: pavimento de hormigón; CN: capa de nivelación de mortero M-450; SC: suelocemento; AM: arena de miga; BH: base de hormigón tipo HM=12,5; AP/AH: adoquín de piedra labrado o prefabricado; GC: gravacemento; ZA: zahorra artificial; SA: suelo adecuado compactado; BHR: base de hormigón reciclado; SR-SEL: suelo reciclado seleccionado; SR-ADE: suelo reciclado adecuado; GCR: gravacemento reciclada; SCR: suelocemento reciclado; ZARHor: zahorra reciclada de hormigón; ZARM: zahorra reciclada mixta</p>												

## CAPÍTULO 4.- CONTRATACIÓN PÚBLICA ECOLÓGICA

La consolidación de las actividades de reciclado requiere el desarrollo de medidas que faciliten la reincorporación de los productos reciclados al mercado, tales como instrumentos técnicos para mejorar la recogida y los procesos de reciclado que aseguren una mejor calidad de los productos reciclados; - instrumentos normativos que eliminen trabas a estos productos; acuerdos sectoriales que impliquen compromisos de las Administraciones Públicas y de los sectores afectados, actuaciones ejemplarizantes de las Administraciones Públicas, por ejemplo a través de la Contratación Pública Verde o así como de la Compra Pública Innovadora (CPI); instrumentos económicos que reduzcan los costes de la puesta en el mercado de los materiales o productos que incorporen residuos o la penalización de otras formas de gestión de residuos menos prioritarias en la jerarquía de residuos.

Se entiende por contratación pública ecológica el proceso a través del cual las autoridades adquieren bienes, obras y servicios con un impacto medioambiental reducido durante su ciclo de vida, en comparación con el de otros bienes, obras y servicios con la misma función primaria que se adquirirían en su lugar.

Los objetivos principales de la presente guía en el ámbito de la contratación pública ecológica son los siguientes:

- Promover la adquisición por parte de la administración pública de bienes, obras y servicios con el menor impacto medioambiental posible.
- Servir como instrumento de impulso de la Estrategia Española de Economía Circular.
- Apoyar con medidas concretas para conseguir un crecimiento inteligente, sostenible e integrador garantizando, al mismo tiempo, un uso más racional y económico de los fondos públicos, tanto desde el punto de vista de la inversión como desde el punto de vista de la explotación.
- Promover la incorporación de cláusulas medioambientales en la contratación pública.
- Dar publicidad en el ámbito de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social, de las posibilidades que ofrece el marco jurídico tanto nacional como internacional sobre la contratación pública ecológica.

A nivel de los áridos reciclados, la manera de promover la incorporación de su uso se debe hacer 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 10% de áridos reciclados.

Igualmente se aplicará este porcentaje del 10%, siempre que sea posible, en la obra privada.

En la Ley 7/2022 de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular se cita, en su *artículo 24*:

*<<...Preparación para la reutilización, reciclado y valorización de residuos.*

*1. Las autoridades competentes adoptarán las medidas necesarias para asegurar que los residuos se destinen a preparación para la reutilización, reciclado u otras operaciones de valorización, de conformidad con los artículos 7 y 8.*

*2. Las autoridades competentes, en sus respectivos ámbitos, promoverán las actividades de preparación para la reutilización, en particular:*

*a) Fomentarán el establecimiento de redes de preparación para la reutilización y de reparación y el apoyo a tales redes, especialmente cuando se trate de entidades de economía social autorizadas para gestionar residuos.*

*b) Facilitarán, cuando sea compatible con la correcta gestión de los residuos, el acceso de estas redes a residuos que puedan ser preparados para la reutilización y que estén en posesión de instalaciones de recogida, aunque esos residuos no estuvieran originalmente destinados a esa operación. Para facilitar este acceso se podrán establecer protocolos necesarios para la correcta recogida, transporte y acopio con el fin de mantener el buen estado de los residuos recogidos destinados a preparación para la reutilización.*

*c) Promoverán la utilización de instrumentos económicos, criterios de adjudicación, objetivos cuantitativos u otras medidas.*

*3. Las autoridades competentes, en sus respectivos ámbitos, promoverán el reciclado de alta calidad, de forma que se obtengan productos y materiales con calidad suficiente para sustituir a las materias primas vírgenes en procesos industriales. En ese sentido se podrán establecer limitaciones a los materiales impropios presentes en los flujos de recogida separada, entre otros...>>*

De esta forma, es un hecho que la contratación pública ecológica debe primar los criterios de adjudicación que favorezcan el uso de áridos reciclados frente a los naturales, en un porcentaje mínimo, pudiendo ser este más elevado en el caso en que sea posible.

CAPÍTULO 5.- GUÍA DE BUENAS PRACTICAS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RCD  
AGESMA

**Sección 1. INTRODUCCIÓN.**

---

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son cualquier sustancia u objeto generado en una obra de construcción o demolición y que su poseedor desecha o tenga la intención o la obligación de desechar. La mayoría son considerados inertes, o no peligrosos, compuestos principalmente por hormigón, cerámicos, pétreos, asfalto y, en algunos casos, tierras de excavación. Estos pueden tener un mayor o menor grado de impurezas como yesos, maderas, papel y cartón, plásticos, vidrios y otros. También forman parte de los RCD los restos de obra, los envases y embalajes de los materiales de construcción empleados, residuos asimilables a urbanos, los elementos desmantelados de la obra (puertas, ventanas, perfiles metálicos, instalaciones), incluso algunos residuos peligrosos, tales como envases de sellantes, pinturas, aerosoles...

Son cuatro las Administraciones competentes en la gestión de los RCD: la Unión Europea (UE), el Estado, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales, que han promulgado Directivas, Reales Decretos, Decretos, Planes y Programas cuyo objetivo es en primer lugar la minimización y reutilización de los RCD, en segundo lugar, su reciclaje mediante la producción de áridos reciclados de RCD con plantas de tratamiento autorizadas, en tercer lugar, valorizar de alguna manera aquellos residuos que no se puedan reciclar y como última opción la eliminación en un vertedero autorizado. Cualquier vertido fuera de estas instalaciones es una infracción sancionable, aunque se trate de un residuo inerte.

Sin embargo, a pesar de toda esta legislación, existen actualmente en los municipios madrileños una gran cantidad de RCD que se están gestionando de manera inapropiada, en gran parte por el desconocimiento de los agentes que intervienen en la gestión de los RCD de sus obligaciones o bien por las escasas y/o bajas sanciones impuestas sobre aquellos que incumplen tal legislación. Por otro lado, los técnicos proyectistas y directores de obra no consideran en la mayoría de los casos los áridos reciclados de RCD como material de construcción en sus obras.

Esta Guía tiene por objeto dar a conocer las obligaciones de cada uno de los agentes que intervienen en la gestión de los RCD y divulgar las buenas prácticas en la gestión de los RCD que se deben llevar a cabo en las plantas de tratamiento autorizadas, destacando la importancia de la selección en origen de los residuos, la clasificación de los mismos a la entrada, las operaciones de pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario, proceso de cribado y obtención de diferentes tipologías de áridos reciclados de RCD con nomenclatura comercial acorde a como se redactarán los futuros Pliegos de Prescripciones Técnicas de los Proyectos de obras. Se incluyen diagramas de flujos y documentos a emplear por los Agentes involucrados en la gestión de los RCD para el cumplimiento de sus obligaciones.

## Sección 2. FIGURAS INVOLUCRADAS EN LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RCDS.

---

### ARTÍCULO 5.2.1.- DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS.

A continuación, se identifican las distintas figuras involucradas en la producción y gestión de los RCD, así como las obligaciones que la ley y normativas vigentes les atribuyen a cada una de ellas.

Persona o entidad productora de RCD: es la persona física o jurídica titular de la licencia de obras (público o privado); en aquellas obras que no precisen licencia urbanística, tendrá la consideración de productor de RCD el titular del inmueble objeto de la obra de construcción o demolición, estos son considerados productores iniciales de residuos.

Persona o entidad poseedora de RCD: es la persona física o jurídica que tenga en su poder los RCD y que no ostente la condición de gestor de residuos. Será el titular de la empresa que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. No tendrán la consideración de poseedor de RCD los trabajadores por cuenta ajena.

Persona o entidad gestora de RCD: es la persona o entidad, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no la productora de los mismos. Realmente se trata de los titulares de las Plantas de gestión de RCD. Las operaciones de gestión incluyen la recogida, el almacenamiento, el transporte y el tratamiento de los RCD, incluida la vigilancia de estas operaciones.

Transportista de residuos: toda persona física o jurídica que recoja o transporte residuos con carácter profesional y cuente con la autorización a tal efecto emitida por la Comunidad Autónoma.

Obra de construcción y demolición: se trata de cualquier obra que precisa un Proyecto Técnico firmado por técnico competente (obra mayor), se incluyen aquí todas las obras de construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil. También se incluyen las excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos. Los residuos generados en estas obras son residuos industriales y considerados dentro de los residuos no municipales, por lo que compete a la Comunidad de Madrid la regulación del régimen jurídico de su producción y gestión, así como la vigilancia, inspección y sanción.

Obra menor de construcción y reparación domiciliaria: son obras en domicilios particulares, comercios, oficinas o inmuebles del sector servicios que, por su sencillez técnica y escasa entidad constructiva y económica, no requieren proyecto técnico firmado por técnico competente. Los residuos y escombros generados en estas obras están considerados residuos domésticos y tienen la consideración jurídica de residuos municipales, la regulación de su régimen de producción y gestión, así como su vigilancia, inspección y sanción, es competencia de las administraciones locales conforme a lo regulado en sus ordenanzas municipales.

**ARTÍCULO 5.2.2.- OBLIGACIONES DE LA PERSONA O ENTIDAD PRODUCTORA DE RCDS.**

<b>Obligaciones previas al inicio de la obra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Incluir en el Proyecto de ejecución de la obra un <b>estudio de gestión de RCDS</b> <sup>(1)</sup>, redactado por técnico competente.</li> <li>❖ En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, hacer un inventario de los residuos peligrosos (RP) que se generarán, prever su retirada selectiva y asegurar su envío a gestores autorizados de RP <sup>(1)</sup>.</li> <li>❖ En las obras en las que sea necesaria la obtención de licencia municipal, el cálculo de la cuantía de la fianza o garantía financiera equivalente se basará en el presupuesto del estudio de gestión de residuos de construcción y demolición con el contenido mínimo establecido en el artículo 4 del Real Decreto 105/2008.</li> </ul> <p>En el resto de obras sujetas a licencia, la cuantía de la fianza o garantía financiera equivalente será proporcional a la cantidad estimada de cada tipo de residuos de construcción y demolición a producir y se calculará de acuerdo con los siguientes criterios, recogidos en la Orden 2726/2009, de 16 de julio, de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos de construcción y demolición de nivel II: 15 euros/metro cúbico de residuo que se prevé generar. El importe de la fianza o garantía financiera equivalente no podrá ser inferior al 0,2 por 100 del presupuesto de la obra ni a 150 euros.</li> <li>- Residuos de construcción y demolición de nivel I: 5 euros/metro cúbico, con un importe mínimo de 100 euros.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ En las obras exentas de licencia municipal promovidas por las administraciones y entes públicos, será la persona o entidad contratista o adjudicataria la que deberá constituir una fianza o garantía financiera equivalente a favor de la Consejería competente en Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.</li> <li>❖ No empezar las obras antes de constituir la fianza o garantía financiera equivalente.</li> </ul>
<b>Obligaciones durante la obra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Controlar que los RCDs se estén gestionando conforme al estudio de gestión y al Plan presentado por el poseedor (empresas contratistas y subcontratistas), ya que al finalizar las obras, si la Administración competente detecta que se incumplió el Plan de Gestión de RCDs, puede ejecutar el importe de la fianza o incoar, en su caso, un procedimiento sancionador.</li> <li>❖ Disponer de la documentación que acredite que los RCDs fueron gestionados en la</li> </ul>

obra o entregados para su tratamiento a un gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en el estudio de gestión de residuos del Proyecto. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

**Obligaciones al finalizar la obra**

❖ Aportar certificado de empresa autorizada, acreditativo de la correcta gestión de RCDs.

- (1) Los contenidos del estudio de gestión de RCDs que deben incluir en el Proyecto de ejecución se detallan en las obligaciones del Projectista.
- (2) Los porcentajes mínimos sobre el presupuesto de ejecución material a aplicar para el cálculo de la fianza serán del 2% para obras de derribo, 1% para obras de nueva construcción, 2% para obras de excavación.

**ARTÍCULO 5.2.3.- OBLIGACIONES DE LA PERSONA O ENTIDAD POSEEDORA DE RCDS.**

**Obligaciones previas al inicio de la obra**

❖ La persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a redactar y presentar a la propiedad y dirección facultativa un Plan de Gestión de RCDs (PG-RCD), cuyo contenido debe adaptarse al contenido del Estudio de Gestión de Residuos del Proyecto Técnico.

**Obligaciones durante la obra**

- ❖ Control y seguimiento de la gestión de los RCDs en la obra: separar los RCDs por tipologías de acuerdo con EG-RCDs y el PG-RCDs aprobado.
- ❖ Cuando no proceda a gestionar los RCDs por sí mismo, entregarlos a una persona o entidad autorizada o registrada que realice las operaciones de gestión de residuos. Los RCDs se destinarán, por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.
- ❖ Documentar de forma fidedigna la entrega de los RCDs a un gestor según el modelo de certificado de valorización o eliminación de RCDs (ANEJO II: Certificado de entrega y gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) de la Orden 2726/2009, de 16 de julio, de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid).
- ❖ Separar los residuos peligrosos de los no peligrosos, independientemente de la cantidad generada, siempre que sea técnicamente viable. En caso de no poder separarse, todos tendrán la consideración de residuos peligrosos.
- ❖ Si la cantidad prevista de generación para el total de la obra supera las siguientes cantidades: 80 t de hormigón, 40 t de cerámicos, 2 t de metales, 1 t de vidrio, 0,5 t de plástico y 0,5 t de papel y cartón, los poseedores de RCDs estarán obligados a separar

en origen cada una de estas fracciones. Si no fuera posible, el poseedor podrá encomendar la separación de estas fracciones a un gestor autorizado, quien entregará documentación acreditativa de que esta separación se realizó en su planta de gestión. Excepcionalmente, y ante casos justificados y motivados, la Consejería competente en medio ambiente de la Comunidad de Madrid podrá, mediante resolución, eximir de esta obligación para alguna o todas las fracciones.

- ❖ Sufragar los costes de gestión de los RCDs
- ❖ Desde el 1 de enero de 2024 es obligatoria la realización de la demolición de forma selectiva, así como separar y segregar los residuos en la propia obra, tal como se recoge en el artículo 30 de la Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

**Obligaciones al finalizar la obra**

- ❖ Entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la correcta gestión de los RCDs.
- ❖ Mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

**ARTÍCULO 5.2.4.- OBLIGACIONES DE LA PERSONA O ENTIDAD GESTORA DE RCDs.**

**Actividades de valorización y eliminación de RCDs**

- ❖ Las actividades de gestión de RCDs están sujetas a autorización administrativa. Las personas o entidades gestoras autorizadas serán inscritas de oficio por el órgano ambiental competente.
- ❖ La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones de gestión que se vayan a realizar.
- ❖ Disponer de una persona cualificada responsable de su dirección y personal profesional encargado de su explotación.
- ❖ Llevar un registro documental en el que, como mínimo, figure la cantidad de RCDs gestionados, expresada en toneladas y metros cúbicos, el tipo de residuo, codificados con arreglo a la lista europea publicada por 2014/955/UE: Decisión de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014 , por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde procedan (licencia de obra), el medio de transporte y método de gestión de los residuos gestionados. Si los RCDs proceden de otro gestor, por operación anterior

de gestión, se indicará el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metros cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes. Este registro podrá estar en soporte informático en las condiciones que se determinen en la correspondiente autorización administrativa.

- ❖ Poner a disposición de la Consejería con competencias en medio ambiente de la Comunidad de Madrid, cuando esta lo solicite, la información y documentación registrada. La información registrada en cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.
- ❖ Presentar una memoria anual de gestión de RCDs a la Consejería competente en materia de medio ambiente de la Comunidad de Madrid, antes del 1 de marzo del año siguiente al comienzo de la actividad según el modelo de memoria y declaración anual disponible en la página <http://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/produccion-gestion-residuos> conforme a la Ley 22/2011, del 28 de julio, de residuos y suelos contaminados que establece que las empresas autorizadas para actividades de gestión de residuos deben elaborar y presentar ante el órgano ambiental competente de la Comunidad Autónoma una memoria resumen de la actividad. Conservar la memoria durante 5 años.
- ❖ Expedir los certificados acreditativos de la gestión de los RCDs recibidos, especificando el productor, y en su caso, número de licencia de la obra de procedencia.
- ❖ En el supuesto de carecer de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento, se detectarán y separarán, almacenarán adecuadamente y derivarán a gestores autorizados de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con los residuos no peligrosos de RCDs.
- ❖ Los áridos reciclados obtenidos como producto de las operaciones de valorización de los RCDs, en el caso de fabricarse, deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen.

#### **Actividades de valorización de RCDs en la obra en la que se han producido**

- ✚ La valorización in-situ de los residuos no peligrosos de los RCDs en la misma obra en que sean producidos estará sometida a autorización de la consejería de medio ambiente y ordenación del territorio de la Comunidad de Madrid, salvo que se disponga de la exención de autorización. Deberá inscribirse en el “registro de actividades de valorización de residuos no peligrosos de construcción y demolición en la propia obra en la que se han producido”.

#### **Eliminación en Vertedero**

- ❖ Se prohíbe el depósito en vertedero de los RCDs susceptibles de valorizar que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.
- ❖ Todos los RCDs deberán someterse a operaciones de valorización y solo podrán

depositarse en vertedero los rechazos o residuos de las operaciones de valorización de los RCDs.

Podrán depositarse directamente en vertedero los RCDs cuyo tratamiento sea técnica, medioambiental o económicamente inviable, circunstancias que deberán ser justificadas y autorizadas por la consejería de medio ambiente y ordenación del territorio de la Comunidad de Madrid.

#### **ARTÍCULO 5.2.5.- OBLIGACIONES DE LOS TRANSPORTISTAS.**

##### **Obligaciones de los transportistas**

- ❖ Solo podrán realizar la recogida y el transporte de los RCDs las personas o entidades transportistas registradas que dispongan de un contrato vigente con personas o entidades productoras o gestoras registradas. Las personas o entidades transportistas de RCDs deberán llevar una copia del contrato suscrito junto con la documentación del vehículo.
- ❖ Todo traslado de RCDs deberá ir acompañado de un documento de identificación, a los efectos de seguimiento y control, elaborado por el operador del traslado (habitualmente el productor o poseedor del residuo), donde conste la información recogida en el anexo I, del Real Decreto 553/2020, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.
- ❖ Del mismo modo, deberá existir un contrato suscrito entre el operador del traslado y la empresa de gestión de residuos donde son trasladados, en los términos recogidos en el citado RD 553/2020.
- ❖ Disponer de un libro-registro en soporte informático en el que por orden cronológico se indique la cantidad, naturaleza, origen, medio de transporte y destino de los RCDs. Guardar esta información cinco años.
- ❖ Acreditar el destino final del transporte, y facilitar al expedidor los certificados emitidos por el gestor de residuos.

#### **ARTÍCULO 5.2.6.- OBLIGACIÓN DEL PROYECTISTA.**

##### **Obligaciones previas al inicio de la obra**

- ❖ Redactar el **estudio de gestión de RCDs** que contendrá como mínimo, según el RD 105/2008, los siguientes contenidos:
  - Estimación de la cantidad de los RCDs que se generarán en la obra, codificados con arreglo al listado europeo de residuos y las medidas para su clasificación y separación por tipos.



- Las medidas para prevenir la producción de RCDs.
- Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los RCDs. Para evitar las distancias de transporte y las emisiones de CO<sub>2</sub>, se indicarán las plantas de gestión más próximas a la obra, los técnicos contarán con la localización de las plantas autorizadas.
- Las medidas para la separación selectiva de los residuos. Una adecuada separación permite reducir los costes de gestión de los RCDs. En caso de que la separación no pueda realizarse en obra, se debe prever que tal separación deberá ser realizada en la planta de tratamiento.
- Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los RCDs dentro de la obra.
- Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los RCDs dentro de la obra.
- Una valoración del coste previsto de la gestión de los RCD que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente. Se recomienda el estudio de alternativas.

**ARTÍCULO 5.2.7.- OBLIGACIONES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.**

<b>Obligaciones previas al inicio de la obra</b>
❖ Aprobar o rechazar el Plan de Gestión de RCDs (PG-RCDs) presentado por la persona física o jurídica que ejecute la obra <sup>(1)</sup> y presentarlo a la propiedad (productor) para que acepte o rechace dicho Plan. La aprobación del PG-RCDs se hará en acta que será firmada por la dirección facultativa, propiedad y empresa constructora, así el Plan se convierte en un documento contractual de la obra.
<b>Obligaciones durante la obra</b>
❖ Control y seguimiento de la gestión de los RCDs en la obra
<b>Obligaciones al finalizar la obra</b>
❖ Certificar las operaciones de reutilización que se lleven a cabo en la propia obra.

<sup>(1)</sup> En caso de existir un contratista principal y varios subcontratistas, el contratista principal redactará el PG-RCDs y se responsabilizará de la gestión de todos los RCDs. En caso de que existan varias empresas constructoras es preferible que sea el Proyectista o Dirección Facultativa quién redacte el PG-RCDs al que se adhieran las diferentes empresas contratistas. Si en la obra existe un proyecto de demolición y un proyecto de ejecución, interesa hacer dos PG-RCDs, uno para la obra de demolición y otro para la obra de construcción.

**ARTÍCULO 5.2.8.- OBLIGACIONES DE LAS ADMINISTRACIONES LOCALES.**

<b>Obligaciones previas al inicio de la obra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aprobar una ordenanza que regule la prevención, producción, posesión, transporte, gestión y destino de los RCDs en su ámbito territorial de actuación, así como mecanismos para el cálculo, la prestación y el retorno de la fianza.</li> <li>❖ No se podrán conceder licencias municipales de obra sin que se constituyera previamente la fianza por el productor de RCDs (obligatorio en todas las licencias de obra).</li> </ul>

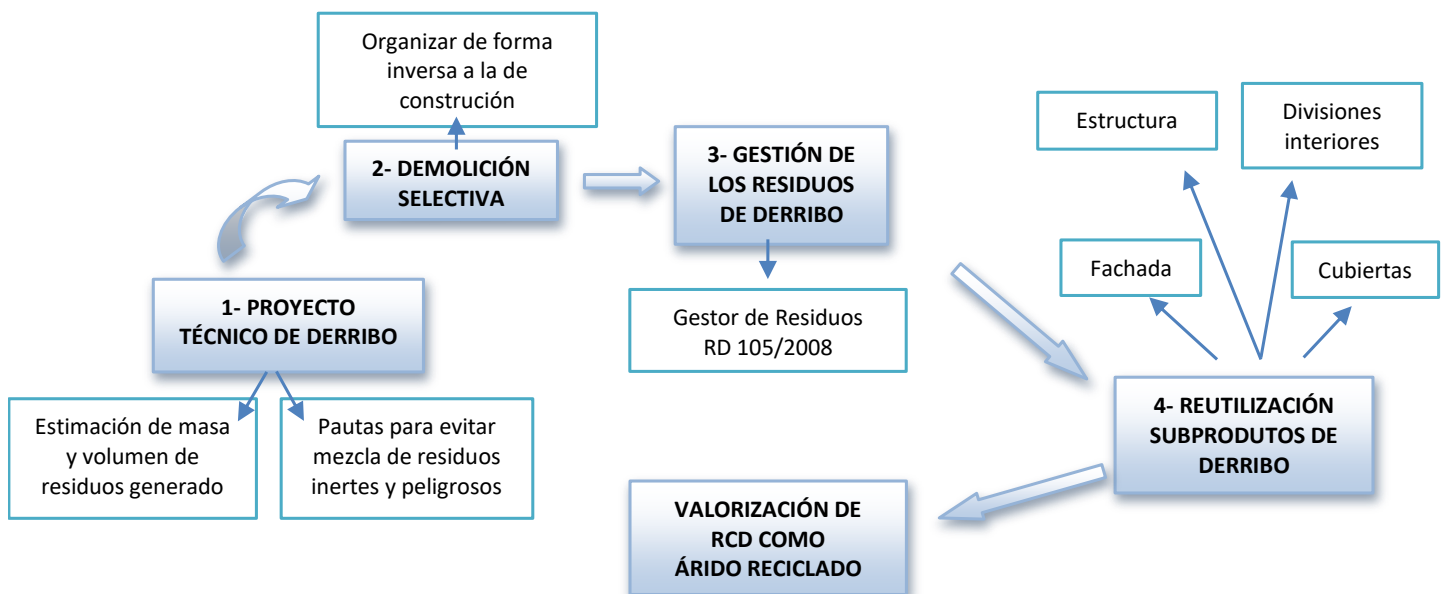
**ARTÍCULO 5.2.9.- OBLIGACIONES DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS.**

<b>En las obras promovidas por las administraciones públicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aplicar medidas que tiendan a la prevención y minimización en la generación de RCDs</li> <li>❖ Emplear productos procedentes de la valorización de los RCDs</li> <li>❖ Valorar en la adjudicación el empleo de productos procedentes de la valorización de los RCDs y alternativas que contribuyan al ahorro de recursos naturales (áridos naturales) y a la aplicación de medidas que favorezcan el uso de áridos reciclados.</li> <li>❖ Valorar en la adjudicación las alternativas de diseño y constructivas que generen menos RCDs en la fase de construcción y de explotación y que favorezcan la deconstrucción al final de la vida útil.</li> </ul>

### Sección 3. ORIGEN Y PRODUCCIÓN DE RCDS.

El tratamiento de los residuos de construcción y demolición (RCDs) no debe comenzar en la planta de tratamiento sino que debe ser considerado desde su producción, en el momento de deconstrucción o demolición en las mismas obras de ingeniería y edificación.

Así, para la obtención de unos áridos reciclados (AR) de RCDs de calidad es necesario separar las distintas fracciones mediante un proceso de demolición selectiva, dando lugar a un incremento del coste de demolición. Para compensarlo, las plantas de tratamiento de RCDs deben disponer de tasas diferenciadas en función del grado de contaminación y mezcla de fracciones que tenga el RCD en su recepción.



**GRÁFICO 2.- Esquema general del ciclo de vida de un RCD.**

Respecto al proceso de DEMOLICIÓN SELECTIVA, para minimizar la cantidad de RCDs que se destine al vertedero, deberán incluirse las siguientes etapas:

- 1.- Desmontaje de elementos clasificados como residuos peligrosos (RP) como elementos con amianto, tubos fluorescentes, refrigerantes de instalaciones de aire acondicionado, etc.
- 2.- Desmontaje de instalaciones eléctricas, fontanería incluyendo aparatos sanitarios y grifería, abastecimiento de agua, climatización, etc.
- 3.- Desmontaje de carpintería (puertas, ventanas y mobiliario).
- 4.- Desmontaje de falsos techos, revestimientos de paredes, tabiquería y cierres.

5.- Demolición de la estructura (pilares, forjados, muros de carga).

6.- Demolición de los cimientos.

Todos los elementos de las tres primeras etapas deben depositarse de manera separada en contenedores o empilarse en depósitos independientes para su posterior entrega a gestores o recicladores. Los RP se envasarán, se almacenarán y se etiquetarán de manera independiente, no pudiendo mezclarse entre sí, ni con otro tipo de residuos, debiendo entregarse a gestores autorizados para su tratamiento.

El resto de fracciones obtenidas en las tres primeras etapas (maderas, vidrios, metales, plásticos endurecidos etc.) deben entregarse a un gestor autorizado para cada caso para proceder a su reciclado, si procediese.

Dentro de la gestión de RCDs, sin perjuicio de otras, las obligaciones recogidas en el Real Decreto 105/2008, del 1 de febrero, y los pasos a seguir serían los indicados a continuación:

- **Controlar la gestión y destino de los RCDs.** El poseedor de residuos, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos.
- **Controlar la separación de los residuos.** El poseedor de los residuos debe mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad evitando la mezcla de fracciones ya seleccionadas. En el caso de obras de derribo la mejor opción es la demolición selectiva, mientras que en obras de construcción es recomendable la separación de los residuos in situ.

Los umbrales a partir de los cuales el poseedor de RCDs está obligado a separar las distintas fracciones quedan definidos en el artículo 5 del Real Decreto 105/2008 y se muestran a continuación en la tabla 32:

**Tabla 32.- Umbrales para la separación de fracciones de RCDs.**

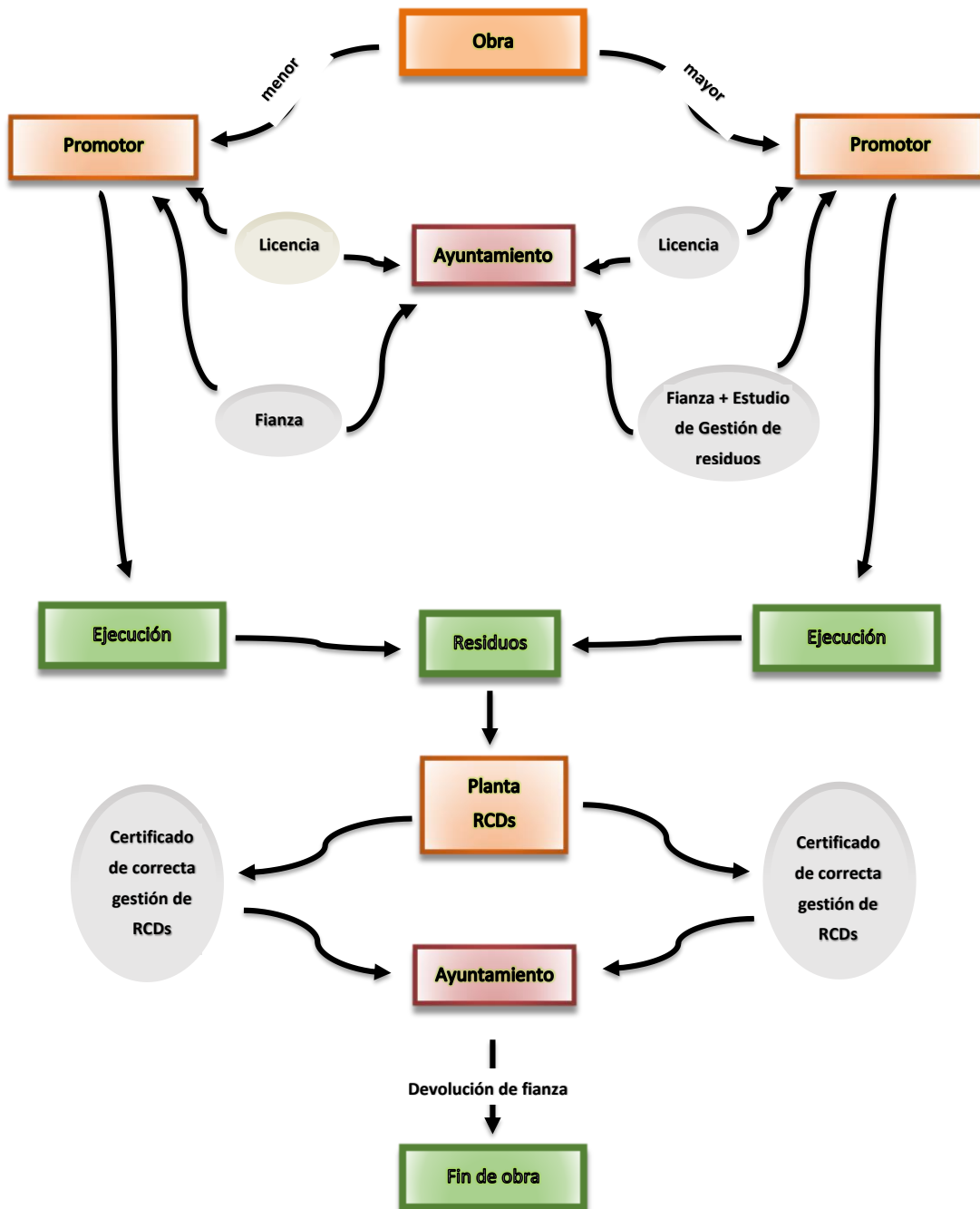
Fracción	Cantidad (t)
Hormigón	80
Ladrillos, tejas, cerámicos	40
Metal	2
Madera	1
Vidrio	1
Plásticos	0.5
Papel y cartón	0.5

Desde el 1 de enero de 2024 es obligatoria la realización de la demolición de forma selectiva, así como separar y segregar los residuos en la propia obra, tal como se

recoge en el artículo 30 de la Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

**ARTÍCULO 5.3.1.- CONTROL Y GESTIÓN DE RCDS.**

Por otro lado, para una adecuada gestión y control de los RCDs generados, es necesario disponer de datos de producción aplicables a cada obra, en función de sus características. Esto permitirá establecer volúmenes de producción de los distintos tipos de residuos, su coste y el destino de cada uno de ellos. Esta estimación es fundamental tanto para el estudio de gestión como para la determinación de fianzas.



**GRÁFICO 3.- Sistema administrativo de gestión de RCD.**

La Asociación de Recicladores de Construcción y Demolición AGESMA ha desarrollado una aplicación en formato EXCEL para el cálculo de las fianzas que se puede descargar de manera gratuita en la página web de la entidad, así como en el siguiente enlace: <https://www.agesmarcd.org/calculo-fianza/>

FIANZA PARA LA DEMOLICIÓN DE UNA VIVIENDA				
Longitud en planta (A)	0	m		
Ancho en planta (B)	0	m		
Altura del edificio (H)	0	m		
Volumen aparente (AxBxH)	0	m <sup>3</sup>		
Volumen RCD	0	m <sup>3</sup>		
Nº plantas	0	plantas		
Volumen RCD forjados plantas	0	m <sup>3</sup>		
<b>Volumen total RCD</b>	<b>0</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
Volumen de RCD mixto	0	m <sup>3</sup>		
Densidad tipo RCD mixto (0,5-1,5 Tn/m <sup>3</sup> )	1,5	Tn/m <sup>3</sup>		
<b>Masa total RCD</b>	<b>0</b>	<b>Tn</b>		
Masa RCD mixto	0	Tn		
Presupuesto de ejecución material (PEM) de la obra	0,00	€		
	Masa (Tn)	Canon de la planta de reciclaje (€/Tn)	Precio transporte (€/Tn)	Importe (€)
RCD mixto	0	6,5	0	0
<b>FIANZA MÍNIMA (2% del PEM)</b>	<b>0,00</b>			
<b>FIANZA</b>	<b>0,00</b>			

**Instrucciones:**

- Introdúzca las casillas en amarillo, son los datos de entrada
- Las casillas en azul son datos fijos a incluir.
- El resto de datos se calcularán automáticamente

**Normativa:**

- Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022
- RD 105\_2008
- Orden 2736/2009. Comunidad de Madrid.

#### GRÁFICO 4.- Aplicación en Excel de AGESMA

El estimar el volumen y el peso de los RCDs generados en obra permitirá a las Administraciones Públicas fijar unas fianzas fiables en la licencia de demolición, o de obra nueva de acuerdo con el artículo 6 apdo. 2 del RD 105 /2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Las tablas siguientes muestran las cantidades de RCD unitarias en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de superficie construida o en kg/m<sup>2</sup> de superficie construida, estimadas por diferentes organismos nacionales e internacionales en función de la tipología de la obra.

**TABLA 33.- Producción de RCD (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) en la demolición completa de un edificio de uso residencial y con estructura de hormigón.**

Naturaleza del RCD	IHOBE	ITeC	Comunidad de Madrid
No pétreo	0,064	0,0112	0,14
Pétreo	0,819	0,9425	0,75
RP	0,002	0,0153	0,11
<b>TOTAL</b>	<b>0,895</b>	<b>0,9690(*)</b>	<b>1,00</b>

(\*) Equivalente a 1130 kg/m<sup>2</sup> de superficie construida

Los materiales de naturaleza no pétreo incluyen madera, vidrio, material aislante, plásticos, metales, papel, cartón y derivados del yeso. Asimismo, los materiales pétreos incluyen a áridos, hormigones, cerámicos y materiales asfálticos.

**TABLA 34.- Producción de RCD ( $m^3/m^2$ ) en la demolición completa de un edificio de uso industrial.**

Naturaleza del RCD	IHOBE	
	Estructura metálica	Estructura de hormigón
No pétreo	0,285	0,128
Pétreo	0,971	1,065
RTP	0,007	0,002
TOTAL	1,263	1,195

**TABLA 35.- Producción de RCD ( $m^3/m^2$ ) en la demolición de obras de infraestructura civil excluyendo tierras.**

Naturaleza del RCD	IHOBE
No pétreo	0,004
Pétreo	1,555
TOTAL	1,559

Para convertir la producción unitaria de residuos de volumen a peso, se recomienda utilizar unas densidades en función del tipo de residuo, que oscila entre 0,5 y 2 t/ $m^3$ . Por otro lado, la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos (1998) proporciona las cantidades de residuos de demolición incluidos en la tabla.

**TABLA 36.- Cantidad de residuos ( $kg/m^2$ ) en la demolición de estructuras (EPA, 1998).**

Tipo de edificio	Cantidad de residuos
Vivienda multifamiliar	620
Vivienda unifamiliar	542
Edificio de uso no residencial	756

Fuente: EPA (1998). Characterization of building related construction and demolition debris in the United States.

**TABLA 37.- Cantidad de RCD producidos (kg/m<sup>2</sup> construido) según el Borrador del II Plan Nacional de RCDs.**

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	RCD PRODUCIDO (kg/m <sup>2</sup> construido)
Obras de edificios nuevos	120,0
Obras de rehabilitación	338,7
Obras de demolición total	1.129,0
Obras de demolición parcial	903,2

Para la devolución de la fianza o garantía financiera equivalente será necesaria la presentación del certificado contenido en el Anejo II de la Orden 2726/2009, como único documento válido, convenientemente firmado por la empresa gestora de residuos, contando ésta, entre sus operaciones de gestión autorizadas, con R5 y/o R12.





CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE,  
VIVIENDA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

**ANEJO II**

**Comunidad de Madrid**

**CERTIFICADO DE ENTREGA Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)**  
(Artículos 4.1.e., 5.3, 5.7 y 7.c del R.D. 105/2008 y artículos 6 y 10.2 de esta Orden)

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA:**

DENOMINACIÓN:

DIRECCIÓN:

N.º LICENCIA MUNICIPAL:

**2. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTOR DEL R.C.D. (Art. 2.e del R.D. 105/2008):**

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:

NIF/CIF:

DIRECCIÓN:

**3. IDENTIFICACIÓN DEL POSEEDOR DEL RCD (Art. 2.f del R.D. 105/2008):**

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:

NIF/CIF:

DIRECCIÓN:

**4. IDENTIFICACIÓN DEL RESPONSABLE DE LA ENTREGA O TRANSPORTISTA DE LOS R.C.D.:**

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:

N.º DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE TRANSPORTISTAS DE RESIDUOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID O EN EL DE GESTORES DE RESIDUOS QUE CORRESPONDA (Art. 43 de la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid):

**5. IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE GESTIÓN DE R.C.D. A LA QUE SE LE HACE LA ENTREGA:**

- TIPO DE GESTOR: (Cumplimentar la columna que corresponda al tipo de gestor en el que se realiza la entrega):

EMPRESA AUTORIZADA POR LA COMUNIDAD DE MADRID PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN DE R.C.D. (1)	EMPRESA AUTORIZADA POR LA COMUNIDAD DE MADRID PARA REALIZAR OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE RCD (2)	GESTOR DE R.C.D. AUTORIZADO POR OTRA CCAA (3).
Nº de autorización	Nº de autorización	Nº de autorización

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:

NIF/CIF:

DIRECCIÓN:

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE GESTIÓN:

**6. IDENTIFICACIÓN DE LOS R.C.D. (la cantidad se expresará en toneladas –preferentemente– o en metros cúbicos, consignándose ambas unidades cuando sea posible)**

DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO	CÓDIGO LER	TONELADAS	M <sup>3</sup>

**7. COSTE UNITARIO (€/t) ó (€/M<sup>3</sup>):**

**8. COSTE TOTAL (€):**

FECHA:

	EL GESTOR DE RCD (Sello y firma)
--	-------------------------------------

## **Sección 4. INGENIERÍA DEL PROCESO.**

---

### **ARTÍCULO 5.4.1.- IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RCD A LA ENTRADA A LA PLANTA.**

Según lo recogido en la Orden 2726/2009, en la Comunidad de Madrid, los RCD se clasifican en:

- RCD de Nivel I: RCD excedentes de la excavación y los movimientos de tierras de las obras cuando están constituidos por tierras y materiales pétreos no contaminados. En la Orden APM/1007/2017 se denominan suelos no contaminados excavados y otros materiales naturales excavados.
- RCD de Nivel II: RCD no incluidos en los de Nivel I, generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios (abastecimiento y saneamiento, telecomunicaciones, suministro eléctrico, gasificación y otros).

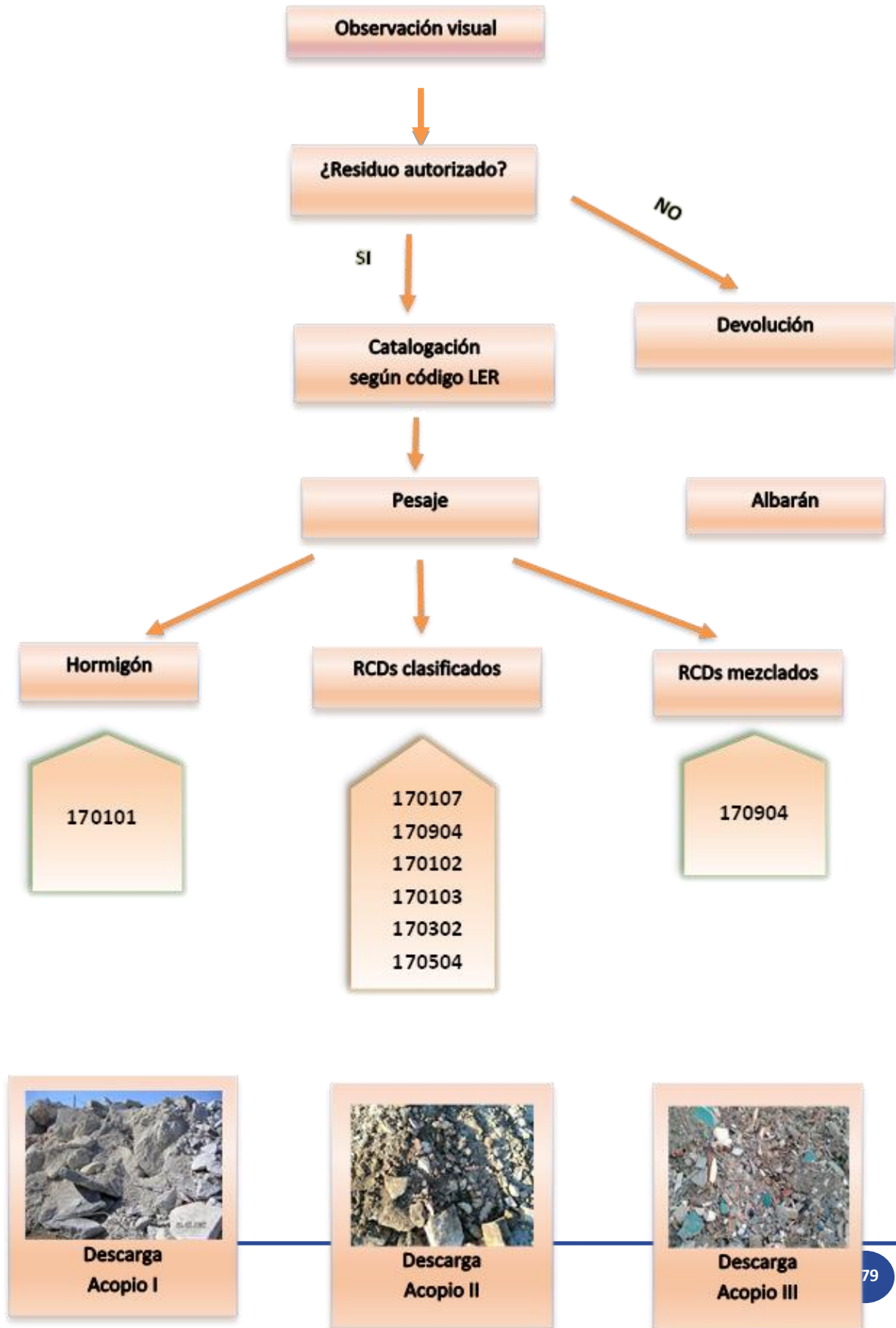
A la entrada a la planta de los RCD se debe realizar su pesaje mediante una báscula, de capacidad variable dependiendo del volumen de material entrante (normalmente, de 40 t), y que debe calibrarse periódicamente. Una vez pesado, un trabajador debe apreciar el contenido del vehículo de transporte y clasificar los RCD.

El sistema de clasificación debe considerar dos factores:

- La naturaleza del RCD. Atendiendo a este criterio se propone clasificar los RCD en tres clases: de hormigón, mixto y asfáltico.
- El esfuerzo económico que es necesario realizar en la limpieza, que consistirá en la retirada manual de residuos peligrosos, y elementos impropios como placas de yeso, escayolas, maderas, vidrios etc.

Se debe procurar que la cantidad de RCD destinada a vertedero sea la menor posible. Para ello, es necesario poner tasas crecientes con el porcentaje de contaminación e impropios que tenga el RCD, tal y como se ha comentado en el apartado anterior y que reflejen el coste real del depósito en vertedero.

GRÁFICO 5.- Sistema administrativo de gestión de rcd Caracterización RCDs y procedimiento de admisión.



La tabla siguiente muestra la propuesta de clasificación de los RCDs a la entrada a la planta.

**TABLA 38.- Clasificación de los RCDs a la entrada.**

Naturaleza	Grado de contaminación		
Hormigón	Limpio	Sucio	Muy sucio
RCDs clasificados			
RCDs mezclado			
Tierras de excavación			

El RCD muy sucio, no es valorizable, ya que el coste de su limpieza es superior al valor de mercado del material reciclado. Por ello, este material se debe destinar directamente a vertedero.

**ARTÍCULO 5.4.2.- ACOPIO DEL RCDs.**

Se dispondrán diversas zonas de depósito diferentes según la naturaleza del RCD. Si se clasifica como limpio, el material se descargará directamente en su zona de depósito. Sin embargo, si se clasifica como sucio, se descargará y se extenderá en un patio próximo al depósito donde un operario realizará la limpieza manual de los elementos peligrosos e impropios de gran tamaño, que se destinarán a un gestor autorizado. Una vez realizada la limpieza, los RCDs se trasladarán con la pala al depósito correspondiente.

La cantidad de asfalto que entra habitualmente en las plantas de tratamiento es escasa, por lo que la gestión más adecuada es mezclarlo en pequeñas proporciones con el RCD mixto previo a la entrada a la línea de tratamiento.





### ARTÍCULO 5.4.3.- TRATAMIENTO DEL RCD.

Por consideraciones de tipo económico, tan sólo se considera necesario disponer de una única línea de tratamiento de RCD. Tan sólo en aquellas plantas que por su situación tengan una gran demanda de áridos reciclados sería conveniente estudiar la viabilidad de una segunda línea de tratamiento por necesidades de producción.

En una línea de tratamiento de RCDs se distinguen hasta un máximo de tres etapas: un pre-tratamiento, un tratamiento primario y un secundario.

#### ARTÍCULO 5.4.3.1.- Pre-tratamiento.

Este tratamiento no siempre es necesario. Tiene por objeto mejorar la manejabilidad del RCD disminuyendo el volumen de aquellos elementos de grandes dimensiones antes de entrar en el proceso de reciclado. Para eso, se utiliza un demoledor, o un martillo vibrante, siendo el primero más eficaz en la retirada de las barras de acero corrugado del hormigón. Esta tarea se puede realizar en la zona de depósito de RCDs. Es habitual realizar en esta fase la limpieza de los elementos susceptibles de ser retirados.



#### ARTÍCULO 5.4.3.2.- Tratamiento primario.

Debe consistir en un pre-cribado, en una trituración del RCD mediante una machacadora de mandíbulas y un posterior cribado. El pre-cribado tiene la función de eliminar tierras y partículas de yeso que habitualmente van en la fracción fina del RCD. El pre-cribado se realiza de alguna de las siguientes maneras:

- Criba anterior a la incorporación a la tolva de entrada.
- Trómel, lo que no se considera conveniente por su mayor coste.
- Peines o cribas ajustadas a la entrada de la machacadora o molino.



El material pasante, se considera como material de rechazo y se destinara bien al vertedero, bien para obras internas de mantenimiento, o para obras de relleno y acondicionamiento. La luz de esta criba depende del criterio del propio gestor, aumentando ésta conforme más seguro se quiere estar de haber eliminado las tierras y partículas finas, a pesar de correr el riesgo de eliminar parte del material exento de éstas. En todo caso, suele estar comprendido entre 10 y 40 mm.

Después de la machacadora de mandíbulas es conveniente disponer un electroimán para eliminar objetos de acero.

Por último, se dispone una criba con uno o varios tamices fácilmente intercambiables que permita obtener el tipo de material y granulometría demandada. Si se desea obtener un todo en uno se dispone un único tamiz de 25, 32 o 40 mm obteniéndose dos materiales.

Este material antes de entrar al tratamiento secundario puede pasar por un soplador para eliminar elementos de baja densidad, fundamentalmente plásticos y papel. El tratamiento primario podría no ser incluido en el proceso y, tras el pretratamiento, optar directamente por el tratamiento secundario.



### ARTÍCULO 5.4.3.3.- Tratamiento secundario.

Consta de dos etapas: triaje manual y molino de impacto. En el triaje manual los áridos procedentes de la machacadora o molino, o directamente del pretratamiento, pasan por una cinta, o directamente sobre explanada, en la que un trabajador, si el RCD es de hormigón, o varios, si es mixto, retiran partículas metálicas, de madera, vidrio, yeso, plásticos etc. Este proceso es de gran importancia para obtener un árido reciclado de calidad.



El molino de impactos es imprescindible para obtener un árido con una granulometría continua y con un número de caras de fractura adecuado. Después del molino de impactos es necesario disponer un segundo electroimán para eliminar el acero liberado en el fraccionamiento del RCD.

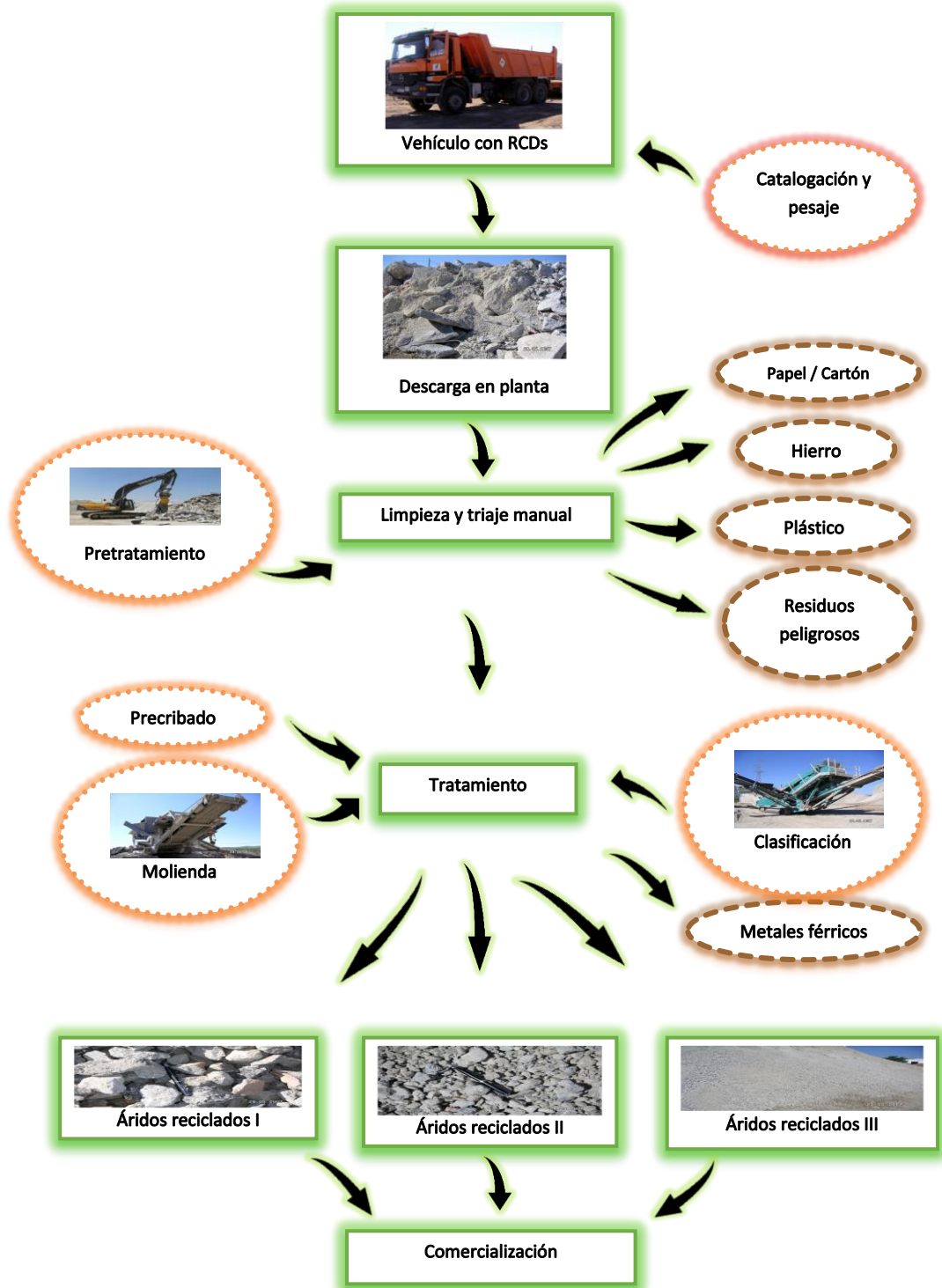
Al igual que al final del tratamiento primario, se dispone una criba con uno o varios tamices fácilmente intercambiables que permitan al reciclador obtener los productos deseados en cada momento.

Para evitar la formación de polvo y la pérdida de material (fundamentalmente arenas 0-8 mm) se deben emplear "supresores de polvo" que se disponen al final de la cinta que transporta el material al acopio. Para ello, puede utilizarse cualquier sistema, aunque los más recomendados y usados son los rociadores de agua, normalmente, mediante aspersores.



**GRÁFICO 6.- Sistema administrativo de gestión de RCD. Proceso de gestión RCD.**





#### ARTÍCULO 5.4.4.- MATERIALES PRODUCIDOS.

Cada planta debe adaptarse a los materiales demandados en su entorno. Los tipos de áridos producidos habitualmente en la mayoría de las plantas y por lo tanto los diferentes acopios necesarios en las plantas de tratamiento de RCD son:

- **Suelos:** la denominación propuesta es “**suelo reciclado seleccionado o suelo reciclado tolerable**” y procede del material de granulometría continua obtenido en el tratamiento primario y/o secundario. También puede obtenerse de un proceso directo de molienda y/o clasificación. Pueden ser empleados como suelos seleccionados, adecuados, tolerables y, evidentemente, para restauraciones de áreas degradadas y paisajísticas, rellenos localizados, etc...



- **Zahorras:** Es el material que tiene una mejor salida comercial. Se destina a capas estructurales de firmes de vías de baja intensidad de tráfico. Se pueden obtener hasta tres tipos diferentes en función de su naturaleza y calidad. La primera es la



**zahorra artificial reciclada de hormigón (ZARHor).** Las que proceden de RCD mixto, se denominan **zahorra artificial reciclada mixta tipo I (ZARM I)** y **zahorra artificial reciclada mixta tipo II (ZARM II)**, esta última de inferior calidad. Los dos primeros materiales se obtienen en el tratamiento

secundario, mientras que la zahorra artificial reciclada mixta de tipo II se puede obtener en el tratamiento primario.

En el caso de que la zahorra proceda de un RCD bituminoso, ésta se denominaría **zahorra artificial reciclada asfáltica (ZARA).**

- Arenas: No es frecuente separarlas por su naturaleza. Su destino mayoritario es utilizarlas como camas de tuberías.



- Gravas: Se emplean frecuentemente como material de filtro en zanjas drenantes o como encachados de áridos por debajo de soleras de hormigón.

- Material drenante grueso: Tiene una granulometría habitualmente comprendida entre 40 y 80 mm y se utiliza como relleno en el trasdós de muros. En función de la demanda del mercado, este material puede pasarse de nuevo por el molino de impacto para producir zahorras, arenas y/o gravas.



## Sección 5. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS RECICLADOS.

---

El sistema de control de calidad en la producción debe estar basado en el Anexo C de la norma UNE EN 13242: 2003+A1 2008 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes. El fabricante debe establecer un Manual de Control de la Producción que contenga al menos los siguientes aspectos:

1. Registro de cada entrada de material que debe incluir: la naturaleza y clasificación del RCD, lugar de procedencia, proveedor, transportista, peso y destino del mismo.
2. Criterios de aceptación de residuos. Se debe especificar los tipos de residuos que se aceptan y los porcentajes máximos de cualquier contaminante que lleve el RCD. La aceptación o no de un material a la entrada se hará de forma visual por el personal especializado.
3. Método de producción. Debe incluir un diagrama de flujo de los procesos a seguir por el RCD desde que entra a la planta hasta que es transformado en material reciclado. En este diagrama se deben incluir las diferencias si existiesen en el procesado del RCD en función de su naturaleza. Así mismo, incluirá el destino y zona de almacenamiento de cada material producido (venta, vertedero, gestor autorizado, obras internas, etc.).
4. Descripción del producto terminado. Debe incluir las especificaciones de cada tipo de material garantizadas por el productor.
5. Régimen de inspección y muestreo del producto terminado. Para materiales granulares y materiales tratados con conglomerantes hidráulicos para su uso en capas estructurales de firmes, será necesario que tengan el marcado CE según la norma UNE EN 13242. La frecuencia y muestreo son los indicados en la citada norma que se muestran en la *tabla*. Para otros tipos de materiales reciclados, como son los suelos para terraplenes, o material drenante y las arenas para camas de tuberías, AGESMA ha elaborado un reglamento de certificación de productos reciclados en el que propone las frecuencias de ensayos y requisitos.
6. Libro de registro. Se deben registrar además de todos los datos incluidos en el apartado 1, las cantidades de áridos reciclados producidos clasificados por tipos, los resultados de los ensayos realizados a cada material comparándolos con las

especificaciones de cada uno de ellos. Documentación a entregar al comprador. Incluirá además de las especificaciones garantizadas por el productor, que el producto ha sido elaborado bajo un sistema de control de calidad conforme al Manual de Control de la producción incluyendo detalles generales del mismo.

**TABLA 39.- Frecuencias mínimas de los ensayos para determinar las propiedades generales-  
MARCADO CE en zahorras artificiales.**

Propiedad	Método de ensayo	Frecuencia mínima de ensayo <sup>(1)</sup>
Granulometría	EN 933-1	1 por semana
Índice de lajas	EN 933-3	1 por mes
Porcentaje de partículas trituradas	EN 933-5	1 por mes
Equivalente de arena	EN 933-8	1 por semana
Azul de metileno	EN 933-9	
Resistencias a la fragmentación	EN 1097-2	2 por año
Densidad de las partículas	EN 1097-6:2000, capítulo 7, 8 o 9	1 por año
Absorción de agua	EN 1097-6:2000, capítulo 7, 8 o 9	1 por año
Componentes que modifican la velocidad de fraguado y endurecimiento de las mezclas tratadas con conglomerantes hidráulicos: - hidróxido de sodio - ácido fúlvico (si no supera el ensayo de hidróxido de sodio) - ensayo de resistencia comparada - tiempo de fraguado	EN 1744-1:2010+A1	1 por año
Contenido total en azufre	EN 1744-1	1 por año
Sulfatos solubles en ácido	EN 1744-1	1 por año
Sustancias peligrosas <sup>(2)</sup> , en especial: liberación de metales pesados		Cuando se requiere, y cuando exista duda

<sup>(1)</sup> La frecuencia de los ensayos se refiere a períodos de producción.

<sup>(2)</sup> Salvo especificación en contrario, sólo se exige a efectos de marcados CE.

TABLA 40.- Especificaciones y frecuencia de ensayos de autocontrol- REGLAMENTO AGESMA

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	
		> 5000 Tn/MES	≤ 5000 Tn/MES
<b>ZAHORRAS (*)</b>			
Composición	UNE -EN 933 11	Anual	Anual
CBR	UNE 103502		
Límites de Atterberg	UNE 103103 / UNE 103104		
Sulfatos solubles en agua (SO4)	UNE-EN 1744-1		
Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos	UNE-EN 1367-2		
<b>SUELO</b>			
Composición	UNE-EN 933-11	Quincenal	Semestral
Granulometría	UNE-EN 933-1		
Plasticidad	UNE 103103/UNE 103104		
Contenido en sales solubles	NLT 114	Mensual	
Contenido en yesos	NLT 115		
Contenido en materia orgánica	UNE 103204		
Ensayo colapso en suelos	NLT-254		
Hinchamiento libre	UNE 103601		
<b>GRAVA RECICLADA RCD</b>			
Composición	UNE-EN 933-11	Trimestral	Semestral
Partícula ligeras	UNE-EN 1744-1	Mensual	
Absorción	UNE-EN 1097-6		
Granulometría	UNE-EN 933-1		
Terrones de arcilla	UNE 7133	Trimestral	
Sulfatos solubles en ácido (SO3)	UNE-EN 1744-1		
Compuestos totales de azufre (S)	UNE-EN 1744-1		

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	
		> 5000 Tn/MES	≤ 5000 Tn/MES
Materia orgánica	UNE-EN 1744-1		
Reactividad	UNE 146508 Ex		
UNE 146507-2 Ex			
Cloruros totales (Cl)	UNE-EN 1744-1		
Índice de lajas	UNE-EN 933-3		
Desgaste Los Ángeles	UNE-EN 1097-2		
Resistencia a las heladas (**)	UNE-EN 1367-2		
<b>MATERIAL PARA CAMAS DE TUBERÍAS</b>			
Granulometría	UNE-EN 933-1	Mensual	Semestral
Plasticidad	UNE 103103/UNE 103104		
Contenido sulfatos solubles en ácido	UNE-EN 1744-1		
Azufre total (S)	UNE-EN 1744-1		
Contenido en cloruros	UNE-EN 1744-1		
Impurezas máximas	UNE-EN 933-11		
<b>MATERIAL DRENANTE</b>			
Granulometría	UNE-EN 933-1	Mensual	Semestral
Composición	UNE-EN 933-11		
Plasticidad	UNE 103103/UNE 103104		
Equivalente en arena	UNE-EN 933-8		
Índice de lajas	UNE-EN 933-3		
Azufre total (S)	UNE-EN 1744-1		
Desgaste Los Ángeles	UNE-EN 1097-2		

(\*) Las zavorras deberán tener el marcado CE conforme a la norma EN 13242. Los ensayos de autocontrol que se definen en la presente tabla son ensayos que el marcado CE no contempla.

(\*\*) Cuándo sea necesario conforme a la legislación nacional vigente.



## Sección 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

---

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular
- Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Ministerio da Presidencia. BOE nº 38 de 13 de febrero de 2008.
- Norma UNE EN 13242. "Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes".
- Lista europea publicada por 2014/955/UE: Decisión de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo
- Orden 2726/2009, de 16 de julio, de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid.
- Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid.
- Characterization of building related construction and demolition debris in the United States. Enviromental Protection Agency (EPA), 1998.
- Catálogo de firmes y unidades de obra con áridos reciclados de residuos de la construcción y demolición, publicado por la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería de Fomento y Vivienda. 2016.
- Recomendaciones para la utilización de materiales procedentes de residuos de la construcción y demolición en firmes de viales en Málaga, publicado por el Ayuntamiento de Málaga en 2018.
- Gestión y tratamiento de residuos de construcción y demolición. Guía de Buenas Prácticas. Publicada por la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Vivienda en 2015.