

ÍNDICE

Agradecimientos	5
Dedicatoria	7
Índice	9
Índice de anunciantes.....	21
Prólogo.....	23

PARTE I: RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1- Los residuos y el medioambiente	27
1.1.1- El principio de jerarquía	34
1.1.1.1- <i>Prevención</i>	36
1.1.1.2- <i>Reutilización</i>	37
1.1.1.3- <i>Reciclaje</i>	37
1.1.1.4- <i>Valorización</i>	41
1.1.1.5- <i>Eliminación</i>	42
1.1.2- Principales flujos de residuos	43
1.1.3- Medidas para promover la correcta gestión de los residuos	45
1.2- Los residuos de construcción y demolición	48
1.3- Gestión de los RCD	52
1.4- Definiciones	57

CAPÍTULO 2. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RCD

2.1- Composición de los RCD	67
2.2- Clasificación de los RCD	72
2.3- Características de los RCD	83

2.3.1- Características de los residuos de excavación y demolición	84
2.3.1.1- Tierra superficial y de excavación	84
2.3.1.2- Hormigón y obra de fábrica	86
2.3.1.3- Asfalto y betún	88
2.3.1.4- Madera	88
2.3.1.5- Metales	90
2.3.1.6- Plásticos	91
2.3.1.7- Elementos arquitectónicos	91
2.3.1.8- Residuos especiales	91
2.3.2- Características de los residuos que se originan en la obra	92
2.3.2.1- Madera	92
2.3.2.2- Metales	92
2.3.2.3- Embalajes y plásticos	93
2.3.3- Características de los residuos peligrosos	94
2.4- Características de los materiales de construcción que conforman los RCD	95
2.4.1- Piedra Natural	102
2.4.1.1- Piedra de Cantería	104
2.4.1.2- Rocas Ornamentales	104
2.4.2- Áridos	106
2.4.3- Conglomerantes	108
2.4.3.1- Cales	108
2.4.3.2- Yesos	110
2.4.3.3- Cementos	112
2.4.4- Hormigones y morteros	113
2.4.4.1- Hormigones	114
2.4.4.2- Morteros	116
2.4.5- Materiales bituminosos	117
2.4.6- Materiales cerámicos y vidrios	119
2.4.6.1- Materiales cerámicos	120
2.4.6.2- Vidrios	122
2.4.7- Metales	123
2.4.8- Madera y corcho	125
2.4.9- Geosintéticos y otros plásticos	129
2.4.10- Pinturas	131

CAPÍTULO 3. LOS RCD EN ESPAÑA Y EUROPA

3.1- El sector de la construcción en España y Europa	135
3.1.1- El sector de la construcción en España	135
3.1.2- El sector de la construcción en Europa	138
3.2- Los RCD en España	140
3.3- Los RCD en Europa	149
3.4- Los RCD en el Mundo.....	151

CAPÍTULO 4. MARCO LEGAL DE LOS RCD

4.1- Legislación sobre residuos	155
4.1.1- Legislación europea	155
4.1.2- Legislación nacional	169
4.1.3- Legislación autonómica	172
4.2- Legislación sobre RCD	174
4.2.1- Legislación europea	174
4.2.2- Legislación nacional	174
4.2.3- Legislación autonómica	180
4.2.4- Legislación local	182

CAPÍTULO 5. GESTIÓN DE LOS RCD

5.1- Introducción	187
5.2- Prevención	190
5.2.1- Medidas de prevención en el II PNRC	192
5.2.1.1- <i>Medidas de prevención para promotores de obras y</i>	
<i>proyectistas.....</i>	193
5.2.1.2- <i>Medidas de prevención para constructores</i>	193
5.2.1.3- <i>Medidas de prevención para gestores</i>	194
5.2.1.4- <i>Medidas relac. con la sostenibilidad en la edificación.....</i>	194
5.2.1.5- <i>Medidas relacionadas con las obras menores de</i>	
<i>construcción y reparación domiciliaria</i>	194
5.2.1.6- <i>Medidas en relación con las personas que ponen en el</i>	
<i>mercado productos de construcción</i>	195
5.2.2- La prevención desde los códigos de buenas prácticas	196
5.2.2.1- <i>Buenas prácticas para los fabricantes</i>	196
5.2.2.2- <i>Buenas prácticas en la fase de proyecto de la obra</i>	198
5.2.2.3- <i>Buenas prácticas en la fase de programación de la obra</i>	200
5.2.2.4- <i>Buenas prácticas en la fase de ejecución de la obra</i>	204
5.3- Reutilización	205
5.3.1- Madera	208
5.3.2- Obra de fábrica y pequeños elementos	209
5.3.3- Elementos arquitectónicos	211
5.3.4- Tierra superficial y de excavación	212
5.3.5- Metales	213
5.3.6- Embalajes y plásticos	213
5.3.7- Otros	213
5.4- Reciclaje	213
5.4.1- El reciclaje de RCD en Europa	220
5.4.2- Políticas gubernamentales para favorecer el reciclado	222
5.4.2.1- <i>El reciclado en la UE</i>	223
5.4.3- Viabilidad económica del reciclado	226
5.4.4- Reciclaje de materiales en los RCD	230

5.4.4.1- <i>Materiales pétreos</i>	231
5.4.4.2- <i>Maderas</i>	232
5.4.4.3- <i>Vidrios</i>	233
5.4.4.4- <i>Plásticos</i>	234
5.4.4.5- <i>Asfaltos</i>	237
5.4.4.6- <i>Metales</i>	238
5.5- <i>Eliminación</i>	242
5.6- <i>Planes de gestión</i>	245
5.7- <i>Los componentes peligrosos en los RCD: el amianto</i>	253
5.7.1- <i>Residuos en la fase de obra</i>	254
5.7.2- <i>Residuos en la fase de derribo</i>	257
5.7.3- <i>El amianto</i>	260
5.7.3.1- <i>Introducción</i>	260
5.7.3.2- <i>Mineralogía</i>	261
5.7.3.3- <i>Aplicaciones</i>	262
5.7.3.4- <i>Friabilidad</i>	263
5.7.3.5- <i>Legislación sobre el amianto</i>	256
5.7.3.6- <i>Real Decreto 396/2006</i>	266
5.7.3.7- <i>Identificación de materiales con amianto</i>	268
5.7.3.8- <i>Vertido de residuos con amianto</i>	272

CAPÍTULO 6. SISTEMAS DE DEMOLICIÓN

6.1- <i>Introducción</i>	275
6.2- <i>Clasificación de los sistemas de demolición</i>	279
6.3- <i>La seguridad en la demolición</i>	282
6.4- <i>Demoliciones manuales</i>	290
6.4.1- <i>Herramientas manuales</i>	290
6.4.2- <i>Elementos diamantados</i>	294
6.4.2.1- <i>Discos diamantados</i>	294
6.4.2.2- <i>Hilo diamantado</i>	296
6.4.2.3- <i>Perforación con brocas diamantadas</i>	297
6.4.3- <i>Quebrantador hidráulico</i>	297
6.4.4- <i>Lanza térmica</i>	298
6.4.5- <i>Hidrodemolición</i>	299
6.4.6- <i>Ejemplo práctico de demolición manual</i>	299
6.5- <i>Demoliciones mecánicas</i>	306
6.5.1- <i>Demolición con equipos ligeros</i>	306
6.5.2- <i>Demolición con equipos medios</i>	308
6.5.3- <i>Demolición con equipos pesados</i>	309
6.5.4- <i>Equipos utilizados en las demoliciones mecánicas</i>	310
6.5.5- <i>Implementos utilizados en demolición</i>	312
6.5.6- <i>Ejemplo práctico de demolición mecánica</i>	316

6.5.6.1- Fases de la demolición	317
6.5.6.2- Desarrollo del proceso y maquinaria utilizada	318
6.5.6.3- Gestión de residuos	319
6.6- Demolición con explosivos	320
6.6.1- Introducción	320
6.6.2- Tipos de explosivos y accesorios	323
6.6.3- Factores de riesgo en las voladuras	328
6.6.4- Características de los materiales	329
6.6.5- Ejemplo práctico de demolición con explosivos	332
6.6.5.1- La perforación y el explosivo	332
6.6.5.2- Protecciones y medidas de seguridad	333
6.7- Demolición con cementos expansivos	334
6.8- Demolición y amianto	336
6.8.1- Valoración del nivel de riesgo	339
6.8.2- Procedimientos de trabajo y medidas preventivas	341
6.8.2.1- Medidas en la etapa preliminar	342
6.8.2.2- Medidas en la etapa intermedia	346
6.8.2.3- Medidas en la etapa final	346
6.8.3- Equipos de protección respiratoria y ropa de protección	348
6.8.4- Ejemplo práctico de demolición y amianto	349
6.8.4.1- Trabajos preliminares	350
6.8.4.2- Medidas de protección y seguridad.....	352
6.8.4.3- Medidas de higiene y descontaminación.....	352
6.8.4.4- Metodología en la ejecución del trabajo	353
6.9- Deconstrucción	354
6.9.1- Definiciones y objetivos	354
6.9.2- Deconstrucción frente a demolición	355
6.9.3- El proceso de deconstrucción	357
6.9.3.1- Plan de deconstrucción	357
6.9.3.2- Desarrollo del proceso	358
6.9.4- Ejemplo práctico de deconstrucción	361
6.9.4.1- Fases del trabajo	362
CAPÍTULO 7. PLANTAS DE VALORIZACIÓN DE LOS RCD	
7.1- Introducción	365
7.2- Tipos de plantas	366
7.2.1- Diferencias entre plantas fijas y móviles	368
7.2.2- Diferencias entre plantas convencionales de áridos y plantas de valorización de RCD fijas	370
7.3- Niveles tecnológicos	373
7.3.1- Nivel 1.....	373
7.3.2- Nivel 2	375
7.3.3- Nivel 3.....	377

7.4- Instalaciones de una planta de valorización fija	379
7.4.1- Playa de vertido	381
7.4.2- Planta de tratamiento del RCD	381
7.4.2.1- Operaciones unitarias	381
7.4.2.2- Esquemas de diseño	386
7.4.3- Vertedero de cola	391
7.5- Equipos	391
7.5.1- Equipos de trituración	392
7.5.1.1- Machacadoras de flujo horizontal	392
7.5.1.2- Molinos impactores	393
7.5.1.3- Machacadoras de mandíbulas	395
7.5.2- Equipos de clasificación	396
7.5.2.1- Cribas	396
7.5.2.2- Trómeles	397
7.5.2.3- Sopladores	398
7.5.2.4- Ciclones.....	398
7.5.2.5- Separadores hidráulicos	400
7.5.2.6- Cabinas de triaje	401
7.5.2.7- Overbands.....	401
7.6- Impacto ambiental y medidas correctoras	402
7.7- Ejemplos de plantas existentes	403
7.7.1- Planta de valorización de RCD de Arganda del Rey (Madrid)	404
7.7.1.1- Línea de tratamiento de homogéneos	407
7.7.1.2- Línea de tratamiento de heterogéneos	410
7.7.2- Planta de valorización de RCD de Salmedina (Madrid)	414
7.7.2.1- Producción de la línea de RCD mixto	415
7.7.2.2- Producción de la línea de hormigón	420
7.7.3- Planta de valorización de RCD de Parque Verde (Siero, Asturias)	421
7.7.3.1- Recepción y acopio de RCD	421
7.7.3.2- Línea de tratamiento de RCD heterogéneo.....	423
7.7.3.3- Línea de tratamiento de RCD limpio.....	426

PARTE II: ÁRIDOS RECICLADOS

CAPÍTULO 8. LOS ÁRIDOS: GENERALIDADES

8.1- Introducción	431
8.2- Tipos de áridos	432
8.2.1- Áridos naturales	434
8.2.1.1- Áridos granulares	434
8.2.1.2- Áridos de machaqueo	435
8.2.2- Áridos secundarios	437
8.2.3- Áridos reciclados	437

8.3- Métodos de explotación	438
8.3.1- Canteras	441
8.3.2- Graveras	442
8.3.3- Problemática medioambiental de la explotación	443
8.4- Métodos de tratamiento	446
8.4.1- Áridos de machaqueo	446
8.4.2- Áridos granulares	449
8.5- Aplicaciones	452
8.5.1- Áridos para hormigón	453
8.5.2- Áridos para carreteras	455
8.5.3- Áridos para balasto	457
8.5.4- Otras aplicaciones	457
8.6- El mercado de los áridos en España	460
8.7- Mercado CE	461
CAPÍTULO 9. PROPIEDADES Y ENSAYOS DE LOS ÁRIDOS	
9.1- Introducción	465
9.2- Propiedades generales	466
9.2.1- Métodos de muestreo	466
9.2.2- Descripción petrográfica	469
9.2.3- Otras propiedades generales	471
9.3- Propiedades geométricas	471
9.3.1- Granulometría	472
9.3.2- Forma	476
9.3.3- Caras de fractura	480
9.3.4- Coeficiente de flujo	481
9.3.5- Presencia de finos	481
9.3.5.1- <i>Ensayo del equivalente de arena</i>	482
9.3.5.2- <i>Ensayo de azul de metileno</i>	483
9.3.5.3- <i>Granulometría de los fillers</i>	484
9.4- Propiedades mecánicas y físicas	484
9.4.1- Densidad	485
9.4.2- Absorción de agua	488
9.4.3- Porosidad	489
9.4.4- Dureza.....	491
9.4.5- Desgaste	494
9.4.6- Pulimento	495
9.5- Propiedades térmicas y de alteración	498
9.5.1- Propiedades térmicas	498
9.5.2- Propiedades de alteración	500
9.6- Propiedades químicas	504
9.6.1- Composición química	505
9.6.2- Reacciones álcali-árido	507

CAPÍTULO 10. CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS

10.1- Introducción.....	511
10.2- Tipos de áridos reciclados.....	512
10.3- Propiedades de los áridos reciclados.....	516
10.3.1-Granulometría	516
10.3.2- Densidad	519
10.3.3- Absorción.....	523
10.3.4- Mortero adherido	527
10.3.5- Coeficiente Los Ángeles	529
10.3.6- Forma de las partículas	530
10.3.7- Impurezas	532
10.3.8- Resistencia a la helada	534
10.3.9- Composición química	534
10.3.9.1- Composición global	535
10.3.9.2- Contenido en cloruros	536
10.3.9.3- Contenido en sulfatos	538
10.3.9.4- Contenido en alcalinos	539
10.4- El Proyecto GEAR.....	541

CAPÍTULO 11. ÁRIDOS RECICLADOS PARA HORMIGÓN

11.1- Introducción	545
11.2- Los áridos en el hormigón	547
11.2.1- Influencia de los áridos en el hormigón fresco	549
11.2.1.1- Consistencia	549
11.2.1.2- Docilidad	554
11.2.1.3- Homogeneidad	554
11.2.2- Influencia de los áridos en el hormigón endurecido	558
11.2.2.1- Resistencias mecánicas	559
11.2.2.2- Densidad	559
11.2.2.3- Elasticidad	560
11.2.2.4- Permeabilidad	561
11.3- Requisitos de los áridos para la fabricación de hormigón	561
11.3.1- UNE-EN 12620: 2003	561
11.3.2- UNE-EN 206-1: 2000	562
11.3.3- EHE-08	562
11.3.3.1- Designación de los áridos	563
11.3.3.2- Tamaños máximo y mínimo del árido	563
11.3.3.3- Contenido en finos de los áridos	565
11.3.3.4- Forma del árido grueso	565
11.3.3.5- Requisitos físico-mecánicos.....	565
11.3.3.6- Requisitos químicos.....	566
11.3.3.7- Reactividad álcali-árido	567
11.4- Los áridos reciclados para hormigón en la normativa española	567

11.5- Los áridos reciclados para hormigón en otras normativas	571
11.6- Propiedades del hormigón con áridos reciclados.....	576
11.6.1- Propiedades del hormigón fresco	576
11.6.1.1- <i>Consistencia</i>	577
11.6.1.2- <i>Densidad</i>	583
11.6.1.3- <i>Contenido en aire</i>	584
11.6.1.4- <i>Permeabilidad</i>	586
11.6.1.5- <i>Exudación</i>	587
11.6.2- Dosificación de los componentes	587
11.6.2.1- <i>Contenido en agua</i>	587
11.6.2.2- <i>Contenido de cemento</i>	588
11.6.2.3- <i>Relación agua/cemento</i>	588
11.6.2.4- <i>Dosificación de los áridos reciclados</i>	591
11.6.2.5- <i>Contenido en aditivos y adiciones</i>	591
11.6.3- Propiedades del hormigón endurecido	591
11.6.3.1- <i>Densidad</i>	592
11.6.3.2- <i>Resistencia a compresión</i>	592
11.6.3.3- <i>Módulo de elasticidad</i>	615
11.6.3.4- <i>Resistencia a tracción indirecta</i>	625
11.6.3.5- <i>Resistencia a flexotracción</i>	630
11.6.3.6- <i>Retracción por secado</i>	635
11.6.3.7- <i>Fluencia</i>	640
11.6.4- Durabilidad	641
11.6.4.1- <i>Porosidad, absorción y permeabilidad</i>	642
11.6.4.2- <i>Reacción álcali-árido</i>	648
11.6.4.3- <i>Resistencia a los sulfatos y cloruros</i>	649
11.6.4.4- <i>Resistencia a la helada</i>	652
11.6.4.5- <i>Carbonatación</i>	654
11.7- Consideraciones finales sobre el uso los de áridos reciclados en la fabricación del hormigón.....	655
11.8- Construcción sostenible.....	658

CAPÍTULO 12. ÁRIDOS RECICLADOS PARA CARRETERAS

12.1- Introducción	661
12.2- Los áridos en la construcción de carreteras	664
12.3- El reciclado de pavimentos asfálticos	666
12.3.1- Reciclado en central	670
12.3.1.1- <i>Reciclado en central en caliente</i>	670
12.3.1.2- <i>Reciclado en central en frío</i>	672
12.3.2- Reciclado in situ	672
12.3.2.1- <i>Reciclado in situ en caliente</i>	673
12.3.2.2- <i>Reciclado in situ en frío</i>	674

12.3.2.3- <i>Reciclado in situ mixto</i>	675
12.3.2.4- <i>Reciclado con espuma de betún</i>	676
12.4- Requisitos de los áridos para la construcción de carreteras	676
12.4.1- UNE-EN 13242	676
12.4.2- UNE-EN 13043	677
12.4.3- PG-3	677
12.4.3.1- <i>Explanaciones</i>	678
12.4.3.2- <i>Zahorras</i>	680
12.4.3.3- <i>Suelos estabilizados</i>	682
12.4.3.4- <i>Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento)</i>	683
12.4.3.5- <i>Riegos de imprimación y riegos de curado</i>	684
12.4.3.6- <i>Lechadas bituminosas</i>	685
12.4.3.7- <i>Mezclas bituminosas en caliente</i>	686
12.4.3.8- <i>Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura</i>	687
12.4.3.9- <i>Pavimentos de hormigón</i>	687
12.4.3.10- <i>Hormigón magro vibrado</i>	688
12.4.4- Norma 6.1-IC	688
12.5- Los áridos reciclados para carreteras en la normativa española	691
12.5.1- Las normas UNE-EN 13242 y 13043	691
12.5.2- PG-3	691
12.5.2.1- <i>Zahorras</i>	692
12.5.2.2- <i>Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento)</i>	692
12.5.2.3- <i>Lechadas bituminosas</i>	693
12.5.2.4- <i>Mezclas bituminosas en caliente</i>	693
12.5.2.5- <i>Hormigón magro vibrado</i>	693
12.5.2.6- <i>Terraplenes y rellenos</i>	693
12.5.3- Norma 6.3-IC	694
12.5.4- PG-4	695
12.5.4.1- <i>Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas</i> ..	696
12.5.4.2- <i>Reciclado in situ con cemento de capas de firme</i>	696
12.5.4.3- <i>Reciclado en central en caliente de capas bituminosas..</i>	698
12.6- Aplicaciones de los áridos reciclados en los firmes de carretera	699
12.6.1- Utilización de áridos reciclados (RCD) en bases y subbases	701
12.6.2- Utilización de áridos reciclados (RCD) en capas de rodadura	709
12.6.3- Utilización de áridos reciclados (RAP) en capas de rodadura	715
12.6.4- Utilización de áridos reciclados (RCD y RAP) en terraplenes, rellenos y otros usos	726

CAPÍTULO 13. ÁRIDOS RECICLADOS PARA MORTEROS

13.1- Introducción	729
--------------------------	-----

13.2- Tipos de morteros	731
13.3- Los áridos en la fabricación de morteros	733
13.3.1- Tamaños	734
13.3.2- Granulometría	735
13.3.3- Requisitos físicos y químicos	736
13.3.4- Composición	736
13.4- Propiedades de los morteros	737
13.4.1- Trabajabilidad/Consistencia	738
13.4.2- Tiempo de utilización	739
13.4.3- Capacidad de retención de agua	740
13.4.4- Contenido en aire	740
13.4.5- Adherencia en estado fresco	740
13.4.6- Resistencias mecánicas	741
13.4.7- Adhesión	742
13.4.8- Absorción de agua	742
13.4.9- Durabilidad	743
13.4.10- Retracción	743
13.5- Los áridos reciclados para morteros en la normativa	744
13.6- Características de los morteros con áridos reciclados	744
13.6.1- Propiedades del mortero fresco	745
13.6.1.1- <i>Absorción de agua</i>	746
13.6.1.2- <i>Trabajabilidad/Consistencia</i>	747
13.6.1.3- <i>Contenido en aire ocluido</i>	749
13.6.2- Propiedades del mortero endurecido	750
13.6.2.1- <i>Porosidad</i>	750
13.6.2.2- <i>Resistencia a compresión</i>	752
13.6.2.3- <i>Resistencia a flexión</i>	757
13.6.2.4- <i>Adhesión del mortero a la unidad de fábrica</i>	759
13.6.2.5- <i>Retracción</i>	762
13.6.2.6- <i>Durabilidad</i>	764
13.6.3- Morteros de revoco/enlucido con áridos reciclados	772
BIBLIOGRAFÍA.....	777