



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TESIS DOCTORAL

Título
Uso y fomento del árido reciclado en hormigón estructural como oportunidad de mejora medioambiental y económica. Aplicación a la Comunidad Autónoma de La Rioja
Autor/es
Álvaro Navarro Calderón
Director/es
Eliseo Pablo Vergara González
Facultad
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial
Titulación
Departamento
Ingeniería Mecánica
Curso Académico
2013-2014



Uso y fomento del árido reciclado en hormigón estructural como oportunidad de mejora medioambiental y económica. Aplicación a la Comunidad

Autónoma de La Rioja, tesis doctoral

de Álvaro Navarro Calderón, dirigida por Eliseo Pablo Vergara González (publicada por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

- © El autor
- © Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2014
publicaciones.unirioja.es
E-mail: publicaciones@unirioja.es



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

**USO Y FOMENTO DEL ÁRIDO RECICLADO
EN HORMIGÓN ESTRUCTURAL COMO
OPORTUNIDAD DE MEJORA
MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICA.
APLICACIÓN A LA COMUNIDAD AUTÓNOMA
DE LA RIOJA**

Autor
Álvaro Navarro Calderón
Ingeniero de la Edificación

Director
Dr. Eliseo Vergara González

Logroño, 20 de mayo de 2014

RESUMEN

En los últimos años se está poniendo el alza una gestión más eficaz de los recursos naturales que tenemos y es por ello que cada vez la sociedad está más concienciada con el medio ambiente. En este trabajo se trata este tema desde el punto de vista de la construcción y en concreto el sector de los áridos, centrándonos en la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Para ello analizamos en primer lugar las características exigibles a los áridos reciclados, y la normativa que se le aplica, y se realiza una comparativa con la existente en otros países, principalmente de Europa.

En la siguiente parte de este trabajo se analiza la situación de los áridos naturales y reciclados, primero en diferentes países de Europa, donde en la mayoría de ellos existe un impuesto para la extracción del árido natural, el cual tiene un fin medioambiental, la reducción de la extracción de este material. También se analizará la situación en otros puntos de España, para finalmente analizar la situación existente en La Rioja, la cantidad de plantas de extracción, plantas de valorización y vertederos, su situación, su capacidad y su uso real, así como el análisis de los precios, para saber en qué parte de La Rioja es más viable el uso del árido natural o el uso del árido reciclado.

Para asegurarnos de que es posible la utilización de estos áridos reciclados, se analizará el árido reciclado obtenido de algunas de las plantas de La Rioja, y se realizaran ensayos para medir la resistencia, la absorción, la densidad y verificar que si es posible el uso de estos áridos. Esto es conveniente porque los áridos obtenidos en cada planta son diferentes, por un lado debido al método empleado para su obtención y por otro lado porque el material de origen nunca es uniforme ya que depende de su procedencia y del tipo de Residuos de la Construcción al que pertenece.

A la conclusión que llegamos es que es posible la utilización de estos áridos reciclados tanto para uso estructural como para otros fines, que tienen menor exigencia. Pero para que esto sea posible es necesaria que diferentes partes se involucren y la toma de medidas quizás que a corto plazo no gusten pero necesarias para salvaguardar nuestros recursos.

ABSTRACT

In recent years more effective management of natural resources we have are increasing and that are why society is becoming more aware of the environment. This paper deals with this issue from the point of view of construction and specifically the aggregates sector, focusing in La Rioja.

To do this, we first analyze the characteristics that required the recycled aggregates, and regulations that apply them, and makes a comparison with the regulations that exists in other countries, mainly in Europe.

In the next part it is analyzes the situation of natural and recycled aggregates, first in various European countries, where most of them there is a tax on the extraction of natural aggregate, which has an environmental purpose, the reduction extraction of this material. It will also analyze the situation in other parts of Spain, and finally analyze the situation in La Rioja, the amount of extraction plants, recovery and landfill plants, their situation, their ability and their actual use and analysis its prices to know where is more viable the use of natural aggregates or the recycled one.

To ensure that it is possible to use these recycled aggregates, recycled aggregate obtained from some plants of La Rioja will be analyzed, and undertake trials to measure the resistance, absorption, density and verify if it is possible to use these aggregates. This is convenient because the aggregates obtained on each processing plant are different, first because of the method used to obtain them and secondly because the source material is never uniform as it depends on their origin and the type of the Construction Waste belongs.

The conclusion reached is that it is possible to use these recycled aggregates for structural use and other purposes, which have less demanding. But, in order to make this possible it is necessary that different parties get involved and taking action in the short term may not like but need to safeguard our resources.

ÍNDICE

Resumen	III
Abstract	V
Capítulo I. INTRODUCCION	
1.1 Aspectos generales	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Resumen	4
Capítulo II. ESTADO DEL ARTE	
2.1 Introducción	5
2.2 Características del árido reciclado	12
2.2.1 Mortero adherido	12
2.2.2 Granulometría	13
2.2.3 Forma y textura superficial	16
2.2.4 Densidad	16
2.2.5 Absorción	18
2.2.6 Porosidad	21
2.2.7 Resistencia a la fragmentación	22
2.2.8 Resistencia a la helada	22
2.2.9 Contenido de cloruros	24
2.2.10 Contenido de sulfatos	25
2.2.11 Reacción álcali-árido	25
2.2.12 Contaminantes e impurezas	26
2.2.13 Distintas normativas sobre áridos reciclados	28
2.2.13.1 Estado actual en USA	28
2.2.13.2 Estado actual en Japón	29
2.2.13.3 Estado actual en Australia	30
2.2.13.4 Estado actual en la comunidad Europea	30
2.2.13.5 Estado actual en España	32
2.3 Dosificación del hormigón reciclado	38
2.3.1 Contenido de agua	39
2.3.2 Contenido de cemento	39
2.3.3 Relación agua-cemento	39
2.3.4 Relación árido fino-árido grueso	40
2.3.5 Adiciones	40
2.4 Propiedades del hormigón reciclado fresco	41
2.4.1 Consistencia	41
2.4.2 Densidad	44
	V

2.4.3 Aire ocluido	43
2.4.4 Exudación	44
2.5 Propiedades del hormigón reciclado endurecido	44
2.5.1 Densidad	44
2.5.2 Resistencia a compresión	44
2.5.3 Módulo de elasticidad	51
2.5.4 Resistencia a tracción	54
2.5.5 Resistencia a flexotracción	56
2.5.6 Resistencia a cortante	57
2.5.7 Retracción por secado	57
2.5.8 Fluencia	59
2.6. Durabilidad del hormigón reciclado	60
2.6.1 Porosidad, absorción y permeabilidad	60
2.6.2 Resistencia a la helada	61
2.6.3 Carbonatación	63
2.6.4 Resistencia a los sulfatos	63
2.6.5 Penetración de cloruros	64
2.6.6 Reacción álcali-árido	65
2.7 Conclusiones del estado del arte	66

Capítulo III MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Situación actual del árido en Europa	69
3.1.1 Inglaterra	70
3.1.2 Dinamarca	78
3.1.3 Suecia	83
3.1.4 Italia	90
3.1.5 República Checa	95
3.1.6 Otros países	99
3.1.6.1 Bulgaria	99
3.1.6.2 Estonia	100
3.1.6.3 Francia	100
3.1.7 Resumen	101
3.2 Situación actual en España	101
3.2.1 Mercado CE de los áridos	105
3.3 Situación actual y Normativa en La Rioja.	106
3.3.1 Generación y composición de RCD en La Rioja.	108
3.3.2 Infraestructuras de tratamiento y valoración	109
3.3.2.1 Proceso de producción de áridos reciclados	112
3.3.2.2 Plantas de valorización y vertederos	120

3.3.2.3 Gestión de los vertederos	126
3.3.3 Modelos de gestión, objetivos y medidas.	137
3.3.4 Estudio y Plan de gestión de RCD conforme al RD 105/2008	131
3.4 Minas y plantas de extracción en La Rioja. (PLAMINCAR 2005-2010)	140
3.4.1 Introducción	140
3.4.2 Marco legal	143
3.4.3 Las minas en La Rioja.	147
3.4.3.1 La geología de La Rioja	148
3.4.3.2 Los yacimientos minerales en La Rioja	152
3.4.4 La explotación de los recursos minerales en La Rioja	153
3.4.4.1 Las explotaciones mineras abandonadas.	153
3.3.4.2.1 Trabajo de campo	154
3.4.4.2 Las explotaciones mineras activas.	157
3.4.4.3 Los medios utilizados en la producción.	159
3.4.4.4 La situación ambiental	161
3.4.4.5 Análisis de los impactos ambientales	164
3.4.4.6 La situación minera	167
3.4.5 La problemática ambiental de las actividades extractivas	169
3.4.6 Diagnósticos y conclusiones	170
3.4.6.1 Diagnóstico de la situación en relación con medio ambiente y seguridad	172
3.4.6.2 Objetivos fijados en el Plan Director 2005-2010	182
3.5 Análisis económico	182
3.5.1 La evolución del mercado	182
3.5.2 Los precios de mercado	184
3.5.2.1 Los precios en La Rioja	184
3.5.2.2 Los precios en España	188
3.6 Obras realizadas	190
3.6.1 Árido procedente de hormigón	190
3.6.1.1 Experiencias es España	190
3.6.1.2 Experiencias en Países Bajos	192
3.6.1.3 Experiencias en Reino Unido	192
3.6.1.4 Experiencias en Bélgica	193
3.6.1.5 Experiencias en Alemania	193
3.6.1.6 Experiencias en Dinamarca	193
3.6.1.7 Experiencias en Japón	194
3.6.2 Árido procedente de residuos mixtos	194
3.6.2.1 Experiencias es Países Bajos	194
3.6.2.2 Experiencias en Alemania	195

3.6.2.3 Experiencias en Reino Unido	195
3.6.1.4 Experiencias en España	195
3.7 Estudio de la composición del hormigón	196
3.7.1 Cemento	196
3.7.2 Agua de hidratación	196
3.7.3 Áridos	198
3.7.3.1 Clasificación de los áridos	199
3.7.3.2 Designación de los áridos	200
3.7.3.3 Tamaño máximo y mínimo de un árido	201
3.7.3.4 Limitaciones del árido grueso para la fabricación del hormigón	202
3.7.3.5 Granulometría de los áridos	203
3.7.3.6 Forma del árido grueso	205
3.7.3.7 Requisitos físico-mecánicos	205
3.7.3.8 Requisitos químicos	206
3.7.3.8.1 Cloruros	206
3.7.3.8.2 Sulfatos solubles	207
3.7.3.8.3 Compuestos totales de azufre	207
3.7.3.8.4 Materia orgánica. Compuestos que alteran la velocidad de fraguado y el endurecimiento del hormigón	207
3.7.3.8.5 Estabilidad de volumen de las escorias de alto horno enfriadas por aire	208
3.7.3.8.6 Reactividad álcali-árido	208
3.7.4 Aditivos.	209
3.7.4.1 Aditivos que modifican la reología y el contenido de aire	210
3.7.4.2 Aditivos que modifican el fraguado y el endurecimiento	212
3.7.4.3 Aditivos que modifican la resistencia a las acciones físicas y químicas	213
3.7.4.4 Aditivos expansivos	213
3.7.4.5 Aditivos varios	214
3.7.5 Instrucción EHE 08	214
3.7.6 Adiciones	216
3.7.7 Uso de adiciones	217
3.7.8 Uso de adiciones en los áridos reciclados	218
3.8. Ensayos realizados	
3.8.1 Introducción	218
3.8.2 Estudio de los áridos	219
3.8.2.1 Procedencia de los áridos reciclados	219
3.8.2.2 Componentes del hormigón reciclado	219

3.8.2.2.1 Designación de los áridos	221
3.8.2.2.2 Tamaño máximo y mínimo de los áridos	221
3.8.2.3 Ensayos a realizar para la caracterización de los materiales	221
3.8.2.3.1 Granulometría de los áridos	221
3.8.2.3.2 Requisitos físico mecánicos	222
3.8.2.3.3 Condiciones físico-mecánicas	222
3.8.2.3.4 Requisitos químicos	223
3.8.2.3.5 Cloruros	223
3.8.2.3.6 Materia orgánica. Compuestos que alteran la velocidad de fraguado y el endurecimiento del hormigón	224
3.8.2.3.7 Reactividad álcali-árido	224
3.8.3 Programa de ensayos	225
3.8.4 Proceso de fabricación del hormigón.	226
3.8.5 Ensayos para la caracterización del hormigón.	227
3.8.5.1 Determinación de la densidad de los hormigones endurecidos.	227
3.8.5.2 Determinación de la absorción.	227
3.8.5.3 Determinación de la resistencia a compresión del hormigón.	228
3.8.5.4 Determinación de la penetración de agua bajo presión.	228
3.8.6.5 Determinación de la resistencia a tracción.	228

Capítulo IV DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1 Resultados de los ensayos.	229
4.1.1 Árido reciclado usado en los ensayos	229
4.1.2 Ensayos del hormigón.	232
4.2 Estudio de localización de los áridos respecto a los municipios riojanos	232
4.2.1 Minas y áreas de influencia	232
4.2.2 Plantas de reciclaje de RCDs y áreas de influencia	237
4.2.3 Resultados del estudio	239
4.3 Medidas a tomar	244
4.3.1 Quién tiene que tomar las medidas	244
4.3.2. Impuesto sobre los áridos	245
4.3.2.1 Valor del impuesto	246
4.3.3 La otra opción, subvención pública	248
4.4 Causas por las que no se usa árido reciclado	250
4.4.1 Limitación normativa estructural	250
4.4.2 Casos particulares	253

4.4.3 Inviabilidad económica	253
------------------------------	-----

Capítulo V CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones sobre el estado del arte	255
6.2 Conclusiones sobre el árido/hormigón reciclado	255
6.3 Conclusiones sobre los ensayos	256
6.4 Conclusiones sobre los datos	256
6.5 Conclusiones sobre las canteras	256
6.6 Conclusiones sobre el precio	257
6.7 Conclusiones sobre la administración	257

Capítulo VII BIBLIOGRAFIA	259
----------------------------------	-----

Anexo A Ensayos hormigón	265
---------------------------------	-----

Anexo B Listado general de los derechos mineros

Anexo C Fichas de minas y canteras de árido natural

Anexo D planos de extracción árido natural y reciclado

Anexo E Normativa aplicable y documentación

Listas de tablas, imágenes y gráficos

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1 ASPECTOS GENERALES

La utilización masiva de los recursos naturales por el hombre para su propio provecho ha sido una constante a través de los tiempos, colaborando de manera inconsciente en la degradación paulatina de su entorno y en el progresivo deterioro del medio natural en el que desarrolla sus actividades.

A partir de este punto parece obvia la necesidad de establecer políticas encaminadas al mejor aprovechamiento de dichos recursos y a su reutilización, en los casos en que sea posible, en los mismos usos o en otros distintos de aquello para los que inicialmente fueron concebidos.

La generación de Residuos de la Construcción y Demolición (RCDs) va estrechamente ligada a la actividad constructiva, aunque en la mayoría de los casos el volumen de los mismos se produce como consecuencias de derribos de edificaciones e infraestructuras que agotaron su vida útil o quedaron obsoletas.

La mayor parte de estos residuos se depositaban en vertederos, con frecuencia incontrolados, provocando un considerable impacto visual debido a la gran cantidad de espacio que ocupan y el escaso control ambiental de los terrenos en los que se depositan. Su

importante volumen hace que su gestión, valorización y reciclaje sea una tarea de creciente interés para la administración, y para la sociedad.

Los residuos de construcción y demolición son de naturaleza fundamentalmente inerte disponiendo, por lo tanto, de un poder contaminante relativamente bajo. Pueden tener su origen en el desarrollo de grandes obras de infraestructuras o en actividades como la demolición las reformas, las rehabilitaciones o la implantación de servicios. Por lo general proceden de derribos de edificios e infraestructuras o el rechazo de materiales de nueva construcción, reparación, remodelación, y rehabilitación, incluyendo las obras menores y de reparación domiciliaria.

Dichos residuos incorporan fundamentalmente hormigón, ladrillos, tejas, materiales cerámicos, madera, vidrio plástico, mezclas bituminosas, metales, piedras, tierras, yeso, papel y otros residuos procedentes de la construcción y de las demoliciones. Todos ellos aparecen codificados en el capítulo 17 de la Lista Europea de Residuos.

En la Comunidad Europea la gestión de los RCD se lleva a cabo de manera desigual ya que si bien hay países en los que se recicla un porcentaje importante de los residuos generados, como es el caso de los Países Bajos, en otras naciones el porcentaje reciclado es mínimo. La escasez de áridos, el incremento de las penalizaciones por vertido e incluso su prohibición, son causas que favorecen sin duda alguna el reciclado.

Sin embargo existen todavía bastantes países dentro de la Comunidad Europea con porcentajes de reciclado muy bajos. En España el porcentaje va creciendo lentamente y en torno al año 2007 era de un 15%, las instalaciones de reciclaje autorizadas produjeron y comercializaron, según la misma fuente 5 millones de toneladas de áridos reciclados durante el año 2007, la mayor parte destinada a rellenos y a restauración de espacios degradados (entre los que se contabiliza la restauración de las canteras).

La utilización de RCDs de hormigón provenientes de demolición de edificios o infraestructuras se ha venido utilizando en su gran mayoría en bases y sub-bases de carreteras, en rellenos, drenajes, camas de asiento de tuberías y hormigón en masa. En noviembre de 2002, a instancias de la Comisión Permanente del Hormigón, se constituyó el Grupo de Trabajo 2/5 Hormigón Reciclado con la finalidad de elaborar una serie de recomendaciones para la utilización de dichos residuos en hormigón estructural. Entre dichas recomendaciones se aconseja la utilización de árido reciclado procedente de hormigón convencional, se excluye el uso de árido reciclado en hormigón pretensado y se contempla la sustitución del árido grueso en cantidades no superiores al 20% sin necesidad de estudios y ensayos complementarios. Todas estas recomendaciones quedaron plasmadas en el anejo nº 15 de la instrucción EHE-08.

En la Comunidad Autónoma de La Rioja este problema se ve incrementado por la gran cantidad de minas a cielo abierto existente, debido al tipo de terreno en el valle del Ebro, aumentando así el impacto paisajístico antes mencionado de los vertederos.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es encontrar solución al escaso uso del árido reciclado y con ello evitar los daños medioambientales. Para encontrar una solución a este problema se realiza un triple análisis basándonos en tres líneas de investigación.

En primer lugar, estudiar las características del hormigón reciclado, sus propiedades, la normativa aplicable al hormigón realizado con este material. Esto se lleva a cabo realizando análisis de las características técnicas del material y ensayos destructivos. Así nos podemos centrar en los áridos reciclados generados en La Rioja a partir de RCD's y plantas de tratamiento y valorización de la comunidad. Con estos ensayos se quiere demostrar que la utilización de los áridos reciclados es viable técnicamente y posible en un porcentaje mayor al permitido actualmente.

La segunda línea de investigación son las minas o canteras a cielo abierto, para estudiar este tema se investiga tanto la información oficial obtenida a través del gobierno de La Rioja como la información proporcionada por las propias empresas de tratamiento de RCDs o de hormigón. Se realiza un estudio de las minas y plantas de tratamiento existentes por medio de visitas a las mismas y entrevistas, para buscar las conclusiones que nos acerquen a la realidad del momento y a posibles soluciones.

La tercera línea de investigación se centra en el aspecto económico. Como resultado al estudio de la utilización de los áridos reciclados en otros países, se llega a la conclusión de que un medio para fomentar su consumo es subvencionando su uso o penalizando el que no se use. De la misma manera que la administración debe ser la primera en dar ejemplo usando este material en las obras que realice.

Con este estudio se pretende dar a conocer el material, sus resultados y posibilidades, algo que es necesario para conseguir valores añadidos, incrementos de ventas y aumentar las tasas de reciclaje.

1.3 RESUMEN

Este trabajo esta dividido en cinco capítulos en los que se trata de hacer ver la realidad referente al árido reciclado.

En el primer capítulo, la introducción, se plantea la situación actual y las causas que llevan a este estudio así como los objetivos planteados y los medios para lograrlo.

En el segundo capítulo, el estado del arte, se realiza un estudio de la situación del uso del árido en otros países, se realiza un análisis de otros trabajos sobre el tema y se sistematiza la información existente.

En el tercer capítulo, materiales y método se detalla la información existente sobre la situación del árido reciclado en diferentes países y comunidades, centrándonos principalmente en La Rioja, ya que este es el objeto de estudio. La información de ha obtenido de datos oficiales del de organismos públicos y de plantas de valorización y extracción. La metodología que se ha llevado en este punto ha sido tanto cualitativa como cuantitativa.

El capítulo cuarto, discusión y resultado plantea los resultados a los que ha llegado por medio de las tres líneas de investigación principales, los ensayos, el estudio de las canteras y el análisis de los precios del árido.

Y como capítulo final, las conclusiones a las que se han llegado, clasificándolas por áreas. Con este trabajo se pretende llegar a saber si es posible el uso del árido reciclado para la construcción de manera habitual, y si es así, saber que medios, normativos, legislativos o económicos, necesitaríamos para fomentar su uso dentro de la Comunidad de La Rioja.

Capítulo II

ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de residuos que se producen en la construcción hace necesario, por motivos de sostenibilidad, la utilización de áridos reciclados para minimizar los efectos negativos que el sector produce en el medio ambiente

El uso de áridos reciclado no es nuevo, ya que comenzó alrededor de los años 60 cuando, tras acabar la II Guerra Mundial, como consecuencia de esta se produjeron una gran cantidad de desechos de las estructuras de hormigón que se utilizaron en los procesos de reconstrucción.

Actualmente se entiende por árido reciclado aquel que resulta del tratamiento del material inorgánico previamente utilizado en la construcción. Según el origen de los residuos pueden distinguirse áridos reciclados procedentes de hormigón, áridos reciclados procedentes de residuos cerámicos y áridos reciclados mixtos siendo estos últimos los obtenidos a partir de residuos de distinta naturaleza. El nivel de exigencia más restrictivo que se le impone al árido reciclado es para su utilización como hormigón estructural, limitando en este caso la procedencia únicamente a escombros de hormigón por ser estos los de mejor calidad.

Según el Anejo 15 de la EHE-08, el árido procedente de residuos de hormigón es el único factible para utilizarse en la fabricación de hormigón estructural. Para evitar la aparición de algunos efectos negativos por las impurezas en la resistencia y durabilidad del hormigón se deberán limitar ciertas propiedades. Los áridos procedentes de hormigón, son de tamaño superior a 4mm, y por lo general apropiados para fabricar hormigón siempre y cuando cumplan las especificaciones correspondientes a la aplicación concreta en la que vayan a ser empleados. A partir de ahora, nos referiremos al árido reciclado procedente de hormigón simplemente como, árido reciclado.

Se denomina hormigón reciclado al que se fabrica con árido reciclado o con mezcla de árido reciclado y árido natural. En la mayoría de los estudios consultados se ha determinado la influencia negativa de las propiedades del hormigón como consecuencia de la utilización de la fracción fina del árido reciclado. Por lo general se establece una comparación entre el hormigón fabricado con árido reciclado y un hormigón de control fabricado con la misma dosificación pero empleando árido natural.

El empleo de áridos reciclados en la fabricación de hormigón afecta a las propiedades del mismo. Los resultados obtenidos en su empleo para la fabricación de hormigón presentan diferencias como consecuencia de la heterogeneidad que presentan los distintos áridos reciclados con los que se fabrican.

En la actualidad pocos países disponen de normativa para el empleo de áridos reciclados en hormigón estructural. En ellas pueden observarse distintas tendencias en cuanto al contenido máximo de árido reciclado, a la calidad exigida al mismo o las limitaciones en cuanto a su utilización se refieren. La nueva instrucción EHE-08, publicada recientemente en nuestro país, incorpora en el Anejo 15 las especificaciones donde se regula la utilización de hormigones reciclados. Los estudios llevados a cabo en España con hormigón reciclado se han realizado principalmente en la Universidad Politécnica de Cataluña, en la Universidad Politécnica de Madrid, en la Universidad de La Coruña, en la Universidad de Cantabria, en la Universidad Politécnica de Valencia y en el Centro de Experimentaciones y Obras Públicas (CEDEX). La relación de estudios llevados a cabo hasta la fecha y sus principales aspectos quedan resumidos en la tabla 2.1.

Los trabajos reseñados coinciden en señalar la absorción junto al mortero adherido como las propiedades más relevantes que afectan en mayor medida a la producción y a las características del hormigón reciclado.

TRABAJO	RESULTADOS OBTENIDOS
<p>Estudio de la durabilidad del hormigón con árido reciclado en su aplicación como hormigón armado. Tesis doctoral (1996)</p> <p>Autor: Marilda Barra</p>	<ul style="list-style-type: none"> -La utilización de estos áridos reciclados procedentes mayoritariamente de hormigón puede quedar limitada frente a los convencionales debido a la mayor absorción que presentan. -El consumo de cemento para mantener la resistencia a compresión respecto a un hormigón dosificado con áridos convencionales aumenta. Dicho aumento oscila entre un 7,2% para resistencias más bajas y un 17,3% para las más altas. -La mayor porosidad del árido reciclado influye negativamente en la carbonatación del hormigón. - El módulo elástico en los hormigones reciclados estudiados es un 20% inferior a los de control. - La presencia de ladrillo en cantidad controlada favorece la resistencia hielo-deshielo del hormigón y no influye negativamente en la resistencia a compresión hasta un límite del 40%. - Establece un nuevo procedimiento para determinar la cantidad de mortero adherido del árido reciclado.
<p>Caracterización de residuos de construcción y demoliciones de la comunidad de Madrid como áridos reciclados para la fabricación de hormigones. Tesis doctoral. (2001)</p> <p>Autor: José Luis Parra y Alfaro</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La combinación de restos de hormigón y ladrillo como material reciclado alcanzó, con resultados aceptable el 40% de este último material. - Es conveniente, para la obtención de buenos resultados en los hormigones reciclados, no superar sustituciones del árido grueso del 50%. -Debido a los elevados valores de la absorción de agua se sugiere la saturación previa a la preparación del hormigón para garantizar su trabajabilidad. - La resistencia a compresión en los hormigones reciclados ensayados es equiparable a la de los convencionales con sustituciones de hasta el 60% del árido grueso con un 20% de residuos procedentes del ladrillo. -La penetración de agua es similar a la de los hormigones convencionales.

Tabla 2.1: Estudios sobre áridos reciclados llevados a cabo en España

TRABAJO	RESULTADOS OBTENIDOS
<p>Comportamiento tenso-deformación instantáneo y diferido de hormigón con árido reciclado. Tesis doctoral (2002)</p> <p>Autor: José Manuel Gómez Soberón</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alguna propiedad de los áridos reciclados procedentes de hormigón no cumple alguna de las prescripciones correspondientes a los áridos naturales aunque pueden emplearse en la fabricación de hormigón. - Las propiedades de los áridos reciclados que más control necesitan por su mayor diferencia respecto de las de los áridos naturales son la densidad, la absorción y la porosidad. - Desde el punto de vista de las tensiones y deformaciones el hormigón reciclado tiene que ser considerado como un mortero nuevo, mortero de material reciclado, mortero enlazado con áridos y áridos naturales. Sus propiedades físicas y mecánicas dependerán de las de dichos componentes, de su mecanismo de interacción y de sus fracciones de volumen. - Los hormigones reciclados pueden llegar a incrementar su volumen de vacío inversamente proporcional a su tamaño de poro. El origen del incremento de dicha porosidad radica en el mortero adherido al árido.
<p>Hormigones con áridos reciclados procedentes de demoliciones: dosificaciones, propiedades mecánicas y comportamiento estructural a cortante. Tesis doctoral (2002)</p> <p>Autor: Belén González Fonteboa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La absorción en los áridos reciclados empleados presenta valores superiores a los convencionales. La densidad de los mismos es inferior en un 10%. - Sustituciones del árido grueso por árido reciclado proporcionan hormigones reciclados estructurales adecuados. - Para conseguir la trabajabilidad adecuada en los hormigones reciclados estudiados se aumenta la cantidad de agua por lo que para mantener la misma relación a/c aumenta el consumo de cemento. - Los hormigones reciclados con adición de humo de sílice experimentaron calores más altos en la resistencia a compresión. - El módulo de elasticidad disminuye en los hormigones reciclados. - La absorción en los hormigones con áridos reciclados es superior a la del hormigón convencional. No se observan mejoras con la adición de humo de sílice.

Tabla 2.1: Estudios sobre áridos reciclados llevados a cabo en España. (Continuación)

TRABAJO	RESULTADOS OBTENIDOS
<p>Diseño de nuevos materiales procedentes del reciclaje de escombros de construcción demolición. RUE (residuos urbanos de edificación) y RAHA (residuos aglomerados hidráulicos asfálticos). Tesis doctoral (2003)</p> <p>Autor: Francisco Gilbert</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Debido a los altos niveles de la absorción que presentan los áridos reciclados empleados recomiendan una saturación previa sumergiéndolos entre 10 y 15 minutos en agua para garantizar la trabajabilidad. - La utilización de árido reciclado debe restringirse a la fracción gruesa. - La dosificación del hormigón se realiza de manera similar a la de un hormigón convencional. - Un porcentaje máximo del 20% de sustitución del árido grueso por árido reciclado grueso no provoca caídas en los valores de la resistencia a compresión del hormigón. - Establece el 7% como límite de la absorción en los áridos reciclados para cumplir las prescripciones de nuestra Instrucción. - Establece coeficientes correctores para la resistencia a compresión del hormigón cuando la sustitución del árido reciclado alcanza valores del 50% y del 100%. Dichos coeficientes son 0,90 y 0,85 respectivamente.
<p>Estudio sobre la utilización de árido para la fabricación de hormigón estructural. Tesis doctoral (2004)</p> <p>Autor: Marta Sánchez de Juan</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del árido reciclado depende de la cantidad de mortero adherido y en menor medida de la resistencia del hormigón original. - La utilización de árido reciclado debe restringirse a la fracción gruesa. - La dosificación del hormigón se realiza de manera similar a la de un hormigón convencional. - Un porcentaje máximo del 20% de sustitución del árido grueso por árido reciclado grueso no provoca caídas en los valores de resistencia a compresión del hormigón. - Establecen el 7% como límite de la absorción para los áridos reciclados para cumplir las prescripciones de nuestra instrucción. - Establece coeficientes correctores para la resistencia a compresión del hormigón cuando la sustitución del árido reciclado alcanza valores del 50 % y del 100 %. Dichos coeficientes son 0,90 y 0,85 respectivamente.

Tabla 2.1: Estudios sobre áridos reciclados llevados a cabo en España. (Continuación)

TRABAJO	RESULTADOS OBTENIDOS
<p>Estudio experimental preformativo sobre la utilización de los residuos de la construcción y demoliciones en hormigón reciclado de aplicación estructural. (2005-2007)</p> <p>Coordinadora: Pilar Alaejos Gutiérrez.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trata de definir las condiciones que debe reunir el árido reciclado para su empleo en hormigón estructural. - Trata de establecer procedimientos de diseño, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón con áridos reciclados. - La utilización de áridos reciclados saturados en la fabricación del hormigón favorece la trabajabilidad del hormigón. -La utilización de áridos saturados provoca ligeros descensos de la resistencia a compresión del hormigón mientras que si se utilizan áridos reciclados secos la resistencia a compresión del hormigón mejora. - Se observaron descensos en el valor del módulo de elasticidad en los hormigones reciclados. Dicha disminución se incrementa a medida que aumenta el porcentaje de sustitución del árido reciclado. - La deformación a carga constante es más evidente al aumentar el porcentaje de sustitución. - Las deformaciones están por debajo de las estimadas por diferentes modelos cuando el porcentaje de sustitución es del 20%. Cuando el porcentaje de sustitución es del 50% o del 100% las deformaciones se aproximan a la previstas por el código modelo. - La durabilidad tiende a reducirse proporcionalmente al de sustitución del árido reciclado cuando se sobrepasa el 20% de sustitución.

Tabla 2.1: Estudios sobre áridos reciclados llevados a cabo en España. (Continuación)

TRABAJO	RESULTADOS OBTENIDOS
<p>Estudio sobre los residuos de construcción y demolición en Galicia: método de estimación de la producción anual y usos posibles para su reciclaje (2006).</p> <p>Autora : Isabel Martínez Lage</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se diseñó un método general para estimar la generación y compensación en residuos de construcción y demolición aplicable a cualquier ámbito territorial. - Se estudió la viabilidad del uso de áridos reciclados mixtos en la fabricación de suelo de cemento. - Debido a la mayor absorción de los áridos reciclados la humedad óptima del suelo cemento fabricado con áridos reciclados es mucho mayor que la del fabricado con áridos convencionales. - Al añadir la fracción 5/20 mm saturada con superficie seca y mantener constante la cantidad, la resistencia a compresión de las probetas de suelo cemento aumenta con respecto a la que tienen si no se satura dicha fracción. - La trabajabilidad del suelo cemento aumenta cuando se fabrica con la fracción 5/20 mm saturada. - La resistencia a compresión del suelo cemento disminuye al aumentar el plazo entre el amasado y el compactado independientemente de saturar o no la fracción 5/20mm.
<p>Proyecto para la elaboración de la Guía Española de áridos Reciclados (2008-2010).</p> <p>Coordinador científico: E. Vázquez</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Este proyecto se encuentra en la fase inicial y pretende normalizar los productos reciclados de RCD y sus usos en la obra pública y privada. - Se elaborará una guía con las prescripciones técnicas exigibles a las principales aplicaciones de los áridos procedentes de residuos de construcción y demoliciones. - Se realizará un estudio técnico y estadístico para caracterizar los productos obtenidos procedentes de áridos reciclados así como sus posibles aplicaciones. - Se realizará un estudio científico de análisis de impacto ambiental de los áridos reciclados. Se definirán métodos e indicadores de control de calidad ambiental. - Se realizarán estudios de aplicación experimental para analizar el comportamiento de los áridos reciclados en obra.

Tabla 2.1: Estudios sobre áridos reciclados llevados a cabo en España. (Continuación)

Dichos trabajos coinciden básicamente en señalar el 20% como el límite del porcentaje de sustitución del árido grueso natural por árido reciclado sin que se vean afectadas las características del hormigón endurecido. A partir de dicho límite se observa un descenso en los valores de estas características, haciéndose más notable al aumentar el porcentaje de sustitución. La disminución de las propiedades mecánicas, según aumenta el porcentaje de sustitución, se hace más evidente en el módulo de elasticidad del hormigón reciclado.

Algunos de los trabajos se centran en otras posibles aplicaciones de los áridos reciclados como el suelo cemento o la fabricación de hormigones magros vibrados destacando una vez más, la absorción como la propiedad de los áridos reciclados que más negativamente influye en este tipo de aplicaciones.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁRIDO RECICLADO

2.2.1 MORTERO ADHERIDO

La principal diferencia entre los áridos reciclados y los áridos naturales estriba en la cantidad de mortero adherido que incorporan los primeros debido al hormigón original del que proceden. La cantidad de mortero adherido hace que los áridos reciclados presenten propiedades distintas a los naturales que se reflejan en un aumento de la absorción de agua, menor densidad, menor resistencia, menor dureza y una menor resistencia a la fragmentación. El hormigón fabricado con ellos estará directamente condicionado por dichas propiedades.

No existe un procedimiento normalizado para evaluar estas cantidades aunque suelen emplearse métodos que tratan de eliminarlo de la superficie del árido original para, mediante diferencia de pesadas antes y después de su eliminación, establecer el porcentaje en peso que corresponde al mortero adherido al árido. Otra forma de evaluarlo consiste en fabricar un hormigón nuevo con los áridos reciclados y con el cemento coloreado. Una vez cortadas las probetas en rebanadas y pulidas sus caras se procede a evaluar mediante un planímetro la superficie del mortero adherido distinguiéndose del nuevo por su coloración. De esta forma puede estimarse el volumen del mismo.

A continuación se recogen los valores, obtenidos en diversos estudios, correspondientes a la cantidad de mortero adherido en áridos reciclados. En todos ellos puede observarse el incremento de dicha cantidad conforme disminuye el tamaño del árido repercutiendo negativamente en sus propiedades. La calidad del hormigón de origen apenas influye en la cantidad de mortero adherido, observándose porcentajes ligeramente mayores en aquellos áridos que proceden de hormigones con resistencias elevadas. La reducción de la cantidad de mortero adherido puede lograrse mediante trituraciones sucesivas.

Referencia	% Mortero Adherido	Tamaño árido
Ravindrarah 87	54% (a/c =0,51)	5/37,5 mm
Ravindrarah 88	20%	20/30 mm
	45-65%	<0,30 mm
Yagishita 1993	40,2 % (a/c =0,45)	10/20 mm
	51,7%	12/20 mm
Barra M. 1996	52,9%	6/12 mm
Nagataki 2000	52,3 %	AG
	40,5 %	10/20 mm
Vázquez E. 2002	49,5 %	5/10 mm
Sánchez M. 2005	30,8 %	4/16 mm

Tabla 2.2 Mortero adherido en áridos reciclados según diversos autores.

2.2.2 GRANULOMETRÍA

Para la clasificación por tamaños de las distintas fracciones se siguen las recomendaciones de la EHE en la que se prescribe el empleo de la UNE EN 933-2:96, que establece como serie básica de tamices la formada por los siguientes: 0,063-0,125- 0,250-0,500-1-2-4-8-16-31,5-63-125 mm. Para el árido fino, la Instrucción utiliza únicamente los tamices de dicha serie. Para el árido grueso, utiliza además los tamices 10-20-40 mm, que están incluidos en la serie complementaria R 20 admitida por la indicada Norma, y que tienen una larga tradición de empleo en España.

La granulometría del árido reciclado depende fundamentalmente del sistema de trituración que se haya empleado en su proceso de producción. Las trituradoras de impacto, por lo general, son las que permiten alcanzar reducidos tamaños en los áridos produciendo como consecuencia mayor cantidad de finos. A estas trituradoras las siguen las de conos con una producción de finos inferior y las machacadoras de mandíbulas

La cantidad de árido grueso generado oscila entre el 70% y el 90% de la producción. Por lo general, esta fracción gruesa se ajusta a los requerimientos que exigen las normativas vigentes quedando enmarcada dentro de los husos granulométricos de referencia establecidos en ellas. Es evidente que el tamaño obtenido en la trituración depende fundamentalmente del tamaño que tenía el hormigón de procedencia. Los áridos reciclados presentan formas angulosas debido al proceso de machaqueo y un aspecto rugoso como consecuencia del mortero adherido a ellos.

Para el mismo tamaño máximo de árido, un árido reciclado experimenta pequeñas variaciones de su módulo granulométrico si el sistema de trituración empleado ha sido el mismo que para el árido natural.

Como consecuencia de la disgregación que sufre el árido grueso reciclado durante su transporte y almacenamiento, una vez cribado se siguen obteniendo porcentajes muy reducidos de arena debido a su mayor friabilidad. Dichos valores oscilan entre el 0,5% y el 2%. Esta fracción fina se caracteriza por presentar un elevado contenido de mortero influyendo negativamente en las propiedades del hormigón.

En áridos naturales la EHE admite un 10% de desclasificados inferiores. Para áridos reciclados dicho porcentaje debe ser menor debido a los efectos perjudiciales que ocasionan en las propiedades del hormigón.

El porcentaje de desclasificados inferiores en áridos reciclados establecido por el anejo 15 de la EHE 08 tiene como límite el 10% debiendo ser el contenido de partículas que pasan por el tamiz de 4 mm no superior al 5%. Esta última especificación coincide con las especificaciones de Hong Kong y con las recomendaciones Rilem.

El porcentaje de finos generado, al desprenderse pequeñas partículas de mortero durante la manipulación del árido grueso reciclado, varía entre el 0,27% y el 1,14% según estudios realizados en nuestro país. Nuestra Norma establece el límite, en relación a la cantidad de finos admisible, en el 1% del árido grueso observándose que dichos valores quedan por debajo del mismo en la mayoría de los casos. El problema que plantean los finos, al estar presentes en exceso en la superficie del árido, es que la adherencia entre el árido y la pasta de mortero decrece. Por otra parte hace que la cantidad de agua de amasado aumente.

La norma inglesa establece el límite de finos en el 5% cuando el árido reciclado proviene exclusivamente de hormigón, reduciendo dicho valor al 3% si el árido reciclado proviene de material cerámico o mezcla de ambos.

La norma alemana establece la limitación de la cantidad de finos en el 4%.

La norma belga establece la cantidad límite de finos en el 5% si los áridos reciclados tienen su origen en residuos cerámicos. Dicha cantidad se reduce al 3% si el origen, en su mayor parte, son escombros de hormigón. El tamiz que los clasifica es el de 0,08 mm.

La RILEM establece el límite de finos para los áridos procedentes en su mayoría de escombros de fábrica de ladrillo en el 3%. Si los áridos proceden en su mayoría de escombros de hormigón, con un contenido en materiales cerámicos inferior al 10%, o están formados por

una mezcla con un porcentaje superior o igual al 80% de áridos naturales, con un límite de un 10% de residuos cerámicos y un 20% de residuos procedentes de escombros de hormigón, la cantidad de finos no ha de ser superior al 2%.

Algunos países especifican los husos granulométricos entre los que ha de quedar encuadrada la granulometría del árido reciclado. Al respecto se incluyen las siguientes tablas correspondientes a las recomendaciones japonesas y a la normativa belga. En las tablas 2.4, 2.5 y 2.6 se recogen las granulometrías correspondientes al uso de áridos reciclados.

máx	% en peso que pasa								
(mm)	50	40	30	25	20	15	10	5	2,5
40	100	95-100	-	-	35-75	-	10-30	-5	-
25	-	-	100	95-100	-	30-75	-	0-10	0-5
20	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5

Tabla 2.3 Norma japonesa. Granulometría de áridos reciclados para fabricar hormigones en obra civil.

T máx	% en peso que pasa					
(mm)	30	25	20	10	5	2,5
25	100	90-100	50-90	10-60	0-15	0-5
20	-	100	90-100	10-60	0-15	-

Tabla 2.4 Norma japonesa. Granulometría de áridos reciclados para fabricar hormigones en edificación.

T máx	% en peso que pasa								
(mm)	63	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,25
0-4	-	-	-	-	100	90-98	-	50-85	0-20
4-8	-	-	-	100	90-100	0-20	0-2	-	-
4-16	-	-	100	95-100	30-65	0-15	0-5	0-4	-
4-32	100	98-100	70-95	45-75	15-40	0-10	-	0-4	-
8-16	-	-	100	90-100	0-20	0-2	-	-	-
16-32	100	90-100	-	0-20	0-2	-	-	-	-

Tabla 2.5 Norma belga. Husos granulométricos para el árido reciclado.

2.2.3 FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL

Por lo general el coeficiente de forma del árido grueso reciclado supera el valor de 0,20, correspondiente al menor valor establecido por la EHE, como así lo atestigua la bibliografía consultada.

Las partículas de árido reciclado obtenidas suelen presentar una textura más rugosa y porosa que la de los áridos naturales debido a la presencia de mortero adherido a la superficie del árido origen. Estas circunstancias hacen que los hormigones que se fabriquen con ellos presenten problemas de trabajabilidad.

Si para determinar la forma del árido grueso se empleó el método del índice de lajas se obtienen valores menores en el árido reciclado. Quizás pueda deberse a que el espesor de las partículas aumente debido a la acumulación de mortero en las caras planas de las partículas con forma de laja. De esta forma se reduce el porcentaje de lajas. La EHE establece el 35% como el valor mayor que puede tomar el índice de lajas.

El coeficiente de forma de las partículas se ve directamente afectado por el sistema de trituración empleado en la obtención del árido reciclado. Las machacadoras de mandíbulas proporcionan áridos reciclados con un coeficiente de forma más adecuado que las trituradoras de impactos o de conos.

2.2.4 DENSIDAD

La densidad del árido reciclado es menor que la del árido convencional ya que el primero presenta una capa de mortero adherido cuya densidad es inferior a la del árido. La fracción fina obtenida es la que menor densidad tiene debido a la mayor cantidad de mortero adherido que poseen sus partículas por unidad de peso.

Los factores más influyentes sobre la densidad son: el proceso de producción del árido, el tamaño de las fracciones obtenidas y su grado de contaminación.

Si en el proceso de fabricación del árido reciclado se empleó una trituradora de impactos, el valor obtenido en la densidad del árido reciclado grueso es ligeramente superior que en los casos en que para su obtención se hayan empleado trituradoras de conos o machacadoras de mandíbulas. Esto es debido a que la trituradora de impactos elimina mejor el mortero adherido en el árido grueso. Sin embargo, en la producción del árido fino son los otros sistemas de trituración los que permiten obtener mejores resultados, obteniéndose valores de la densidad mayores.

Combinando varias trituradoras diferentes, en el proceso de producción se obtienen áridos reciclados de muy buena calidad ya que se consigue reducir en mayor proporción la cantidad de mortero adherido a los áridos originales. Así, en la bibliografía consultada dichos áridos alcanzan un valor correspondiente al 90% de la densidad del árido natural, después de haberlos sometido a dos etapas sucesivas de triturado mediante machacadora de mandíbulas y trituradora de impactos. Dicho valor alcanza el 95% cuando son cuatro las etapas de trituración.

La densidad en las fracciones más gruesas del árido reciclado es algo mayor que en las fracciones finas. De los datos obtenidos en la bibliografía puede observarse que incluso en las mismas fracciones granulométricas los resultados presentan gran disparidad. Sin duda se debe a la distinta naturaleza de los áridos con los que se fabricaron los hormigones originales. Aun así puede concluirse que la densidad aumenta con el tamaño.

En la tabla 2.7 se resumen los valores obtenidos en los diferentes estudios consultados.

La evaluación de la densidad del árido reciclado grueso se realiza utilizando la norma UNE-EN 1097-6 "Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua".

Referencia	Densidad kg/m ³	
	Árido reciclado	Árido natural
Rasheeduzzafar 1984	2280 G	2550 G
Ravindrarajah 1984	2490 G	1670 G
Kashino 1988	2420 G	-
Nishbayashi 1988	2420-2320 G	2700 G
Nixon 1993	2350-2320 G	2630 G
Knight 1998	2630-2390 G	-
Park 1999	2450- 2400 G	2650 G
Katz 2000	2550-2320 G	-

Referencia	Densidad kg/m ³	
	Árido reciclado	Árido reciclado
Dos Santos 2002	2360-2320 G	2630 G
Poon C.S 2002	2470-2350 G 2390-2260 G	2570 G 2520 F
Kou S.C 2004	2570-2490 G	2820 G
Jianzhuang X. 2004	2520 G	2820 G
D. Sani 2004	2350 G	-
D. Sani 2004	2280 F	-
Sánchez M. 2004	2160-2340 G	2600-2610 G
Tsung-Yueh Tu 2005	2480 G 2340 F	- 2580 F
Poon C.S 2005	2310 F	-
Evangelista 2007	2165 F	2560 F

Tabla 2.6 Densidad de áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores.

2.2.5 ABSORCIÓN

La absorción en los áridos reciclados alcanza valores muy superiores a los obtenidos en los áridos naturales. Sin duda alguna esto es debido a la cantidad de mortero adherido que presentan dichos áridos. En áridos naturales los valores de la absorción oscilan entre un 0% y un 4% mientras que en los diferentes estudios consultados los valores obtenidos en áridos reciclados van desde un 3,3% hasta un 13% aunque, por lo general, la mayoría sobrepasa el valor límite de un 5% establecido por la EHE 08.

El tamaño del árido reciclado influye de manera decisiva sobre la absorción. En las fracciones más finas la absorción es mayor, ya que en ellas la cantidad de mortero adherido es superior que en las fracciones más gruesas, siendo más acusado dicho efecto cuanto menor sea la densidad del árido reciclado, tal y como puede comprobarse en el figura 2.6.

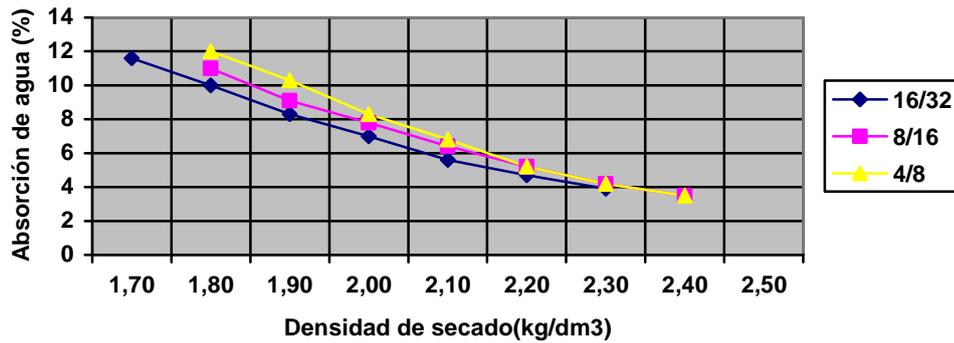


Gráfico 2.1 Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridos 10 minutos.

Una vez transcurridas 24 horas, puede observarse en la figura 2.7, que la absorción sigue presentando valores claramente diferenciados, según el tamaño del árido reciclado, en densidades bajas. Dicha diferencia prácticamente se anula para densidades más elevadas.

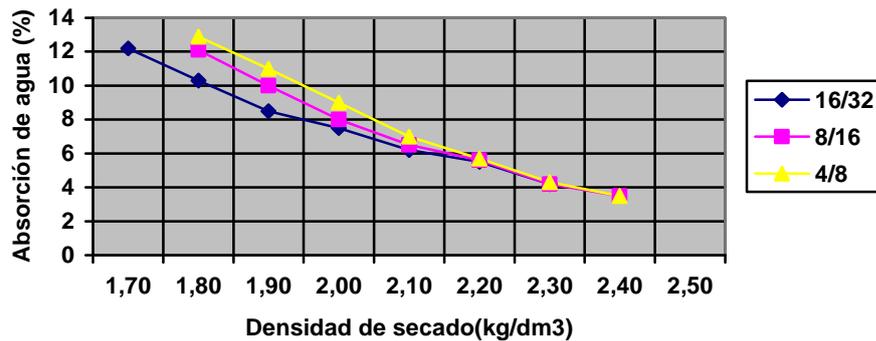


Gráfico 2.2 Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridos 24 horas.

También, el sistema empleado en el procesado de los RCDs para la obtención de áridos reciclados permite reducir la absorción, ya que a medida que los RCDs pasan por diferentes trituradoras la cantidad de mortero adherido a los áridos disminuye. Algún estudio realizado ha obtenido valores de la absorción algo mayores cuando se utilizan machacadoras de mandíbulas o molinos de impacto.

Cuando los áridos reciclados proceden de hormigones que presentaban resistencias elevadas la absorción es menor que en los de resistencias más bajas.

En la tabla 2.8 quedan reflejados los valores obtenidos para la absorción en la bibliografía consultada.

La absorción en los áridos reciclados puede determinarse utilizando la norma UNE-EN 1097-6 “Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua”.

La RILEM establece una absorción máxima para el árido tipo II (90% de residuos de hormigón y un 10% de residuos cerámicos) igual al 10% y para el árido tipo III (mezcla con un mínimo del 80% de áridos naturales y el resto residuos de hormigón o cerámicos) establece un valor máximo igual al 3%.

Referencia	Densidad kg/m ³	
	Árido reciclado	Árido natural
Rasheeduzzafar 1984	8,51 G	4,11 G
Ravindrarahah 1984	5,68 G	0,30 G
Kashino 1988	5,98-5,47 G	-
Nishbayashi 1988	8,1-6,8 G	-
Kikuchi 1993	5,1-4 G	0,9 G
Knight 1998	5,7-5,4 G	-
Park 1999	4,8-3,8 G	0,5 G
Katz 2000	8-3,3 G	-
Dos Santos 2002	5,5-4,9 G	1,14 G
Poon C.S 2002	7,60 G 14,21 F	1,25 G 1,01 F
Kou S.C 2004	4,26-3,52 G	1,12-1,11 G
Jianzhuang X. 2004	9,25 G	0,4 G
D. Sani 2004	2350 G	-
D. Sani 2004	7,4 G 15,8 F	- -
Sánchez M. 2004	6,10 G	1,99 G

Tsung-Yueh Tu 2005	5 G	-
	10 F	1 F
Poon C.S 2005	10,3 F	-
Evangelista 2007	13,1 F	0,8 F

Tabla 2.7 Absorción en áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores.

Las especificaciones belgas establecen una absorción máxima del 9% para el árido reciclado denominado GBSB-II que es similar al árido tipo II especificado por la RILEM. Para el árido reciclado GBSB-I que procede en su mayoría de residuos cerámicos la absorción máxima exigida es del 9%.

En Japón, para los áridos reciclados empleados en la fabricación de hormigón, se establece un valor máximo de la absorción según su tipo y su tamaño máximo. Dichos valores quedan recogidos en la tabla siguiente:

Tipo	Absorción	
	AG	AF
I Calidad elevada. Uso en hormigón armado	<3	<5
II Calidad media. Hormigón en masa o soleras	<3	<10
III Calidad inferior. Hormigones pobres	<7	

Tabla 2.8 Valores de la absorción según la norma japonesa.

2.2.6 POROSIDAD

Al igual que la absorción, la porosidad del árido reciclado presenta desventajas con respecto al árido natural debido a la doble composición que presenta: árido natural y mortero adherido.

Estudios realizados han logrado, con el uso de separadores de densidad industriales, seleccionar áridos reciclados procedentes de construcción y demolición con densidades superiores a 2,2 kg/dm³, produciendo áridos con baja porosidad (menos del 17%, con un promedio del 6,7%), permitiendo la producción de árido reciclado con un buen rendimiento para la producción de hormigón.

2.2.7 RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN

El coeficiente de Los Ángeles en áridos reciclados presenta valores superiores debido a que en dicho ensayo no solamente se produce la correspondiente pérdida de peso del árido natural sino también la derivada de eliminar la totalidad del mortero adherido.

En las fracciones más finas el coeficiente de Los Ángeles es mayor debido a que, como ya se ha comentado con anterioridad, el porcentaje de mortero adherido es mayor.

Mediante el empleo de trituraciones sucesivas se logra mejorar la calidad del árido y obtener un coeficiente de Los Ángeles con valores más próximos a los del árido natural.

El hormigón del que proceden los áridos reciclados también influye en el valor obtenido en el ensayo observándose que, al aumentar la resistencia, el valor del coeficiente de Los Ángeles disminuye. En la tabla siguiente se recogen algunos valores para dicho coeficiente reflejados en los estudios consultados.

Referencia	Tamaño árido	Coefic. de Los Ángeles %	
		Ár. convecional	Ár. reciclado
Ravindrarahah	37,5/5 mm	18,1	37
1987			
Barra	20/12 mm	24,7	31
	12/6 mm	20,4	29,5
Yamato 2000	AG	19,4	30,1
González B. 2002	25/12	27	34
Sánchez M. 2005	4/16	35,8	38,9

Tabla 2.9: Coeficiente de Los Ángeles en áridos reciclados según diversos autores

La evaluación de la resistencia a la fragmentación en los áridos reciclados puede realizarse mediante la norma UNE-EN 1097-6 "Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación".

2.2.8 RESISTENCIA A LA HELADA

La resistencia a los ciclos de hielo y deshielo suele estar relacionada con la resistencia de las partículas de los áridos y la distribución de los poros en las mismas. Los áridos reciclados suelen experimentar una pérdida de peso mayor que los áridos naturales, como

consecuencia del mortero que llevan adherido a la matriz rocosa, al ser sometidos a diez ciclos de hielo-deshielo en agua o a cinco ciclos en una solución de sulfato magnésico.

Cuando el ensayo se realiza utilizando soluciones de sulfato sódico o magnésico cabe señalar que algunos estudios ponen de manifiesto que los resultados pueden dejar de ser representativos debido a que dichas soluciones producen un efecto químico destructivo sobre la pasta de cemento.

Algunos estudios realizados en Japón ponen de manifiesto que los áridos reciclados sobrepasan las limitaciones impuestas a los áridos naturales en lo referente a la resistencia a la helada. En otro trabajo se observa que en hormigones reciclados procedentes de áridos utilizados en pavimentos de hormigón, la pérdida de peso por tratamiento con sulfatos ha estado entre el 0% y el 2%.

Los estudios consultados proporcionan unos valores de pérdida de peso comprendida entre el 2% y el 22% sobrepasando en algunas ocasiones el límite del 18% establecido en la EHE.

La utilización de áridos reciclados procedentes de pavimentos de hormigón hace que el comportamiento frente a la helada sea mejor debido probablemente a la incorporación de aireantes en el hormigón y a la buena calidad del árido que suele emplearse con esta finalidad.

Como comentamos para propiedades anteriores también se observa que de hormigones que presentan elevadas resistencias se obtienen áridos gruesos reciclados con mejor comportamiento a la helada, aunque cuando la relación a/c toma valores superiores a 0,55 la pérdida de peso aumenta notablemente.

Si el proceso de obtención del árido consistió en realizar varias trituraciones sucesivas el comportamiento del producto final será muy parecido al del árido natural. Una única trituración llevada a cabo mediante una trituradora de impacto proporciona valores comprendidos entre el 23% y el 32% de pérdida de masa en el árido grueso. Si el procesado se realiza mediante dos trituraciones consecutivas dichos valores se reducen entre el 6% y el 18%.

Como ya hemos hecho referencia en párrafos anteriores los ensayos físicos para evaluar la resistencia a los ciclos de hielo y deshielo pueden efectuarse mediante la norma UNE-EN 1367-1 "Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte1: Determinación de la resistencia a ciclos de hielo y deshielo" y mediante la norma UNE-EN 1367-2 "Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 2: Ensayo de sulfato de magnesio". Este último es el más apropiado cuando el

árido reciclado provenga de hormigones sometidos a la acción de sales para evitar el hielo o haya estado expuesto al agua del mar.

La norma UNE-EN 12620 “Áridos para hormigón” establece un valor del 1% de pérdida de masa cuando el hormigón esté sometido a ambientes agresivos. Dicho valor aumenta hasta el 4% para ambientes normales.

2.2.9 CONTENIDO DE CLORUROS

El contenido de cloruros que pueden presentar los áridos reciclados puede ser importante cuando provengan de obras en las que hayan estado en contacto con sales fundentes como, por ejemplo, en pasos de alta montaña, cuando hayan estado en contacto directo con agua del mar y si en la fabricación del hormigón se empleó como aditivo algún producto acelerante.

Cuando los hormigones origen de los áridos reciclados no estuvieron expuestos a las condiciones del párrafo anterior los valores de los cloruros solubles en agua y los cloruros totales oscilan entre el 0,001% y el 0,005%.

En los áridos reciclados será muy conveniente establecer no solo la cantidad de cloruros solubles en agua sino los cloruros totales que contiene el árido ya que pueden existir cloruros combinados que puedan ser reactivos como en el caso del cloro aluminato cálcico hidratado que puede liberar los iones cloruros ante la presencia de iones sulfatos.

La EHE determina un contenido máximo de cloruros solubles en agua del 0,05% tanto para el árido grueso como para el árido fino cuyo empleo se utilice en hormigón armado. Si los áridos se emplean en la fabricación de hormigón pretensado dicho límite máximo se reduce al 0,03%. Dicho porcentaje se expresa respecto a la masa del árido seco. El contenido total de cloruros se limita al 0,4% del peso del cemento para hormigones que no contengan armaduras activas y al 0,2% en peso del cemento para el hormigón pretensado.

La determinación del contenido en cloruros solubles en agua para áridos reciclados puede realizarse mediante la norma UNE-EN 1744-1 “Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte1: Análisis químico”. La evaluación del contenido de cloruros totales se lleva a cabo mediante la norma UNE 112010 “Determinación de cloruros totales en hormigones endurecidos”.

En aquellos países en los que existen recomendaciones para el empleo de árido reciclado establecen las mismas limitaciones que para el árido natural.

2.2.10 CONTENIDO DE SULFATOS

La cantidad de sulfatos contenida en el árido reciclado puede ser importante debido a la suma de los correspondientes al árido natural con los del mortero adherido al árido y, en el caso de hormigones procedentes de edificación, a la presencia de yeso como contaminante.

Dichos sulfatos pueden provocar problemas en el hormigón, ya que pueden dar lugar a su combinación con el aluminato tricálcico hidratado del cemento formando ettringita (sulfoaluminato tricálcico hidratado) y provocar fuertes expansiones. Otra posible transformación es la del hidróxido de calcio libre o liberado durante la hidratación del cemento en yeso que conlleva, igualmente, un aumento de volumen que puede llevar a la rotura del hormigón.

Si limitamos el contenido de compuestos totales de azufre en vez de, únicamente, los sulfatos solubles en agua reduciremos considerablemente el riesgo de sufrir expansiones. Reduciendo la presencia de yeso en el árido reciclado, al eliminar los tamaños más finos del mismo, contribuiremos también a reducir la posibilidad de que dichas expansiones tengan lugar.

La instrucción EHE establece un contenido máximo del 1% en los compuestos totales de azufre. Dicho contenido se reduce al 0,8% para los sulfatos solubles en ácido.

La norma UNE-EN 1744-1 "Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte1: Análisis químico" describe los métodos para determinar el contenido total de azufre y la cantidad de sulfatos solubles en ácido en áridos naturales. Dicha norma también puede ser empleada para determinar el contenido de sulfatos en los áridos reciclados.

En áridos reciclados la RILEM establece un límite máximo, para el contenido de sulfatos solubles en ácido, del 1% cuando se empleen en la fabricación de hormigón.

2.2.11 REACCIÓN ÁLCALI-ÁRIDO

Determinados tipos de áridos que contengan sílice reactiva pueden reaccionar con los álcalis del cemento portland formando un gel que provoca expansiones peligrosas en el hormigón. La reactividad entre los álcalis y la sílice es proporcional a su hidratación. Las mayores expansiones se producen con una determinada cantidad de sílice reactiva. Si la cantidad está por encima o por debajo dichas expansiones disminuyen.

Cuando se utilizan áridos reciclados dicha reacción puede verse favorecida debido al mortero adherido que llevan consigo y que aumenta el contenido de alcalinos.

Según la bibliografía consultada cuando los áridos reciclados vayan a emplearse en la fabricación de hormigón deberá evaluarse el contenido en álcalis que aportan.

Como el control de la procedencia de los áridos reciclados presenta dificultades y la utilización de cementos con adiciones de cenizas volantes o escorias disminuye la reacción álcali-árido puede ser conveniente utilizar estos cementos en la fabricación de hormigón con áridos reciclados.

Tomando como criterio las recomendaciones de la RILEM según las cuales, para cualquier clase de exposición distinta a la que corresponde a un ambiente seco es necesaria la realización de ensayos para comprobar la reactividad álcali-árido, necesitaríamos un estudio de reactividad para ambientes diferentes al I y al IIb de los recogidos en la EHE tanto para áridos reciclados como naturales.

La determinación de la reactividad potencial de los áridos se lleva a cabo con las normas UNE 146507-1 EX "Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Parte 1: Determinación de la reactividad álcali-sílice y álcali-silicato" y UNE 146507-2 EX "Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Parte 2: Determinación de la reactividad álcali-carbonato".

2.2.12 CONTAMINANTES E IMPUREZAS

La presencia de impurezas y contaminantes en los áridos reciclados perjudican notablemente las propiedades del hormigón fabricado con ellos. La madera, plásticos, yeso, metales, vidrio, ladrillos, asfaltos, materia orgánica, etc. son los contaminantes que se presentan con mayor frecuencia.

Uno de los mayores perjuicios que provocan sobre el hormigón es la caída de su resistencia a compresión. Cuando los elementos contaminantes son restos arcillosos o de cales la disminución en la resistencia es mayor que si el árido reciclado incorpora restos de asfalto o pinturas.

A modo de ejemplo indicar que restos de cales con un porcentaje en volumen sobre el total del 7%, restos de tierra con un 5% sobre el volumen total, madera con un 4% sobre el volumen total, yeso con un 3% sobre el volumen total, asfalto con un 2% sobre el volumen total y pinturas sintéticas con un 0,2% sobre el volumen total provocaron una caída en la resistencia del hormigón a compresión del 15%.

La presencia de un tipo u otro de contaminantes depende de la procedencia del árido reciclado. El árido reciclado procedente de escombros de hormigón presenta un contenido de impurezas bastante inferior al que incorporan los áridos procedentes de escombros de demolición.

Otros perjuicios causados al hormigón, según el tipo de impureza que presenten los áridos, son los siguientes:

Los restos de ladrillos originan un peor comportamiento frente a ciclos de hielo-deshielo. Si dichos residuos proceden de material refractario originan fenómenos expansivos.

El vidrio favorece la reacción álcali-árido y, además, presenta dificultades para su separación ya que su densidad es similar a la del árido.

Los restos de madera y papel provocan desconchados superficiales en el hormigón. Los restos arcillosos suelen provocar retracciones en el hormigón.

Los restos arcillosos suelen provocar retracciones en el hormigón.

La presencia de yeso puede originar un ataque por sulfatos.

Las limitaciones en cuanto a contaminantes e impurezas establecidas por el anejo 15 de la EHE son las recogidas en la tabla 2.11:

Contaminantes e impurezas	Máximo contenido % del peso total de la muestra
Material cerámico	5
Partículas ligeras	1
Asfalto	1
Vidrio, plásticos, metales	1

Tabla 2.11: Contenido máximo de impurezas en áridos reciclados según anejo EHE.

En hormigones reciclados el contenido de terrones de arcilla será inferior al 0,6% en peso de la proporción de árido reciclado si esta cantidad es inferior o igual al 20% del árido grueso. En caso contrario dicha limitación se establecerá en un 0,25%. El contenido de partículas blandas no será superior al 5% del peso total de la muestra.

Según el tipo de impureza emplearemos las siguientes normas para su determinación.

El contenido de impurezas de mayor tamaño se determina mediante la norma UNE-EN 933 “Determinación del contenido en conchas”. Con ella clasificaremos contaminantes como el vidrio, metales o asfalto.

Los restos de materiales arcillosos se pueden determinar mediante la norma UNE 7133 “Determinación de terrones de arcilla”.

Con el ensayo descrito en la norma UNE-EN 1744-1 “Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte1: Análisis químico” se determina el contenido de yeso.

Para determinar los áridos considerados blandos así como el contenido de restos de ladrillo o asfalto se utiliza la norma UNE 7134 “Determinación de partículas blandas para hormigón”.

Las recomendaciones de la RILEM establecen una cantidad máxima de materiales de densidad inferior a 2200 kg/m³ del 10%, una cantidad máxima del 1% con densidad inferior a 1800 kg/m³ y una cantidad máxima del 0,5% con densidad inferior a 1000 kg/m³. De esta manera indirecta se controla el contenido de impurezas. El máximo contenido en materiales extraños como vidrio, betunes, etc se establece en el 1% y el contenido máximo de materia orgánica no ha de sobrepasar el 0,5%.

La norma inglesa BS 8500-2 establece el máximo contenido de materiales cerámicos en el 5% y de asfalto en el 5%.

2.2.13 DISTINTAS NORMATIVAS SOBRE ÁRIDOS RECICLADOS

En la actualidad solo algunos países disponen de normativa que regule el uso de áridos reciclados para su empleo en hormigón. A continuación resumimos algunas de ellas.

2.2.13.1 ESTADO ACTUAL EN EE.UU

Aunque no existen normas específicas al respecto si existen otras que se utilizan como base para determinar las propiedades de los áridos reciclados. Actualmente el comité 555 de ACI elabora un documento para normalizar la utilización de áridos reciclados en hormigón. Cabe reseñar que dichos áridos se clasifican según las siguientes categorías:

a) Residuos triturados procedentes de demoliciones. Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y que contienen cierto porcentaje de otros elementos contaminantes.

b) Residuos de demolición clasificados y limpios. Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y sin presencia de otros elementos contaminantes.

c) Residuos cerámicos limpios. Son restos de ladrillos triturados y clasificados que contienen menos del 5% de hormigón, materiales pétreos u otros contaminantes.

d) Residuos de hormigón limpios. Son restos de hormigones triturados y clasificados que contienen menos del 5% de restos de ladrillo, materiales pétreos u otros contaminantes.

A todos ellos se les exige, cuando vayan a ser utilizados en la producción de hormigón, que posean la dureza adecuada para conseguir la resistencia a compresión deseada, que no provoquen reacciones indeseables con otros componentes de la mezcla y que su granulometría y forma sean las adecuadas para obtener una buena trabajabilidad con ellos. En función de su uso se clasifican en:

1. Áridos para rellenos en general. Las cuatro categorías anteriores pueden utilizarse con dicho fin.

2. Áridos para drenajes. Las cuatro categorías son adecuadas para emplearse con esta finalidad.

3. Áridos para bases y sub-bases de carreteras. Las categorías b, c y d son adecuadas para esos fines.

4. Áridos para la fabricación de hormigón. Aunque las categorías b y c pueden emplearse en hormigones de dosificación es la categoría d la más adecuada para esta finalidad.

2.2.13.2 ESTADO ACTUAL EN JAPÓN

En Japón los áridos reciclados se clasifican en tres categorías. El árido reciclado de mayor calidad se le denomina con la letra H, el de calidad intermedia con la letra M y el de más baja calidad con la letra L. Con el primero de ellos se consiguen las mejores prestaciones en la fabricación de hormigón. Quedan regulados, respectivamente, por las normas JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023 puestas en circulación entre los años 2005 y 2007[50,51].

La clasificación en una u otra categoría se basa en los requisitos exigidos a sus propiedades físicas, a la reactividad álcali-árido y al contenido de impurezas que contengan.

En las tablas siguientes se especifican a modo de ejemplo los estándares de calidad requeridos para los áridos reciclados de más alta calidad (clase H).

Propiedad	AG	AF
Densidad en seco (kg/m ³)	≥ 2500	≥ 2500
Absorción %	≤ 3%	≤ 3%
Abrasión %	≤ 35%	-
% que pasa por el tamiz de 75 µm	≤ 1%	≤ 7%
Contenido de ion cloruro	≤ 0,04%	≤ 0,04%

Tabla 2.11 Propiedades del árido reciclado clase H JIS A 5021

Sustancias contaminantes	% en peso
Baldosas, ladrillo, cerámica, asfalto	2,0
Vidrio	0,5
Yeso	0,1
Otras sustancias inorgánicas	0,5
Plásticos	0,5
Madera, papel	0,1

Tabla 2.12 Sustancias contaminantes del árido reciclado clase H JIS A 5021

2.2.13.3 ESTADO ACTUAL EN AUSTRALIA

En 2002, el Ministerio de Medio Ambiente y Patrimonio en colaboración con el CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) elaboró una guía nacional para la utilización de hormigón reciclado en aplicaciones no estructurales. En dicha guía los áridos reciclados se clasifican en áridos reciclados de clase 1 y de clase 2. Los primeros son los que se utilizan en la fabricación de hormigón ya que las limitaciones establecidas en sus propiedades físicas son muy parecidas a las de los áridos naturales. Los áridos reciclados de segunda clase se utilizan como material de relleno y como bases y sub-bases en carreteras y pavimentación. Se les exige a ambos una absorción inferior al 6% y una densidad mínima de 2100 kg/m³.

2.2.12.4 ESTADO ACTUAL EN LA COMUNIDAD EUROPEA

Al coexistir las distintas normas nacionales con las que emanan del CEN nos encontramos, dentro del grupo de países que componían la comunidad Europea antes de la última ampliación, con cierta variedad en cuanto a la clasificación de los áridos reciclados.

En Alemania la norma DIN 4226-100 clasifica los áridos reciclados en cuatro categorías diferentes:

TIPO 1: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 10%.

TIPO 2: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales en con un porcentaje mínimo del 70%. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 30%.

TIPO 3: Son áridos que en su mayoría proceden de residuos cerámicos en una proporción mínima del 80%. Presentan un contenido máximo de materiales procedentes de hormigón o áridos minerales del 20%.

TIPO 4: Son áridos que en su mayoría proceden de una mezcla de RCDs con un contenido mínimo del 80% de material procedente de hormigón, áridos minerales o productos cerámicos.

En Reino Unido la norma BS-EN 206-1 clasifica el árido reciclado en dos tipos diferentes:

RCA: Árido reciclado procedente de residuos de hormigón con un contenido máximo de impurezas como material cerámico, partículas ligeras, asfalto, vidrio, plástico, etc. del 17%. La resistencia máxima recomendable del hormigón fabricado con este tipo de árido no superará los 40 N/mm².

RA: Árido reciclado procedente de materiales cerámicos o mezclado con hormigón. El contenido de materiales cerámicos puede ser del 100%. Se utiliza en hormigones pobres con resistencias a compresión que no llegan a los 20 N/mm².

La RILEM distingue tres tipos de áridos reciclados:

TIPO I: Áridos procedentes mayoritariamente de fábrica de ladrillo.

TIPO II: Áridos procedentes mayoritariamente de residuos de hormigón con un contenido máximo de residuos cerámicos del 10%.

TIPO III: Áridos compuestos por una mezcla de áridos naturales mayor del 80%. El resto puede estar integrado por un 10% como máximo de áridos tipo I o un hasta un 20% de áridos tipo II.

2.2.13.5 ESTADO ACTUAL EN ESPAÑA.

En nuestro país se publicó, en Julio de 2008, la nueva EHE-08. Entre los aspectos fundamentales que han inspirado los trabajos de revisión de la Instrucción están la adopción de criterios de contribución a la sostenibilidad y la incorporación a la Instrucción de nuevos hormigones como los reciclados. Por estas razones incorpora el anejo 15 donde quedan detalladas las recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados. Las exigencias para los áridos reciclados quedan recogidas en el “Artículo 28º Áridos” del “CAPITULO VI. Materiales” del “TÍTULO 3º PROPIEDADES TECNÓLOGICAS DE LOS MATERIALES. Los apartados siguientes recogen un extracto de las exigencias normativas que deben de cumplir los áridos reciclados.

Define como hormigón reciclado, el hormigón fabricado con árido grueso reciclado procedente del machaqueo de residuos de hormigón.

Para su aplicación en hormigón estructural se limita el uso de árido reciclado a la fracción gruesa en un contenido inferior al 20% en peso sobre el total de árido grueso, limitando su utilización para hormigones en masa y armados a resistencias no superiores a 40N/mm², excluyendo su empleo para hormigón pretensado.

En general, se emplearan para los áridos reciclados los métodos de ensayo incluidos en la Instrucción, aunque en algunos casos pueden ser necesarias modificaciones, tal como se indica en los apartados correspondientes. En la fabricación de hormigón reciclado se podrán emplear áridos naturales rodados o procedentes de rocas machacadas

Se considera que los áridos reciclados obtenidos a partir de hormigones estructurales sanos o bien de hormigones de resistencia elevada son adecuados para la fabricación de hormigón estructural, aunque deberá comprobarse que cumplen las especificaciones exigidas en los siguientes apartados.

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

- Naturaleza del material (Hormigón en masa, armado, mezcla de hormigón...)
- Planta productora del árido y empresa transportista del escombro
- Presencia de impurezas (cerámico, madera, asfalto)
- Detalles sobre su procedencia (origen o el tipo de estructura de la que procede)
- Cualquier otra información que resulte de interés (causa de la demolición)
- Contaminación de cloruros (hormigón afectado por reacciones álcali-áridas)

Se deberán establecer acopios separados e identificados para los áridos reciclados y los áridos naturales.

Es aconsejable que los áridos reciclados procedentes de hormigones de muy distintas calidades se almacenen separadamente debido a que la calidad del hormigón de origen influye en la calidad del árido reciclado, obteniéndose áridos con mejores propiedades a partir de hormigones de buena calidad. Una posible distinción puede ser almacenar en acopios separados los escombros procedentes de hormigón estructural o de elevada resistencia y los procedentes de hormigones no estructurales, permitiendo así una mayor uniformidad en las propiedades de los áridos producidos.

-Designación de los áridos:

Los áridos reciclados se designarán con el formato que se recoge en el Artículo 28º de la Instrucción, en el apartado “Naturaleza”, y se denominarán “R”

-Tamaños máximo y mínimo de un árido.

El tamaño mínimo permitido de árido reciclado es de 4mm.

-Granulometría de los áridos:

Las plantas productoras de árido reciclado consiguen en general una fracción gruesa con un coeficiente de forma, índice de lajas y una granulometría adecuadas dentro de los usos recomendables para su empleo en hormigón estructural.

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

El contenido de desclasificados inferiores al árido reciclado suele ser superior al de áridos naturales debido a que estos pueden generarse después del tamizado, durante el almacenamiento y transporte, por su mayor friabilidad. Además, la fracción fina reciclada se caracteriza por presentar un elevado contenido de mortero, el cual origina unas peores propiedades que afectan negativamente a la calidad del hormigón. Esta es la principal causa de restringir el uso en la aplicación de hormigón estructural.

-Requisitos físico mecánicos:

El contenido de terrones de arcilla en el hormigón reciclado con sustituciones de la fracción gruesa de árido reciclado inferiores al 20% no será superior al 0,6% y el del árido grueso natural no superior al 0,15%

Si el hormigón reciclado incorpora cantidades de árido reciclado superiores al 20%, habrá que extremar las precauciones durante su producción para eliminar al máximo las impurezas de tierras que lleve la materia prima, y así facilitar que el árido combinado cumpla la especificación de la Instrucción. En el caso extremo de utilizar un 100% de árido grueso reciclado, este debe de cumplir la especificación máxima del 0,25% de terrones de arcilla.

-Condiciones físico-mecánicas:

El hormigón reciclado con un contenido de árido reciclado superior al 20% deberá tener una absorción no superior al 7%. Adicionalmente, el árido grueso natural deberá tener una absorción no superior al 4,5%.

Para la resistencia al desgaste de la grava se mantiene el mismo requisito que para los áridos naturales (coeficiente de Los Ángeles no superior al 40%)

En cuanto a las limitaciones del árido grueso y las exigencias de los áridos para la fabricación de hormigones, se establecen las siguientes limitaciones:

-El contenido máximo de finos que pasa por el tamiz 0,063 mm se limita al 1,5%.

-El índice de lajas, entendido como el porcentaje en peso de áridos considerados como lajas según UNE EN 933-3 será inferior a 35.

En hormigones reciclados, con más del 20% de árido reciclado, la combinación de árido grueso natural y reciclado debería cumplir la especificación que establece la Instrucción presentando un coeficiente de absorción no superior al 5%.

Como control rápido en la planta de producción que permita estimar la absorción del árido reciclado, se puede realizar un ensayo de absorción a los 10 minutos, que deberá ser inferior a 5,5 % para aplicaciones de árido reciclado no superiores al 20%.

En el caso de hormigones sometidos a ambientes de helada, para determinar la pérdida de peso máxima experimentada por los áridos reciclados al ser sometidos a ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato magnésico, se deberá realizar una preparación previa de la muestra que consistirá en un lavado y tamizado enérgico por el tamiz de abertura 10mm

para eliminar todas las partículas friables, previamente al procedimiento de ensayo descrito en la norma UNE-EN 1367 Parte 2.

El límite al resultado del ensayo que establece la Instrucción para los áridos naturales será también de aplicaciones para los áridos gruesos reciclados.

-Requisitos químicos:

Se mantienen las especificaciones del Articulado relativas al contenido de cloruro y contenido de sulfatos. Los áridos reciclados pueden incorporar impurezas y contaminantes que influyen negativamente en las propiedades del hormigón. Estos contaminantes pueden ser muy variados como plástico, madera, yeso, ladrillo, vidrio, materia orgánica, aluminio, asfalto, etc., Estas impurezas producen, en todos los casos, un descenso de resistencia en el hormigón.

Asimismo, dependiendo del tipo de impureza, se pueden presentar otros problemas como reacciones álcali-árido (vidrio), ataque por sulfatos (yeso), desconchados superficiales (madera o papel), elevada retracción (tierras arcillosas) o mal comportamiento hielo-deshielo (algunos cerámicos).

Se deberá controlar en el árido reciclado el contenido de impurezas, estableciendo los valores máximos recogidos en la tabla 2.14

Contaminantes e impurezas	Máximo contenido % del peso total de la muestra
Material cerámico	5
Partículas ligeras	1
Asfalto	1
Vidrio, plásticos, metales	1

Tabla 2.14 Contenido de impurezas

-Cloruros:

Los áridos reciclados pueden presentar un contenido apreciable de cloruros, en función de la procedencia del hormigón usado como materia prima, especialmente en hormigones procedentes de obras marítimas, puentes o pavimentos expuestos a las sales para el deshielo.

Asimismo, los hormigones en los que se hayan utilizado aditivos acelerantes pueden también contener una elevada cantidad de cloruros.

Se recomienda determinar el contenido de cloruros totales en vez del contenido de cloruros solubles en agua, aplicando el mismo límite que establece la Instrucción para este último. Esto es debido a la posibilidad de que haya ciertos cloruros combinados que en ciertas circunstancias pueden ser reactivos y atacar las armaduras. Para la determinación de los cloruros totales en el árido reciclado puede utilizarse la UNE-EN 196-2.

-Materia orgánica. Compuestos que alteran la velocidad de fraguado y el endurecimiento del hormigón:

El método de ensayo de UNE-EN 1744-1, para la determinación del contenido de partículas ligeras, presenta diversos problemas cuando se utiliza árido reciclado, al enturbiarse la solución con partículas de tierra y variar su densidad, debiéndose proceder a un lavado previo de la muestras y posterior desecado antes de la realización del ensayo.

-Reactividad álcali-árido:

Los áridos reciclados no presentarán reactividad potencial con los alcalinos del hormigón. Para el caso de los áridos procedentes de un único hormigón de origen controlado, entendiéndose como tales hormigones los de composición y características conocidas, se deberán realizar las comprobaciones indicadas en el articulado de la Instrucción. En el caso de áridos procedentes de distintos hormigones de origen, éstos deben considerarse potencialmente reactivos.

-Durabilidad:

La actual Instrucción de Hormigón estructural EHE-08 acota, como único árido reciclado para hormigón estructural, el "árido reciclado de hormigón", imponiéndole límites a la impurezas que puedan tener efectos negativos sobre la resistencia y durabilidad. Se permite un porcentaje de sustitución del 20% de fracción gruesa como árido reciclado.

Las características de los áridos deberá permitir alcanzar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón que con ello se fabrique, permitiéndose el uso de áridos cuya evidencia de buen comportamiento haya sido sancionada por la práctica y se justifique debidamente dejando una salida para la posibilidad de incorporar áridos no recogidos en la Instrucción que cumplan con sus exigencias. Los requisitos físico-químicos, quedan recogidos en la tabla 2.15.

Características	RILEM		ALEMANIA				BÉLGICA		REINO UNIDO		Australia	
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	GBSB I	GBSB II	RCA		RA
Densidad seca (kg/m ³)	≥1500 (1)	≥2000(1)	≥2400(1)	≥ 2000	≥2000(2)	≥1800(2)	≥ 1500	≥ 1600	≥ 2100			≥ 2100
Absorción (%)	≤ 20	≤ 10	≤ 3	≤ 10	≤ 15	≤ 15	< 18	< 9				≤ 6
Contenido en metales, vidrios, materiales blandos, betún (%)	≤ 5	≤ 1	≤ 1	Componentes minoritarios en la tabla 2.15				≤ 1	≤ 1	Componentes minoritarios en la tabla 2.16		≤ 2 incluido ladrillo
Material de densidad < 2200 kg/m ³ (%)		≤ 10	≤ 10						≤ 10			
Material de densidad < 1800 kg/m ³ (%)	≤ 10	≤ 1	≤ 1					≤ 10	≤ 1			
Material de densidad < 1000 kg/m ³ (%)	≤ 1	≤ 0,5	≤ 0,5					≤ 1	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1	
Contenido de arena < 4 mm (%)	≤ 5	≤ 5	≤ 5									
Contenido de finos < 0,063 mm (%)	≤ 3	≤ 2	≤ 2	< 4	< 4	< 4	< 4	< 5	< 3			
Contenido de cloruros (%)				< 0,04	< 0,04	< 0,15	< 0,15	< 0,06	< 0,06			
Contenido de sulfatos SO ₃ (%)	≤ 1	≤ 1	≤ 1					< 1	< 1	≤ 1	≤ 1	
Contenido de materia orgánica (%)	≤ 1	≤ 0,5	≤ 0,5					< 0,5	< 0,5			
Índice de machacabilidad												< 30

Elementos	% en masa			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Residuos de hormigón	≥ 90	≥ 70	≤ 20	
Clinker ladrillo sin poros	≤ 10	≤ 30	≥ 80	≥ 80
Arenisca caliza			≤ 5	
Ladrillo, hormigón ligero, estuco, cemento, escoria, pumita	≤ 2	≤ 3	≤ 5	
Asfalto	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 20
Vidrio, cerámica, escoria de metal, yeso	≤ 2	≤ 2	≤ 2	
Goma, plástico, metal, madera, papel, plantas, otros	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1

Tabla 2.15 Composición de los áridos reciclados según DIN 4223.

Componentes	% en masa	
	RCA	RA
Material cerámico	5	100
Asfalto	5	10
Partículas ligeras	0,5	1
Vidrio, plásticos, metales, etc		

Tabla 2.16 Impurezas en áridos reciclados según BS 8500-2.

2.3 DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN RECICLADO

La dosificación del hormigón utilizando áridos reciclados pretende establecer las cantidades óptimas de cemento, agua, áridos naturales, áridos reciclados y aditivos que nos permitan obtener una determinada trabajabilidad del hormigón en estado fresco y un valor estipulado de su resistencia a compresión, a una edad determinada, una vez endurecido.

La dosificación de hormigones con áridos reciclados se realiza con los métodos habitualmente empleados en los hormigones convencionales. Una vez establecida la dosificación tipo se efectúan amasadas de prueba que permiten ajustar la dosificación definitiva.

Para asegurar la calidad del hormigón reciclado fabricado es muy importante realizar un control exhaustivo de la densidad, absorción y humedad del árido reciclado tanto durante el proceso de producción como en el acopio. Si la dosificación se realiza en peso se tendrá en cuenta la menor densidad del árido reciclado. Resulta muy conveniente realizar ensayos previos para determinar la cantidad de agua libre necesaria para obtener una determinada consistencia. También puede determinarse la relación árido grueso/árido fino para conseguir la consistencia deseada o la relación agua libre/cemento para obtener la resistencia adecuada. Las propiedades de los hormigones fabricados con áridos reciclados se ven afectadas

negativamente a medida que aumenta el porcentaje de árido sustituido. No suele sobrepasarse el 50% de sustitución del árido grueso cuando se pretende emplear el hormigón con fines estructurales.

2.3.1 CONTENIDO DE AGUA

La cantidad de agua necesaria para la dosificación de hormigones con áridos reciclados es mayor que la que se precisa en un hormigón convencional debido, sobre todo, a la presencia de mortero adherido a la matriz rocosa de los áridos que hace que la absorción de los mismos presente valores superiores a la de los áridos naturales. El incremento de agua necesario para obtener la misma consistencia se estima entre un 5% y un 10% respecto a un hormigón convencional. En caso de utilizar áridos gruesos y finos reciclados completamente secos el incremento de agua estaría entorno al 15%.

2.3.2 CONTENIDO DE CEMENTO

Debido a la peor calidad del árido reciclado se necesitará un incremento adicional en la cantidad de cemento, respecto al mismo hormigón fabricado con áridos naturales, para mantener la resistencia y la consistencia. Según los estudios consultados, cuando se sustituya el árido grueso en su totalidad por árido reciclado la cantidad de cemento aumenta en más del 5%. Si se sustituye el árido grueso y el fino por árido reciclado dicha cantidad aumenta hasta un valor superior al 15%. Para sustituciones del 50% del árido natural por árido reciclado el incremento de cemento oscila entre el 5% y el 6%.

2.3.3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO

La fabricación de hormigón utilizando áridos reciclados incrementa la cantidad de agua de amasado, respecto a un hormigón fabricado con áridos naturales con la misma consistencia, debido a la mayor absorción que presentan dichos áridos. El aumento de la consistencia en el hormigón fresco es progresivo, conforme aumenta el tiempo de amasado, ya que la absorción de agua por parte del árido se va efectuando de manera lenta y gradual. Dichos incrementos oscilan entre un 5% y un 10% del volumen de agua total. Cuando en la fabricación se utiliza árido reciclado grueso y fino dichos porcentajes aumentan entre un 14% y un 15%.

Al aumentar la cantidad de agua cuando se utilizan áridos reciclados, la cantidad de cemento deberá aumentar en la misma proporción para que la relación agua-cemento permanezca invariable. Cuando en el hormigón reciclado se sustituye el árido grueso y el árido fino se produce una caída en la resistencia a compresión comprendida entre un 10 y un 50% por lo que la cantidad de cemento añadida para mantenerla a de ser mayor.

Para establecer la cantidad de agua necesaria se tendrán en cuenta las siguientes relaciones:

$$A_{\text{total}} = A_{\text{árido}} + A_{\text{añadida}}$$
$$A_{\text{añadida}} = A_{\text{libre}} + A_{\text{absorbida}}$$

Hay que dejar constancia de la falta de homogeneidad de este ajuste debido a las variaciones que puede presentar el árido respecto a su humedad y a su absorción.

Si el árido reciclado que vaya a utilizarse se satura previamente se puede prevenir el aumento de consistencia y el rápido endurecimiento del hormigón. Para alcanzar este estado de saturación los estudios consultados no se ponen de acuerdo. Así, algunos autores sumergen el árido veinticuatro horas y después lo secan superficialmente, otros recomiendan sumergir el árido una hora y algún estudio considera suficiente diez minutos. Indicar al respecto los problemas que surgirían para realizar la saturación de los áridos dentro de las plantas de fabricación de hormigón.

Con el fin de mantener la misma consistencia sin incrementar la cantidad de agua puede añadirse como aditivo un superplastificante, lo que redundará en mejorar la resistencia ya que la relación agua-cemento efectiva es menor. Por otra parte, llevará aparejado un coste más elevado. Se añadirá poco antes de la puesta en obra y de manera gradual para evitar que durante el periodo de absorción del árido reciclado, parte del aditivo sea absorbido por este.

2.3.4 RELACIÓN ÁRIDO FINO-ÁRIDO GRUESO

Esta relación nos permite obtener la cohesión deseada en el hormigón reciclado y su valor es próximo al que presentan los hormigones convencionales, aunque durante el amasado del hormigón, como ya comentamos con anterioridad, la cantidad de finos aumenta provocando, por lo tanto, un incremento de la relación árido fino-árido grueso por encima del valor óptimo correspondiente. En todo caso la curva de referencia para el árido reciclado deberá ser igual a la del árido original.

2.3.5 ADICIONES

En estudios realizados en nuestro país se ha observado que el empleo de adiciones de humo de sílice, en un porcentaje del 8% en peso sobre el peso de cemento, mejora la resistencia a compresión y la fisuración. Las mezclas obtenidas presentan una trabajabilidad similar a la del hormigón de control.

2.4 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN RECICLADO FRESCO

2.4.1 CONSISTENCIA

La fabricación de hormigones con áridos reciclados conlleva un aumento de la consistencia, para una misma relación agua-cemento, respecto a un hormigón convencional. Al presentar los áridos reciclados valores elevados en su absorción, la cantidad de agua absorbida por los áridos durante el proceso de amasado del hormigón será tanto más importante cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución del árido. Como consecuencia se producirá una reducción de la relación agua-cemento efectiva y, por lo tanto, un aumento de la consistencia del hormigón fresco.

Otros estudios realizados han obtenido consistencias similares en hormigones fabricados con áridos reciclados y en el correspondiente hormigón de control utilizando diferentes valores para la relación agua-cemento.

Aunque el factor fundamental que provoca un aumento en la demanda de agua en estos hormigones es la elevada absorción del árido reciclado, otros factores como su textura rugosa o el cambio de la granulometría del árido reciclado durante el proceso de amasado pueden contribuir a dicho incremento.

En el gráfico 2.3 puede observarse la evolución de la consistencia en un hormigón de control y en otro fabricado con árido reciclado. Se ha utilizado la misma dosificación y la misma curva granulométrica para ambos.

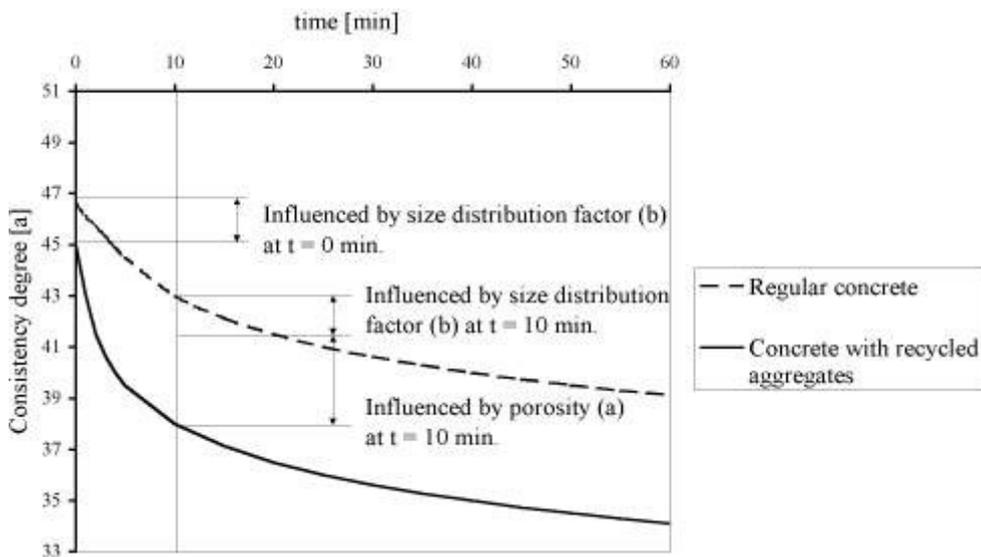


Gráfico 2.3 Comparación de consistencia entre el hormigón reciclado y el de control

Como puede observarse el aumento en la consistencia es debido, en principio, al desprendimiento del mortero adherido al árido. Después de transcurridos los diez primeros minutos la consistencia del hormigón aumenta considerablemente a causa de la elevada absorción del árido reciclado. A partir de entonces ambas curvas discurren casi paralelamente.

Para obtener una determinada consistencia puede procederse de varios modos:

1. Estimar la cantidad de agua adicional mediante ensayos previos.
2. Saturar el árido reciclado antes de proceder al amasado.
3. Utilizar un aditivo superplastificante.

Respecto a la primera opción cabe indicar que, al presentar bastante heterogeneidad el árido reciclado, será difícil establecer un valor único para la absorción y para la cantidad de agua que necesitará añadirse.

La saturación del árido reciclado, para la producción de hormigón a escala industrial, presenta problemas logísticos ya que en la planta de fabricación habría que disponer de las instalaciones adecuadas que permitieran sumergir los áridos que se encuentran en el acopio hasta lograr su saturación. En los trabajos consultados al respecto puede observarse que en hormigones fabricados con áridos reciclados saturados previamente la consistencia disminuye significativamente respecto a los mismos hormigones que incorporaban el árido reciclado seco.

La adición de un aditivo superplastificante en un momento dado permite corregir la consistencia del hormigón sin añadir cantidad alguna de agua. El aumento del coste de fabricación puede verse compensado por la baja relación agua-cemento, en relación con los dos métodos anteriores, y el consiguiente aumento de la resistencia del hormigón. El superplastificante debe añadirse, preferiblemente, un poco antes de la colocación del hormigón en el encofrado.

En el gráfico 2.4 puede observarse el efecto causado por el superplastificante en la consistencia del hormigón reciclado en relación con un hormigón de control de igual dosificación y con la misma granulometría en los áridos. Una vez añadido el aditivo en el porcentaje adecuado, el aumento en la fluidez de la masa del hormigón reciclado es, como puede observarse, superior al hormigón de control durante un periodo de tiempo estimado en treinta minutos. Es muy importante no sobrepasar el porcentaje máximo ya que puede provocar disgregación en la mezcla como efecto secundario.

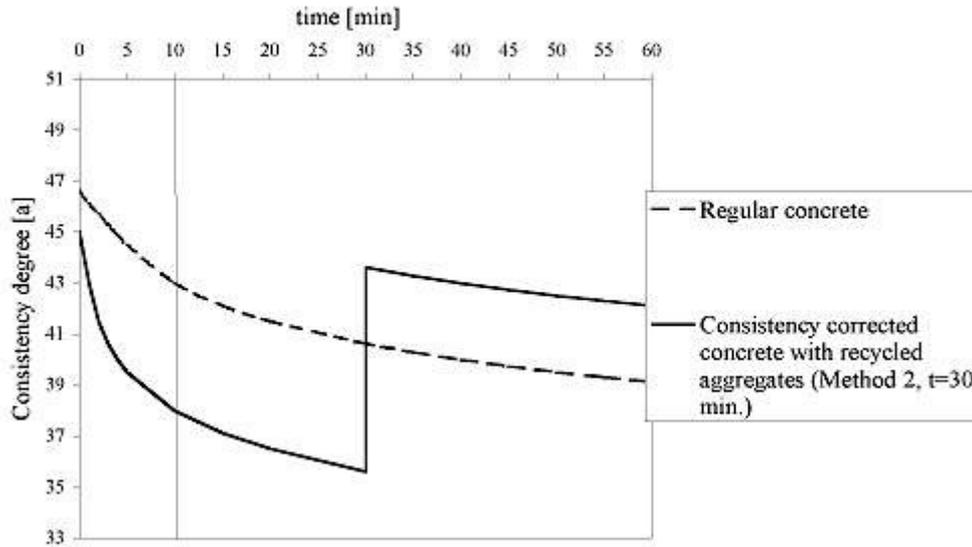


Gráfico 2.4 Corrección de la consistencia por adición de superplastificante

Por otra parte, si se utiliza árido fino reciclado se observa, a través de la bibliografía consultada, un aumento significativo de la consistencia. Se produce debido a la elevada absorción que presenta dicha fracción. El empleo de un tipo u otro de trituradora también influye en la consistencia debido a que generan áridos reciclados cuyas partículas presentan formas más o menos redondeadas.

El empleo de áridos reciclados, cuyas partículas presentan formas llenas de aristas, proporciona hormigones de mayor consistencia que en aquellos en los que se utiliza áridos reciclados cuyas formas son más redondeadas.

2.4.2 DENSIDAD

La densidad del hormigón fresco fabricado con árido reciclado es inferior a la del hormigón normal, debido a la menor densidad que presenta el árido reciclado como consecuencia del mortero adherido que envuelve a la matriz rocosa.

Los valores de la densidad oscilan entre 2,13 y 2,40 kg/dm³.

2.4.3 AIRE OCLUIDO

Si bien algunos estudios realizados han determinado incrementos en la cantidad de aire ocluido en hormigones fabricados con árido reciclado, con variaciones entre el hormigón de control y el hormigón reciclado inferiores al 7%, la mayoría de ellos no presentan variaciones considerables.

2.4.4 EXUDACIÓN

Si el árido reciclado que se emplea en la fabricación de hormigón se utiliza previamente saturado la exudación será similar a la de los hormigones convencionales. Si, por el contrario, el árido reciclado se utiliza seco, la exudación del hormigón fabricado con árido reciclado presentará valores muy por debajo de los correspondientes al hormigón de control. Debido a la elevada absorción del árido reciclado el hormigón retiene mayor cantidad de agua.

2.5 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN RECICLADO ENDURECIDO

2.5.1 DENSIDAD

La menor densidad del árido reciclado hace que la densidad del hormigón reciclado endurecido sea inferior a la del hormigón convencional. En estudios realizados en nuestro país el descenso de la densidad es prácticamente inapreciable cuando la sustitución del árido grueso es del 20%. Cuando la sustitución es del 50% la densidad experimenta una reducción media del 2%. Dicha reducción llega a un valor medio del 3,5% cuando el porcentaje sustituido de árido grueso es del 100%.

2.5.2 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

En general, la resistencia a compresión en los hormigones fabricados con árido reciclado disminuye con respecto a los convencionales, manteniendo en ambos la misma relación agua-cemento, siendo dicha disminución más significativa cuanto mayor sea el porcentaje de árido grueso sustituido. Las causas más influyentes en este aspecto son:

1. La cantidad de mortero adherido a la matriz rocosa que hace que el árido reciclado tenga una menor resistencia mecánica que el árido natural.
2. El aumento de zonas débiles en la masa de hormigón endurecido al utilizar áridos reciclados, ya que a la superficie de contacto entre el árido natural y el mortero adherido que lleva se suma la superficie de contacto, más débil aún, existente entre los áridos reciclados y el mortero nuevo.

En la mayoría de los estudios consultados la influencia de los áridos reciclados sobre la resistencia a compresión del hormigón se ha analizado estudiando separadamente los dos casos siguientes:

1. Sustitución de diferentes porcentajes del árido grueso natural por árido reciclado.

2. Sustitución de diferentes porcentajes del árido grueso y del árido fino natural por árido reciclado.

Sin embargo, se han llevado a cabo algunas experiencias sustituyendo únicamente el árido fino por árido fino reciclado, obteniéndose resultados que van desde una disminución de resistencia del 3,4% para un porcentaje de sustitución del 20% hasta un 7,6% cuando se sustituye el 100%.

C-S. Poon y D. Chan sustituyeron la arena por restos cerámicos y de baldosas. Para un porcentaje máximo de sustitución de restos de ladrillo del 20% la resistencia a compresión a 28 días disminuyó en un 12,3%. En el caso de residuos de baldosas la disminución de resistencia fue de un 15,4%.

La influencia del porcentaje de árido reciclado en la resistencia del hormigón es muy notable. En los estudios consultados, en los que se sustituye únicamente el árido grueso y cuyos datos quedan reflejados en la tabla 2.17, las pérdidas de resistencia son muy pequeñas cuando el porcentaje de sustitución no supera el 30%. Cuando el porcentaje sustituido es del 50% la resistencia varía en una horquilla comprendida entre una ganancia puntual del 5% y pérdidas de hasta el 16%. Cuando dicho porcentaje aumenta al 100% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y el 23%.

Cuando se sustituye íntegramente el árido grueso y el árido fino, según los resultados mostrados en la tabla 2.18, las pérdidas de resistencia se hacen más acusadas situándose en una horquilla comprendida entre el 6% y el 30%. Algún estudio puntual, en el que se han utilizado áridos saturados, presenta resultados en los que llegan a producirse incrementos en la resistencia de hasta el 16%.

Referencia	Resistencia			% sustituido	Observaciones
	HC	HR	%Δ		
Kasai 1988	44-34	43-33	-2% -3%	30 % AG	
	44-34	42-32	-5% -6%	50% AG	
	44-34	40-26	-10% -23%	100% AG	
Mukai 1988	31,7	29,9	-6 %	100% AG y FG	Aumenta contenido de agua y cemento
Kikuchi 1993	40	38	-5%	100% AG	Aumenta contenido de agua y cemento
	40	35	-12,5 %	30% AG y AF	
	40	38	-5%	15% AG yAF	

Tabla 2.17 Resistencia a compresión del hormigón reciclado

Referencia	Resistencia			% sustituido	Observaciones
	HC	HR	%Δ		
Yanagi 1994	34	27,3	-20%	100% AG	Impurezas (5-8%)
Tavakoli 1996	33	33,5-32	+1,5%-3%	100 % AG	Aumenta contenido de agua y cemento
Barra 1996	44,4	40,3	-9%	100 % AG	Aumenta contenido de agua y cemento
Di Niro	45	38	-16%	50% AG	
Knight 1998	45,2	46,7-43	+3%-5%	30% AG y FG	Igual contenido de cemento y agua libre
	45,2	44,7-34,8	-1%-23%	60% AG y FG	
Nagasaki 2000	-	-	+3%+16%	100% AG y FG	Árido saturado
Park 2001	41,5	38	-5%	100% AG	
		40	-4%	100% AG	
Ajdukiewicz 2001	37,7	34,6	-8%	100% AG	Más agua HR. Humo de sílice
González B. 2002	38,3-	40,2-	+5%	50% AG	Aumento 12 % de agua y cemento
Gómez J. 2002	39	35,8	-8%	60% AG	400 kg/m ³ de cemento
	39	34,5	-12%	100% AG	
Kou S.C. 2004	45,9	43,6	-5%	20% AG	Con ceniza volante
	45,9	40,4	-12%	50% AG	
	45,9	38,3	-17%	100% AG	
Sánchez M. 2005	29,3	26,3	-10%	100% AG	a/c = 0,60
	40,3	34,4	-15%	100% AG	a/c = 0,50
	48,3	41,3	-15%	100% AG	a/c = 0,50
Jianzhuang X. 2005	26,9	25,4	-6%	20% AG	
	26,9	23,6	-12%	50% AG	
	26,9	23,8	-12%	100% AG	
Tsung Y.T 2006	-	-	-20%	100% AG	Aumenta contenido de agua y cemento
	-	-	-30%	100% AG y AF	

Tabla 2.17 Resistencia a compresión del hormigón reciclado

Referencia	Resistencia			% sustituido	Observaciones
	HC	HR	%Δ		
Evangelista 2007		57,3	-3,4%	20% AG	
	59,3	58,8	-0,8%	50% AG	
		54,8	-7,6%	100% AG	
Etxeberria 2007	29	28	-4%	25% AG	a/c = 0,55
	29	29	-	50% AG	a/c = 0,52
	29	28	-4%	100% AG	a/c = 0,50
Turatsinze 2007	33,5	33,1	-1%	100% AG	a/c = 0,40
	24,1	23,6	-2%	100% AG	a/c = 0,50
	18,7	17,9	-1%	100% AG	a/c = 0,60

Tabla 2.17 Resistencia a compresión del hormigón reciclado (continuación)

Aunque hay muy pocos estudios al respecto, las pérdidas en el valor de la resistencia a compresión son moderadas cuando se sustituye, únicamente, el árido fino, según L. Evangelista y J. de Brito. Fluctúan entre el 0,8% y el 7,6%.

Otro aspecto que influye directamente en la resistencia a compresión del hormigón reciclado es la calidad del hormigón de origen. Con un árido reciclado de baja calidad, procedente de un hormigón de baja resistencia o en mal estado, fabricaremos un hormigón reciclado cuya resistencia a compresión no superará la del hormigón original ni reduciendo la relación agua-cemento. Por el contrario, si los áridos reciclados proceden de hormigones con una elevada calidad –hormigón de origen con resistencia elevada y en buen estado- el hormigón reciclado obtenido sustituyendo el árido grueso a partir de ellos podrá presentar resistencias incluso superiores a las del hormigón de control. Así podemos observar en la figura 2.10 como, a partir de áridos procedentes de hormigones cuya resistencia era de 30 N/mm², pueden fabricarse hormigones reciclados, sustituyendo el árido grueso, con resistencias por encima de los 35 N/mm² reduciendo adecuadamente la relación agua-cemento.

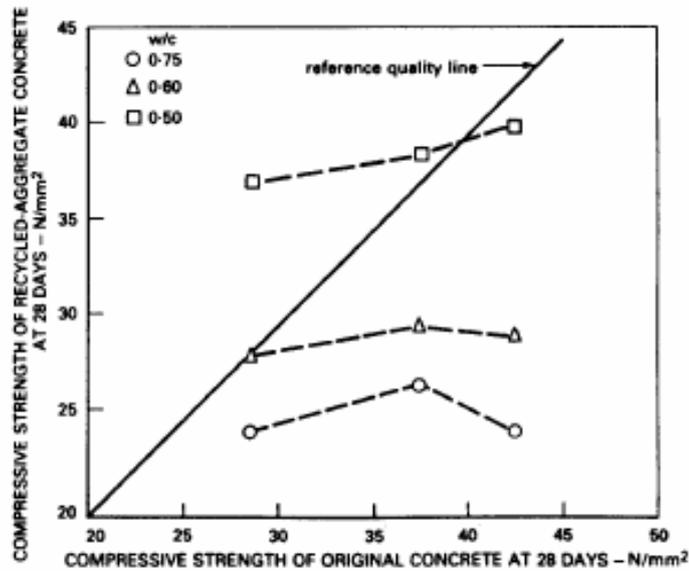


Gráfico 2.5 Relación entre la resistencia a compresión del hormigón original y el reciclado

Cuando la sustitución del árido se realiza tanto en la fracción gruesa como en la fracción fina la influencia de la calidad del hormigón de origen reviste mayor importancia que en el caso anterior. Según los estudios consultados el empleo de áridos reciclados procedentes de hormigones de elevada calidad no permite obtener hormigones reciclados que alcancen las resistencias del hormigón de control cuando la sustitución del árido natural se realiza en su totalidad. En cualquier caso sería conveniente llevar a cabo más estudios que nos permitieran establecer como definitivas dichas conclusiones.

El contenido de mortero adherido del árido reciclado también influye decisivamente sobre la resistencia a compresión del hormigón reciclado. La reducción de resistencia experimentada en un hormigón fabricado con árido reciclado que llevaba un 35,5% en peso de mortero adherido fue del 15%, mientras que en el mismo hormigón, fabricado con el mismo tipo de árido reciclado pero conteniendo un 67,6% de mortero adherido, la caída de resistencia fue del 30%.

La evolución de la resistencia a compresión en el hormigón reciclado durante las cuatro primeras semanas es similar a la de hormigón de control aunque algunos estudios indican una tendencia de los hormigones reciclados a presentar resistencias superiores a los hormigones de control a partir de los 28 días. A este respecto puede observarse

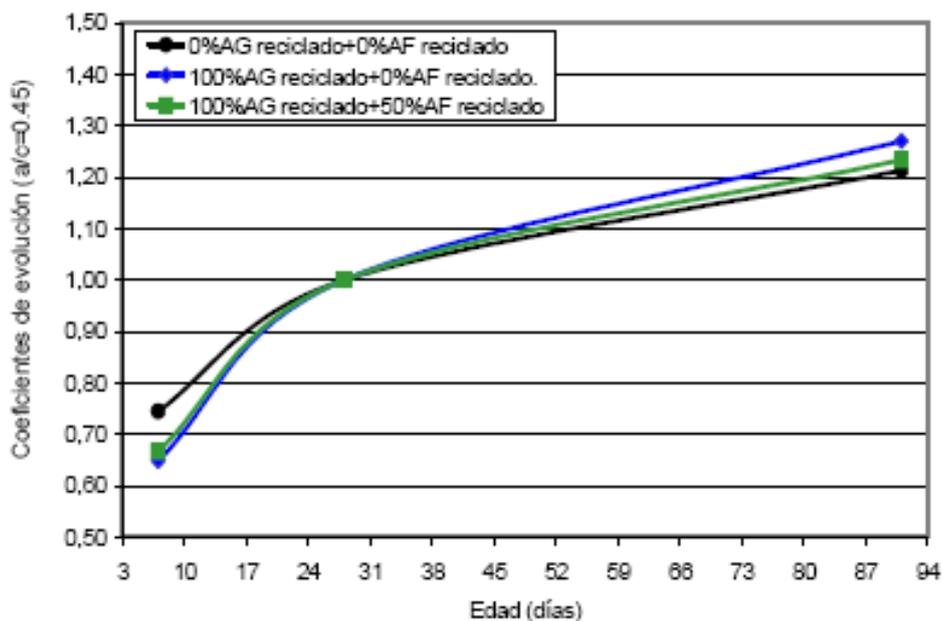


Gráfico 2.6: Evolución de la resistencia a compresión del hormigón reciclado

Las caídas de resistencia en los hormigones reciclados cuando la aplicación de la carga se realiza a una velocidad lenta son mayores que en los hormigones de control. Aunque hay pocos estudios realizados al respecto, cabe resaltar los resultados obtenidos por González Fonteboa en los que puede observarse que se producen descensos en la resistencia del hormigón reciclado en torno al 9%. Dichos estudios se llevaron a cabo utilizando cuatro probetas cilíndricas; dos de ellas se rompieron a velocidad normalizada (8,66 kN/s) y otras dos a velocidad lenta (0,06 kN/s). De todas formas sería muy conveniente realizar estudios complementarios que permitan un conocimiento más amplio de las roturas a carga lenta y los fenómenos diferidos en los hormigones reciclados.

El modo de rotura en los ensayos de resistencia a compresión se produce principalmente de forma intragranular debido a la cantidad de mortero adherido que lleva consigo el árido reciclado. En cualquier caso será función de la naturaleza del árido natural y de la cantidad de mortero adherida al mismo.

Las grandes diferencias que pueden presentar, en lo referente a su calidad, los áridos reciclados procedentes de hormigones repercutirán, sin duda, en la resistencia a compresión del hormigón haciendo que el coeficiente de variación sea elevado.

El coeficiente de variación adoptará valores bajos si el árido reciclado es homogéneo y es contrastada su calidad. Según estudios consultados en hormigones fabricados en laboratorio, con un 75% de sustitución del árido grueso y con unas relaciones a/c de 0,40, 0,50

y 0,60, los coeficientes de variación de la resistencia a compresión han sido, respectivamente, el 7,1%, el 6,8% y el 7,6%.

Cuando el hormigón origen de los áridos reciclados no presenta una uniformidad elevada al proceder de distintas partidas, dicho coeficiente puede alcanzar valores que llegan hasta el 25%. En estas ocasiones la dosificación del hormigón debe proporcionar resistencias a compresiones altas para lograr obtener la resistencia característica requerida.

Respecto a la normativa existente al respecto podríamos destacar las especificaciones, relativas a la categoría resistente de los hormigones reciclados, establecidas por distintas normas internacionales y referidas al ensayo sobre probeta cilíndrica. Dichos valores quedan recogidos en la tabla 2.19.

Normativa	Árido reciclado	f_c (N/mm ²)
RILEM	Tipo I	16
	Tipo II	50
	Tipo III	Sin límite
Gran Bretaña	RCA	40
	RA	16
	≤ 20% AG	Sin límite
Alemania	Tipo 1	25-35 *
	Tipo 2	25-35 *
	Tipo 3	25-35 *
	Tipo 4	25-35 *
Normativa	Árido reciclado	f_c (N/mm ²)
Japón	H	18-224
	M	16-18
	L	<16
	≤ 20% AG	Sin límite
Australia **	Clase I	40
	≤ 20% AG	Sin límite
España	≤ 20% AG	20-40
	> 20% AG	Ensayos previos
*Resistencia a compresión en probeta cúbica. En ambientes agresivos se comprobará la reacción álcali-árido.		
** Aplicaciones no estructurales		

Tabla 2.18 Recomendaciones para la resistencia a compresión en hormigones reciclados.

2.5.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD

Cuanto mayor sea el módulo de elasticidad del árido total y mayor sea la proporción en la que se mezclen con los demás componentes más alto será el valor del módulo de elasticidad del hormigón fabricado con ellos. Los áridos reciclados están formados por una matriz rocosa y por la cantidad de pasta que los envuelve. El módulo de elasticidad de la pasta es inferior al del árido y al del hormigón. Debido a esta circunstancia los áridos reciclados presentarán un módulo de elasticidad inferior al de los áridos naturales y el módulo de elasticidad del hormigón reciclado será inferior al del hormigón convencional.

La textura superficial más rugosa de los áridos reciclados y las pequeñas microfisuras que puede presentar el mortero adherido hacen que el módulo de elasticidad se reduzca.

En la tabla 2.19 se observan los datos obtenidos de diferentes estudios consultados. Cabe destacar que en hormigones con sustitución del árido grueso en un porcentaje que no sobrepase el 30% la caída del valor del módulo se sitúa en torno del 4% al 10%. Cuando la sustitución llega hasta el 50% del árido grueso la reducción que experimenta el módulo de elasticidad puede llegar al 20%. Si el árido grueso sustituido es del 100% la reducción del módulo aumenta llegando a alcanzar valores del 50%. Cuando también se sustituye el árido fino dichas reducciones llegan, en casos puntuales, hasta el 80%.

Referencia	Módulo elasticidad hormigón reciclado	
	% sustitución	% reducción
Ravindrarajah 1988	100% AG	30
	100% AF	20
	100% AG y AF	35
Nishibayashi 1988	100% AG	15-35
Hansen 1992	100% AG	15-50
Merlet 1993	100% AG y AF	25
Topcu 1995	100% AG y AF	80
Kikuchi 1998	100% AG	5-20
González B. 2002	50 %AG	11
Sánchez M. 2005	20% AG	10
	50% AG	20
	100% AG	40

	30% AF	4
Evangelista 2007	100% AF	19
	25% AG	4
Exteberría 2007	50% AG	12
	100% AG	15
Casuccio 2008	100% AG	13-18

Tabla 2.19 Valores del módulo de elasticidad en hormigones reciclados.

En el gráfico 2.7 puede observarse como el módulo de elasticidad de los hormigones reciclados disminuye a medida que aumenta el porcentaje de sustitución del árido grueso. Puede observarse que cuando la sustitución del árido grueso alcanza el 100% la reducción del módulo de elasticidad llega al 45%.

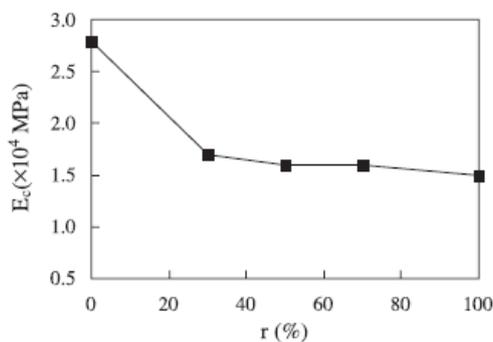


Gráfico 2.7 Reducción del módulo de elasticidad en hormigones reciclados.

A continuación se exponen diferentes formulaciones, según diversos autores, que relacionan el valor del módulo de elasticidad del hormigón reciclado con la resistencia a compresión del mismo.

El Instituto de Arquitectura Japonés proporciona una expresión para el módulo de elasticidad en la que además se tiene en cuenta el peso específico del árido utilizado. Es válida tanto para sustituciones del árido grueso como del árido fino.

$$E_c = 2,1 \cdot 10^5 \left[\frac{\gamma}{2,3} \right]^{1,5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{200}}$$

E_c= Módulo de elasticidad estático (kg/cm²)

f_c= Resistencia a compresión (kg/cm²)

Y= Peso específico en t/m³. Válida entre 1,9 y 2,3

Ziich an Roos proponen la siguiente expresión cuando solo se sustituye la fracción fina.

$$E_c = 9100 \cdot (f_c + 8)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\gamma}{2400}\right)^2$$

E_c = Módulo de elasticidad estático (MPa)

f_c = Resistencia a compresión (MPa)

γ = Peso específico en kg/m³.

Rasheeduzzafar propone la siguiente expresión:

$$E_c = 80 \cdot w^{2/3} \cdot \sqrt{f_c} - 5 \cdot 10^6$$

E_c = Módulo de elasticidad estático (lb/in²)

f_c = Resistencia a compresión (lb/in²)

w = Peso específico en (lb/ft³)

Racindrarajah propone, a partir de trabajos efectuados al respecto, las siguientes expresiones para relacionar el módulo dinámico de elasticidad y la resistencia a compresión del hormigón

Para un hormigón convencional se tiene:

$$E_d = 5,31 \cdot f^{0,8} + 5,38$$

Para hormigón reciclado en el que se sustituye tanto el árido grueso como el fino la expresión es:

$$E_d = 3,02 \cdot f^{0,6} + 10,67$$

Para hormigón en el que se sustituye únicamente el árido el valor es:

$$E_d = 3,48 \cdot f^{0,6} + 13,05$$

En las expresiones anteriores:

E_c = Módulo de elasticidad dinámico (kN/mm²)

f_c = Resistencia a compresión en probeta cúbica (N/mm²)

En el gráfico 2.8 pueden observarse la relación existente entre la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad según las expresiones anteriores.

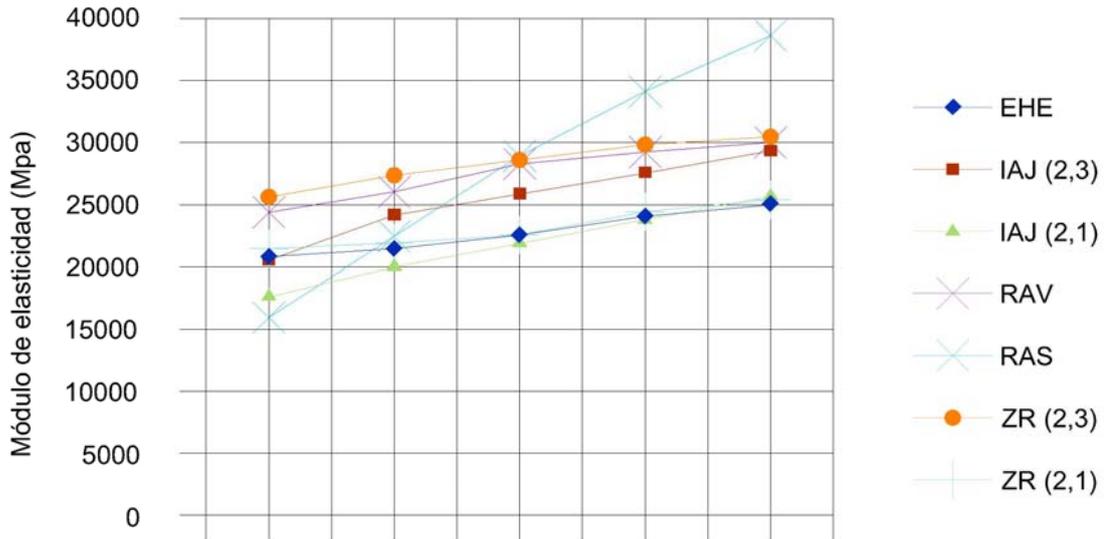


Gráfico 2.8 Relación entre la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad en hormigones reciclados según diversos autores.

En cuanto a la normativa existente consultada al respecto, cabe destacar los coeficientes de corrección que especifican tanto la RILEM como la norma belga. Dichos coeficientes se aplican a las expresiones del módulo de elasticidad utilizadas para hormigones convencionales y quedan recogidos en la tabla 2.21.

Normativa	Tipo de árido	Coefficiente
RILEM	Tipo I	0,65
	Tipo II	0,8
	Tipo III	1
Bélgica	GBSB I	0,65
	GBSB II	0,8

Tabla.2.20 Coeficiente de corrección del módulo de elasticidad en hormigones reciclados.

2.5.4 RESISTENCIA A TRACCIÓN

Los estudios consultados proporcionan valores dispersos en la resistencia a tracción indirecta de los hormigones reciclados. Dichas variaciones pueden producirse al utilizarse áridos reciclados con distintas calidades para la fabricación de hormigón reciclado. Las pérdidas de resistencia son muy pequeñas cuando el porcentaje de sustitución del árido grueso es inferior al 50%. Si la sustitución del árido grueso por árido reciclado es del 100% las pérdidas oscilan dentro del rango comprendido entre el 6% y el 32% tal y como puede observarse en la tabla 2.21.

Resistencia a tracción en HR		
Referencia	% sustitución	% de valoración
Hansen 1992	100% AG y AF	-20, -30
Di Niro 1998	50% AG	-3,2
	100% AG	-31, -32
Yamato 1998	100% AG	10,-20
Katz 2000	100% AG	-6
Gómez J. 2002	20% AG	0
	50% AG	0
	100% AG	-9, -11
González B. 2002	50% AG	1, -2
Kou S.C. 2004	20% AG	-8
	100% AG	-17
Sánchez M. 2005	50% AG	-1
	100% AG	-10
Turatsinze 2005	50% AG	-10
Etxeberría 2007	50% AG	7
	100% AG	9
Evangelista 2007	30% AF	-5
	100% AF	-30

Tabla 2.21 Variación de la resistencia a tracción en hormigones reciclados

En los estudios que reflejan un aumento significativo de la resistencia a tracción la relación agua-cemento efectiva se redujo en relación con la del hormigón de control. La heterogeneidad en los resultados expuestos es debida a la variación en las condiciones de dosificación, consistencia o resistencia de los hormigones ensayados. Algunas normativas como la belga y las especificaciones de la RILEM consideran la misma resistencia a tracción para hormigones convencionales y hormigones reciclados fabricados en las mismas condiciones y con los mismos parámetros.

Estudios realizados en nuestro país parecen indicar que la reducción de la resistencia a tracción en los hormigones reciclados es pequeña en niveles de resistencia bajos pero se incrementa al aumentar la resistencia del hormigón. A tal respecto proponen los coeficientes de reducción de la resistencia a tracción indirecta que se indican en la tabla 2.23.

Resistencia a tracción indirecta del hormigón de control (N/mm ²)	Coeficiente de reducción	
	20-50% A.R.	100% A.R.
2,5	0,98	0,97
3	0,98	0,88
3,5	0,98	0,81

Tabla 2.22 Coeficiente de reducción de la resistencia a tracción en hormigones reciclados.

2.5.5 RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN

Las variaciones de la resistencia a flexotracción en los hormigones reciclados presentan unas oscilaciones, en función del % del árido sustituido, similares a las experimentadas en la resistencia a tracción. En la tabla 2.24 puede observarse que dichas reducciones son pequeñas cuando la sustitución no es superior al 50% del árido grueso. Al llegar a sustituir el 100% del árido grueso o cuando se sustituye el 100% del árido total la reducción de la resistencia a flexión es más notable.

Otros estudios realizados en nuestro país establecen descensos notables en la resistencia a flexotracción cuando se utilizan áridos reciclados saturados en lugar de secos.

Resistencia a flexion en HR		
Referencia	% sustitución	% de variación
Ravindrarahaj 1985	100% AG	-1, -10
Ravindrarahaj 1987	100% AG	-15, 12
Ravindrarahaj 1988	100% AG y AF	-15, 29
Hansen 1992	100% AG y AF	20
Kikuchi 1993	100% AG	-19, 11
Dhir 1999	20% AG	-2
	30% AG	-2
	50% AG	2
Katz 2000	100% AG	-6
Limbachiya 2000	30% AG	2
	50% AG	-6, 2
	100% AG	-4, 3
Park 2001	30% AG	-4
	50% AG	-4
M. Rakshvir	30% AG	-10
	50% AG	-15

Tabla 2.23 Variación de la resistencia a flexión en hormigones reciclados.

2.5.6 RESISTENCIA A CORTANTE

La disminución de la resistencia a cortante, según los estudios consultados, alcanzan el 26% cuando se sustituye únicamente el árido grueso. Dichas pérdidas alcanzan el 41% cuando la sustitución también se realiza en el árido fino tal y como puede observarse en la tabla 2.25. Otros autores establecen que sustituciones por debajo del 25% del árido grueso apenas afectan a la resistencia a cortante de elementos estructurales fabricados con áridos reciclados.

Otros estudios establecen un buen comportamiento a cortante del hormigón reciclado con sustituciones del 50% del árido grueso.

Resistencia a cortante en HR		
Referencia	% sustitución	% de variación
Ikeda et al 1988	100% AG	-26
Ikeda et al 1988	100% AG	-41
	50% AF	
Hansen et al 1992	100% AG	-32
	50% AF	

Tabla 2.24 Variación de la resistencia a cortante en hormigones reciclados

2.5.7 RETRACCIÓN POR SECADO

En los hormigones reciclados la retracción por secado es mayor que en los convencionales. Dicho aumento puede ser debido, entre otras causas, a que el módulo de elasticidad del árido reciclado es inferior al del árido convencional por la cantidad de mortero que lleva adherido, a la mayor cantidad de agua empleada en su dosificación para conseguir la misma consistencia que en el hormigón convencional y por la mayor absorción del árido reciclado.

Es evidente que el valor de la retracción será tanto mayor cuanto más alto sea el porcentaje de sustitución del árido natural por el árido reciclado. En la tabla 2.26 pueden observarse los valores que se han obtenido en diferentes estudios consultados.

Puede observarse, a través de estos datos, que la retracción por secado aumenta considerablemente debido al árido reciclado, alcanzando incrementos del 100% cuando se sustituye íntegramente el árido. Cuando la sustitución solo se lleva a cabo en el árido grueso el valor medio del incremento de la retracción puede establecerse alrededor del 50%. En sustituciones que no sobrepasen el 50% los valores se reducen significativamente.

Retracción por secado en HR		
Referencia	% sustitución	% de variación
Ravindrarah 1987	100% AG	55
	100% AG y AF	100
	100% AG	Gran aumento
Ravindrarah 1988	100% AF	40
	100% AG y AF	100
Kashino 1988	100% AF	10
Hansen 1993	100% AG	70-80
Merlet 1993	100% AG y AF	50
	20% AG	8
Kou S.C. 2004	50% AG	15
	100% AG	25
Sánchez M. 2005	20% AG	5
	100% AG	60
Batayneh 2006	50% AG	19
	100% AG	45

Tabla 2.25 Variación de la retracción por secado en hormigones reciclados.

La calidad del hormigón del que procede el árido reciclado influye en la retracción ya que, según estudios consultados, al presentar los áridos reciclados procedentes de hormigones de mayor resistencia mayor cantidad de mortero adherido, presentarán valores más elevados de la retracción que los hormigones de peor calidad en los que, generalmente, y utilizando el mismo sistema de trituración presentan menor cantidad de mortero alrededor de la matriz rocosa del árido. Sin embargo, estudios posteriores realizados en Japón presentan resultados que rebaten la teoría anterior ya que en ellos, tal y como puede observarse en el gráfico 2.9, la retracción por secado es menor cuando la calidad del hormigón de origen, medida en términos de resistencia a compresión, es más elevada.

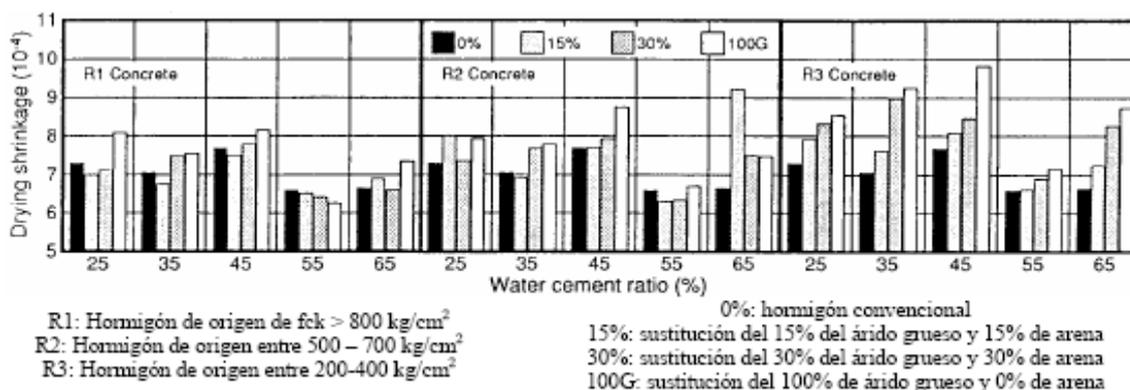


Gráfico 2.9 Retracción por secado en hormigones reciclados

A mayor tamaño máximo del árido menor será la retracción ya que se necesitará una cantidad menor de pasta para la fabricación del hormigón. Por otra parte, al incorporar las fracciones mayores del árido menor cantidad de mortero adherido, la retracción también disminuirá.

Es indudable que los procesos de trituración empleados en la obtención del árido reciclado también tendrán influencia en la retracción del hormigón. Cuanto mejor se lleven a cabo dichos procesos menor será la cantidad de mortero adherido que presente el árido reciclado y menor la retracción.

Respecto a las recomendaciones expresadas al respecto cabe destacar que la RILEM establece como coeficiente de corrección para la retracción del hormigón reciclado, a partir del hormigón convencional utilizado como referencia, un valor de 1,5 para el árido tipo II procedente de residuos de hormigón. Para el árido tipo III, mezcla de árido natural y árido reciclado, el valor del coeficiente es la unidad.

Las especificaciones belgas emplean un coeficiente de corrección igual a 2 para los áridos denominados GBSB I, áridos procedentes de residuos cerámicos, y un coeficiente de corrección igual a 1,50 para los áridos GBSB II que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón.

En Holanda recomiendan unos coeficientes de corrección de la retracción en hormigones reciclados igual a 1,35 y 1,55. El primero de ellos se aplica a hormigones reciclados en los que se sustituyó el 100% del árido grueso con un incremento en la cantidad de cemento de 40 kg/m³. El segundo coeficiente se aplica cuando con la sustitución del 100% del árido grueso se incrementa la cantidad de cemento en 50 kg/m³. Para un supuesto intermedio entre los dos anteriores el coeficiente de corrección sería la unidad.

2.5.8 FLUENCIA

La fluencia en los hormigones reciclados es superior a la experimentada por los hormigones convencionales, debido al mortero adherido que incorporan los áridos reciclados. A medida que aumenta el porcentaje de árido sustituido mayor es la fluencia. Los estudios consultados, resumidos en la tabla 2.27, presentan unos incrementos comprendidos entre el 15% y el 60%.

Fluencia en HR		
Referencia	% sustitución	% de variación
Ravindrarajah 1987	100% AG	30
Hishibayashi 1988	100% AG	30,50
Sagoe-Crentsil 1998	100% AG	40
Limbachiya 2000	30% AG	1,2
	50% AG	15, 22
	100% AG	33, 65
Gómez J. 2002	100% AG	30
Gómez J. 2003	15% AG	4
	100% AG	35

Tabla 2.26 Variación de la fluencia en hormigones reciclados.

La RILEM establece un coeficiente de corrección para el valor de la fluencia en hormigones reciclados igual a 1,25 cuando se emplean áridos Tipo I y Tipo II. Para los áridos Tipo III dicho coeficiente vale 1. En Bélgica el coeficiente corrector de la fluencia en hormigones reciclados, cuando se utilizan áridos GBSB I y GBSB II, es de 1,25 mientras que su valor es 1 para la mezcla de ellos. En Holanda el coeficiente de corrección adopta valores similares a los anteriores.

2.6 DURABILIDAD DEL HORMIGÓN RECICLADO

Puede comprenderse que la utilización de áridos reciclados dará lugar a hormigones que presente una mayor porosidad y permeabilidad. Como consecuencia el transporte de sustancias agresivas a través de la red de poros del hormigón este se verá favorecido. Por otra parte la pasta adherida al árido reciclado será de una naturaleza distinta a la fabricada con el nuevo hormigón pudiendo influir tanto en la carbonatación como en la reacción álcali-árido.

2.6.1 POROSIDAD, ABSORCIÓN Y PERMEABILIDAD

El deterioro del hormigón debido a fenómenos o causas distintas de las mecánicas se debe, principalmente, a la presencia de agua en su interior con sustancias perjudiciales para el hormigón disueltas en ella. El transporte de agua hacia el interior del hormigón se realiza a través de los poros y fisuras que presenta y depende del tipo, del tamaño y de su distribución. Al utilizarse árido reciclado en la fabricación de hormigón, la porosidad, la absorción y la permeabilidad aumentan como se pone de manifiesto en diferentes estudios realizados. El aumento se hace más notable al incrementarse el porcentaje de sustitución. Los valores de dichos incrementos oscilan entre un 15% y un 70%. Cuando también se sustituye la fracción fina del árido los valores de la porosidad y la permeabilidad al aire llegan a duplicarse. Si el

porcentaje de sustitución del árido grueso es inferior al 30% apenas se aprecian diferencias en los valores de la porosidad, y la absorción. La permeabilidad del hormigón reciclado, para distintos niveles de resistencia, llega a alcanzar valores que oscilan entre dos y siete veces la permeabilidad del hormigón de control cuando se sustituye el 100% del árido grueso.

2.6.2 RESISTENCIA A LA HELADA

El comportamiento del hormigón reciclado frente a la helada es, en general, peor que el del hormigón convencional. Esto se debe fundamentalmente a la mayor absorción del árido reciclado lo que hace que, en caso de saturación, la cantidad de agua absorbida sea superior a la del hormigón de control. Como consecuencia el deterioro del hormigón reciclado frente a ciclos de hielo deshielo será mayor. Si además se sustituye la fracción fina del árido su comportamiento empeora de manera notable aunque se le añadan aditivos aireantes.

Cabe reseñar que cuando se utilizan áridos reciclados procedentes de hormigones en los que se emplearon aireantes el comportamiento frente a los ciclos hielo-deshielo mejora. Si se fabrican hormigones reciclados saturando los áridos previamente el comportamiento frente a la helada es peor que cuando se utilizan semisaturados y es siempre inferior al comportamiento que presenta el hormigón de control. En la figura 2.15 puede observarse el peor comportamiento frente a sucesivos ciclos hielo-deshielo de hormigón reciclado saturado (Rn sat), con una resistencia a compresión de 50,2 MPa, y de hormigón reciclado semisaturado (Rn*), con una resistencia a compresión de 47 MPa frente a hormigón convencional de resistencia a compresión 55,7 MPa.

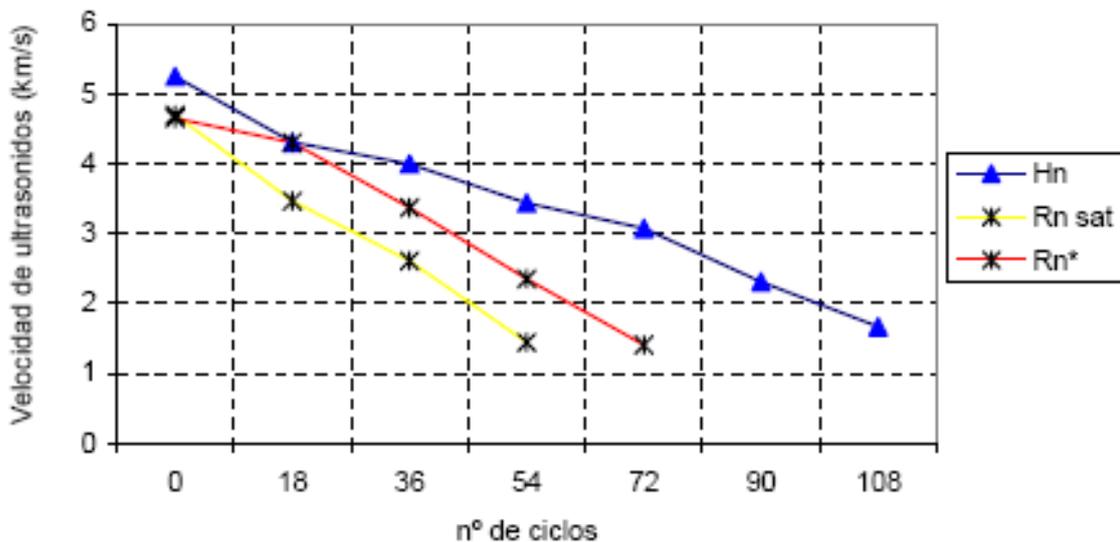


Gráfico 2.10 Resistencia a la helada de hormigón reciclado y convencional.

En ensayos realizados con diversos porcentajes de árido grueso se han obtenido factores de durabilidad comprendidos entre 95 y 100 respecto al hormigón de control. Al sustituir el 20% del árido fino por material reciclado el factor de durabilidad decreció hasta 80. Cuando la cantidad sustituida de árido fino reciclada llegó al 50% se obtuvieron resultados insatisfactorios. En dichos ensayos el contenido de aire ocluido estaba comprendido entre el 3,1% y el 4,5%.

Los valores del coeficiente de durabilidad para hormigones reciclados, ensayados utilizando la norma ASTM C-666(A) y empleando aditivo aireante, son prácticamente iguales que los del hormigón de control, según Limbachiya. En la tabla 2.28 pueden observarse los valores de dicho coeficiente obtenidos en el estudio aludido.

Factor de durabilidad en HR						
f _c (MPa)	H. control	HR (% de AG reciclado)			HR (% de AF reciclado)	
		30	50	100	20	50
35	99	102	100	97	98	97
45	96	96	97	99	96	96

Tabla 2.27 Factor de durabilidad en hormigones reciclados.

Por otra parte cabe reseñar que en los estudios llevados a cabo por Mulheron, utilizando un procedimiento no normalizado en el que los líquidos de saturación fueron agua y una solución de cloruro cálcico, obtuvieron unos resultados ligeramente favorables a los hormigones reciclados tal y como puede observarse en el gráfico 2.11. El número de ciclos hielo-deshielo fue reducido. Dicha mejoría puede explicarse por una mejor distribución en los poros del hormigón reciclado para resistir las presiones provocadas por el hielo.

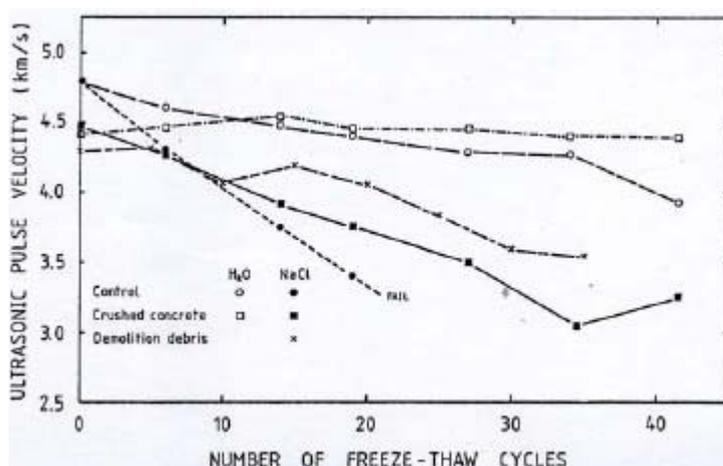


Gráfico 2.11 Resistencia a la helada en hormigones reciclados

2.6.3 CARBONATACIÓN

En este aspecto surgen divergencias sobre el comportamiento del hormigón reciclado frente al proceso de carbonatación. Al respecto, estudios realizados en nuestro país determinan que dicho proceso y el consiguiente desarrollo del frente de carbonatación depende de los valores relativos de permeabilidad del mortero nuevo y del árido reciclado. Si el mortero nuevo es más permeable que el árido reciclado la propagación del frente de carbonatación tendrá lugar a través del mismo; el dióxido de carbono penetrará por el mortero nuevo siendo dicho proceso parecido al de un hormigón convencional. Si, por el contrario, el árido reciclado posee una permeabilidad mayor que el mortero nuevo el frente de carbonatación se propagará a través de él. Tendrá un aspecto más irregular y presentará picos que coinciden con los áridos porosos.

Según estudios realizados en Japón, los hormigones con áridos reciclados presentan una profundidad del frente de carbonatación superior en un 65% al del hormigón de control.

Sin embargo, otros autores apenas hallaron diferencias en la profundidad del frente de carbonatación entre hormigones reciclados y convencionales.

Kasai Y obtuvo un incremento del frente de un 20% y Teranishi K del 50% respecto del hormigón de control.

Puede afirmarse, a la vista de los resultados anteriores, que al sustituir el árido grueso natural por árido grueso reciclado en pequeños porcentajes, la profundidad de carbonatación en los hormigones no aumenta prácticamente. Cuando los porcentajes de sustitución sean mayores la profundidad del frente de carbonatación se hace mayor en los hormigones reciclados.

2.6.4 RESISTENCIA A LOS SULFATOS

El ataque por sulfatos tiene lugar al reaccionar ellos con el aluminato tricálcico hidratado procedente del cemento y dar lugar a la formación de sulfoaluminato tricálcico hidratado. Se le conoce como ettringita o sal de Candot. Dicho compuesto aumenta de volumen dos veces y media. Dicha expansión provoca fisuraciones en el hormigón que facilitan el acceso del agua agresiva y favorece la disgregación del hormigón. En la superficie se forma una papilla blanquecina característica.

En general, y debido a la mayor permeabilidad del hormigón reciclado, la penetración de sustancias con alto contenido en sulfatos susceptibles de atacar al hormigón es más fácil que en el hormigón convencional.

De todas formas la resistencia del hormigón reciclado al ataque por sulfatos será, principalmente, función tanto del cemento empleado para la elaboración del nuevo hormigón como del que lleva adherido el árido reciclado. Si dichos cementos son resistentes a los sulfatos el comportamiento del hormigón reciclado será similar al del hormigón convencional fabricado con cemento SR.

En algunos estudios consultados se observa, al igual que ocurre con otras características, que en hormigones con porcentajes de sustitución del árido grueso que no superen el 30% presentan un comportamiento similar al del hormigón de control. Con porcentajes superiores la resistencia al ataque por sulfatos disminuye.

2.6.5 PENETRACIÓN DE CLORUROS

La mayor o menor permeabilidad del hormigón reciclado será un buen índice de referencia para determinar su oposición a la penetración de cloruros.

Según Collins cuando se realizan sustituciones íntegras del árido el coeficiente de difusión del hormigón reciclado alcanza el doble del valor respecto al hormigón de control. Al sustituir únicamente el árido grueso dicho valor se incrementa en un 30%.

Di Maio y Villagran han obtenido resultados similares, para el proceso de difusión de cloruros en ambiente marino, tanto en hormigones reciclados con sustituciones de hasta el 75% como en hormigones convencionales.

Fukute afirma que la permeabilidad al ión cloruro en hormigones reciclados es superior a la del hormigón convencional. Dicho efecto es aún mayor a medida que disminuye la calidad del árido reciclado. En el gráfico 2.12 quedan de manifiesto estas consideraciones.

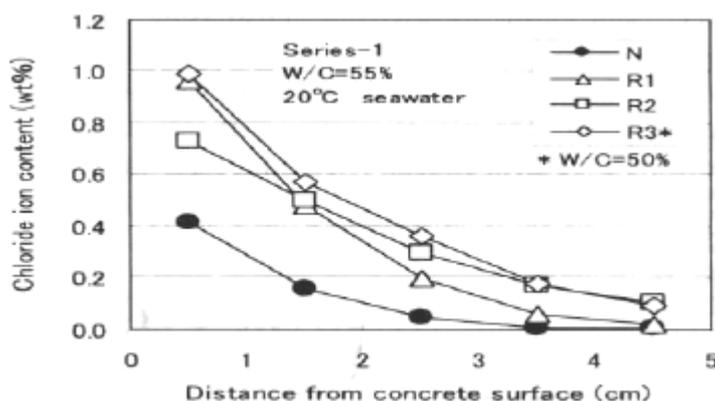


Gráfico 2.12 Penetración de cloruros en hormigones reciclados

El hormigón de control tiene la denominación N. El hormigón R1 corresponde a hormigón reciclado con una absorción del 8,30% para la fracción fina y del 4,25% para la fracción gruesa. El hormigón reciclado R2 tiene una absorción del 12,28% en la fracción fina y una del 4,86% en la fracción gruesa. Por último, el hormigón reciclado R3 tiene una absorción del 2,11% en la fracción fina y una del 0,70% en la fracción gruesa.

2.6.6 REACCIÓN ÁLCALI-ÁRIDO

Dicha reacción tiene lugar, en presencia de agua, entre aquellos áridos que contienen sílice amorfa o parcialmente cristalizada y los compuestos alcalinos del cemento. Da lugar a expansiones que pueden provocar la disgregación del hormigón.

En los hormigones reciclados la reacción álcali-árido se controla igual que en los hormigones convencionales solo que dicho control presenta mayores dificultades debido a la diversa procedencia de los residuos que llegan a las plantas de reciclaje. Cuando los RCDs proceden de un solo origen el control de dicha reacción no presenta inconvenientes. Cuando se utilizan áridos reciclados reactivos, a veces, esta reacción solo tiene lugar cuando el cemento que se utiliza en el nuevo hormigón tiene un alto contenido alcalino.

En áridos reciclados, cuya matriz rocosa no sea reactiva, podemos distinguir cuatro tipos diferentes de reactividad residual debido al mortero adherido que incorporan:

1. Árido reciclado cuyo mortero no contiene partículas reactivas.
2. Árido reciclado donde la reacción álcali-árido en el mortero adherido ya tuvo lugar previamente.
3. Árido reciclado cuyo mortero contiene partículas reactivas. La reacción álcali-árido está produciéndose y es origen de expansiones.
4. Árido reciclado cuyo mortero, a pesar de contener partículas reactivas, no da lugar a la reacción álcali-árido por falta de humedad o de álcalis.

Etxeberria pudo observar la reacción álcali-árido en un hormigón reciclado dosificado a partir de un árido grueso reciclado que era reactivo en su totalidad, tanto su matriz rocosa como el mortero adherido, y en el que, sin embargo, en el hormigón original no había tenido lugar dicha reacción.

2.7 CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE

Del análisis de los datos procedentes de los estudios consultados destacamos, a continuación, algunas de las conclusiones más relevantes que pueden extraerse.

- La obtención de áridos reciclados factibles de utilizarse en la fabricación de hormigón reciclado ha de realizarse a partir de RCDs seleccionados, principalmente, de demoliciones de obra civil y de estructuras de edificación.

- Los diferentes sistemas de clasificación y trituración empleados en la obtención de áridos reciclados y sus combinaciones permiten obtener áridos reciclados con diferentes calidades. La utilización de sistemas, dispositivos y filtros adecuados permiten eliminar, prácticamente en su totalidad, los contaminantes no deseados.

- La diversa procedencia de los RCDs en las zonas de acopio de las plantas de reciclaje hace que, por lo general, las características de los áridos reciclados sean bastante heterogéneas.

- Sucesivos sistemas de trituración aseguran una mejor calidad del árido reciclado pero encarecen el producto final.

- Con sistemas de trituración adecuados dispuestos en la plantas de reciclaje se obtienen áridos reciclados con la granulometría adecuada para ser utilizados en la fabricación de hormigón.

- Durante el proceso de producción se generan mayores cantidades de árido fino y de finos que en el procesamiento de áridos naturales.

- Los áridos reciclados presentan una determinada cantidad de mortero adherido a su matriz rocosa según su calidad. Esta particularidad es la causa principal de la variación en sus propiedades respecto a los áridos naturales.

- La densidad del árido reciclado presenta valores ligeramente inferiores respecto a la de los áridos convencionales.

- Los áridos reciclados poseen una textura, por lo general, más rugosa que la de los áridos naturales y presentan mayor porosidad.

- El coeficiente de forma de los áridos reciclados es similar al de los áridos naturales.

- La absorción es una de las características más desfavorables que presenta el árido reciclado en relación con el árido natural y es quizás el principal inconveniente que presenta para su utilización en la fabricación de hormigón.

- Los áridos reciclados presentan una resistencia al desgaste inferior a la de los áridos naturales.

- La resistencia a la helada de los áridos reciclados suele ser inferior a la de los áridos naturales debido a su mayor porosidad.

- El contenido de cloruros de los áridos reciclados es elevado cuando proceden de hormigones empleados en obras marítimas o de construcciones en contacto con sales que los contengan.

- El árido reciclado puede presentar un alto contenido en sulfatos acumulados en el mortero adherido y en la presencia de impurezas como el yeso cuando los RCDs proceden de edificación.

- Por lo general, los áridos reciclados presentan mayor cantidad de contaminantes e impurezas que los áridos naturales afectando negativamente a las propiedades del hormigón.

- La normativa existente sobre áridos reciclados limita su empleo en función de la absorción, del contenido en contaminantes e impurezas y de la densidad.

- La dosificación del hormigón reciclado se realiza con los métodos empleados en hormigones convencionales aunque se realizan pequeñas correcciones, como un aumento de las cantidades de agua y cemento para conseguir la misma consistencia y resistencia o el empleo de un aditivo superplastificante.

- Saturando los áridos justo antes del amasado se evitará el aumento de la consistencia derivado de la mayor absorción que presenta el árido reciclado.

- La densidad del hormigón reciclado en estado fresco o endurecido es inferior a la del hormigón convencional. La cantidad de aire ocluido en su masa es similar.

- La resistencia a compresión del hormigón reciclado disminuye, en general, respecto al convencional aunque en algunas ocasiones se observan incrementos en dicho valor. El porcentaje de árido sustituido, la calidad del hormigón original y la cantidad de mortero adherido son los factores que más inciden en el valor de la resistencia.

- El módulo de elasticidad, la retracción y la fluencia en los hormigones reciclados son las propiedades más afectadas cuando se sustituye la totalidad del árido grueso, tomando valores sensiblemente inferiores a los del hormigón convencional.

- Al presentar el hormigón reciclado mayor porosidad, absorción y permeabilidad que el convencional el proceso de carbonatación se propagará más rápidamente. En ambientes propicios podrán producirse más fácilmente el ataque por sulfatos o la penetración de cloruros. La reacción álcali-árido tendrá que vigilarse aunque ni los áridos ni el hormigón original del que procedan fueran inicialmente reactivos.

- Por último, indicar que en la bibliografía consultada el análisis de las distintas propiedades del hormigón reciclado se ha llevado a cabo realizando variaciones sobre distintos niveles en cada uno de los factores considerados en los estudios mientras el resto permanecía fijo. Esto les ha permitido evaluar los efectos individuales de cada uno de ellos, a cambio de no considerar un excesivo número de factores y de niveles dentro de cada factor, ya que de lo contrario el número de pruebas a realizar haría, en la mayoría de las ocasiones, completamente inviables dichos estudios en períodos de tiempo razonables.

Capítulo III

MATERIALES Y MÉTODO

3.1 SITUACIÓN ACTÚAL DEL ÁRIDO RECICLADO EN EUROPA

El mercado del árido reciclado en España está en periodo de desarrollo, aunque a un paso lento debido a la situación económica actual, la libertad de extracción, y la abundancia de material.

En esta parte del estudio se va a hacer un análisis de la situación de los áridos, las plantas de reciclaje y los vertederos para hacer un fotografía de la situación actual de este sector reduciendo el foco desde Europa, a España y La Rioja. Para poder ver los modelos que funcionan, las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, y ver si se pueden aplicar medidas a La Rioja para la mejora de este sector, su desarrollo, y ampliar la visión cortoplacista que existe actualmente respecto a este tema en relación al medio ambiente.

EXTRACCIÓN DEL ÁRIDO NATURAL

EUROPA

En Europa la situación varía mucho en función de que país se estudie, hay países con un gran desarrollo de estos temas y con normas y tasas implantados desde la década de los 90 y otros países que están investigando y desarrollando estas áreas en estos últimos años.

El desarrollo de políticas conjuntas en la Unión Europea en muchos aspectos ha servido para ver la situación real de unos países respecto a otros y la necesidad de unas nuevas políticas en algunos países que mejore el mercado del árido, se regule de manera uniforme y con una visión más amplia de la realidad. Esto ha propiciado nuevos grupos de investigación que analizan la realidad de cada país de una forma objetiva, pese a no tener ningún tipo de poder para legislar en este aspecto ya que los países y en el caso de España, las comunidades son las que ponen las normas.

Esto se puede ver en muchos casos como un inconveniente ya que los intereses sobre el tema son mayores, así como las presiones que se ejercen, lo que dificulta la redacción de unas leyes o normas adecuadas a las necesidades reales y con vistas a un futuro más amplio.

De acuerdo a esto las políticas que se desarrollan son título a personal de cada país, algunos ejemplos son:

3.1.1 INGLATERRA

En marzo del año 2000 se anunció el impuesto sobre los áridos y fue implantado en Abril de 2002 con un impuesto de 1,60 libras. El estudio de cómo este impuesto ha evolucionado es interesante, ya que desde que empezaron las negociaciones el gobierno ha tratado de obtener concesiones pidiendo a las empresas que desarrollen una iniciativa privada. Para abril del año 2013 está previsto que el precio del árido aumente a 2,10 libras (2,47 €), es un aumento que se había programado para el año anterior y que se ha visto retrasado por la situación económica que atraviesa el país.

El término “aggregate”, como traduciríamos árido del inglés, no tiene una definición legal en Reino Unido, pero es usada en la industria de la construcción para definir la arena, grava y roca picada usada en la construcción, que son a los materiales a los que se aplica este impuesto. Hay unos requisitos que se deben de cumplir:

- Que sean materiales extraídos en el Reino Unido
- Extraído en minas subterráneas en Reino Unido
- Dragado de las aguas de Reino Unido
- Importado a Reino Unido

Durante esta negociación, tanto las industrias como el gobierno se dieron cuenta de la necesidad de aclarar los límites de la definición de árido. Las áreas que necesitaban aclaración eran:

- Materiales que no sean áridos estrictamente hablando pero que se usan con fines similares, como son arcillas o pizarras.
- Materiales (principalmente de uso industrial) cuya extracción implica necesariamente la extracción de roca, grava, arena, arcilla...
- Materiales que están fuera de la definición pero que necesitan ser aclarados, carbón, metal y turba.

Estos quedaron fuera de la ley y se aceptó que no eran áridos.

Razones fundamentales para el impuesto

Las razones fundamentales para este impuesto han sido dos. En primer lugar la reducción del impacto ambiental asociado a la minería. Y en segundo lugar se ha visto la necesidad de aumentar el porcentaje de reciclaje de los materiales de construcción para reducir la cantidad de materias primas extraídas.

Se han dado cuenta de que la oferta global de áridos esta organizada por un sistema de planificación del mineral, que trata de mantener la oferta más o menos en línea con la demanda, teniendo en cuenta las consideraciones medioambientales, se cree que la limitación de suministro no está bajo las presiones del mercado. El hecho es que la demanda cayó cerca de 300 millones de toneladas a finales de los años 80 hasta unos 250 millones de toneladas a principios de los años 90. A finales de 1990 la demanda de áridos fue en torno a los 220 millones de toneladas.

Otorgando al gobierno su deseo de reducir el impacto ambiental de la extracción de áridos es interesante darse cuenta como la demanda actual contradice las tendencias históricas que se han visto en la demanda de áridos. En 1994 la guía de planificación mineral predijo que la demanda de áridos crecería hasta los 426 millones de toneladas al año en el 2010. No está claro cuál es la causa, puede estar relacionada con edificios más eficientes y la minimización de los desperdicios. Otra razón es también el aumento del reciclaje de los residuos de la construcción y la demolición a causa del impuesto para los vertederos. Y por último, está la controversia sobre el impacto de las cada vez más numerosas carreteras que están siendo construidas, frecuentemente en áreas sensibles, como son espacios de especial interés científico, lo que condujo a la reducción del programa de construcción de carreteras en respuesta al aumento de las protestas ambientales a mediados de 1990.

Desarrollo del impuesto.

El gobierno Británico anunció por primera vez que iba a controlar el coste medioambiental que se producía debido a la extracción de áridos y otros trabajos de minería en Julio de 1997.

Para ello preguntó al departamento de medioambiente, transporte y regional acerca de los costes medioambientales debido a varios tipos de extracción. La investigación incluye, minería y dragado de áridos, piedra, arena y grava. El coste medioambiental abarca desde el impacto en la naturaleza y a los residentes de la zona, hasta los efectos del ruido y el polvo, pero esto varía según los diferentes tipos de extracción. Con la investigación se espera poder hacer frente a estos costes medioambientales que se abordan a través de los consentimientos que se dan para planificación y regulación. Los resultados se consideraron junto con un examen de funcionamiento y el impuesto sobre los vertederos.

Siguiendo estos anuncios, el departamento de medioambiente, transporte y regiones encargó a la London Economics que llevara a cabo un estudio sobre los costes y beneficios del suministro de áridos. En paralelo la asociación de productos mineros pidió al ECOTEC que llevara a cabo un estudio sobre los posibles efectos que este impuesto podía acarrear.

El informe de la London Economics detallando los resultados de su investigación fue publicado en Abril de 1996 en un informe, "El coste medioambiental y los beneficios del suministro de áridos. Fase I" que detallaba los hallazgos de su investigación. El informe pretendía demostrar que existen importantes costes medioambientales asociados a la extracción de áridos y el transporte y que no están dentro de ningún tipo de regulación. También puso de manifiesto que existían importantes costes ambientales asociados al reciclaje de materiales para su uso como áridos.

El informe del ECOTEC cuestionó la necesidad de dicho impuesto cuando los mismos objetivos pueden lograrse a través de un aumento del impuesto sobre los vertederos o volviendo a especificar las excepciones para licencias de residuos que permitían enterrar los residuos de la construcción y la demolición en diques o campos de golf. Sugirió que en cuanto a un impuesto sobre los áridos se tratase:

- Un impuesto sobre los áridos primarios debería ser muy alto para tener un impacto importante en la demanda. (Se estimaba en el informe entre un 0,21 a 0,35 £ para arena y entre 0,3 y 0,5 £ para roca triturada).
- El porcentaje resultante de la reducción, es decir el beneficio ambiental neto, es probable que sea menor que la reducción de la demanda, ya que muchos de los factores externos de los áridos tienden a no variar con la producción.

- Puesto que ya existe una política de planificación que busca adecuar la oferta y la demanda a nivel regional, entonces se podría lograr lo que buscaban a través de un impuesto para restringir el uso de áridos.

Además, aunque esta tasa podía ser buena para recaudar impuestos, se señaló que debido a que el sector público (a través de la vivienda, carreteras, etc.) es un usuario importante de áridos, los ingresos derivados del impuesto vendrían en un primer lugar de departamentos gubernamentales y autoridades locales (aunque esto se podría transmitir a los usuarios de estos servicios).

A causa naturaleza política el asunto y el hecho de que el trabajo no hubiera progresado como se quería, el informe de la London Economics fue objeto de una revisión independiente. Como consecuencia de esto, el gobierno anunciaba en su discurso de 1998 que haría falta más trabajo para informar acerca de la decisión final del impuesto. Una segunda fase de investigación se encargó de analizar tanto el coste medioambiental local como el nacional. Esto es debido a las recomendaciones que dió la comisión independiente de la primera parte de la investigación. Esta segunda fase también se benefició de la orientación de un segundo grupo de expertos reconocidos internacionalmente en este campo.

En base a cuestionarios relativos sobre los impactos ambientales locales de la extracción de las mina, se completaron más de 1.000 encuestas sobre los costes ambientales nacionales. El resultado fue el segundo informe, "El coste medioambiental y los beneficios del suministro de áridos. Fase II" de Julio de 1999 que mostraba que existían unos costes ambientales asociados a la minería incluido el ruido, el polvo, impacto visual y daño a la biodiversidad, que en conjunto se valoraron en un promedio de de 1,80 £ por tonelada de árido.

El anuncio

Continuando con el trabajo el gobierno consideró tres maneras para responder a los hallazgos de la investigación:

- No hacer nada (mantener el status quo)
- Considerar si es posible un paquete de medidas voluntarias propuestas por la industria que podrían abordar los impactos ambientales identificados.
- Introducir un impuesto sobre los áridos y usar todos los ingresos a través de un fondo de sostenibilidad con un nuevo objetivo, ofrecer beneficios ambientales locales a las zonas afectadas en el medio natural afectado por la explotación de canteras.

El gobierno también decidió rechazar un paquete voluntario elaborado por la industria. La decisión de introducir el impuesto fue anunciada el 21 de marzo del año 2000 y entró en vigor en el año 2002.

Hecho imponible

El árido se convierte en deudor de la tasa cuando se explota comercialmente. En términos prácticos esto significa el principio de:

- La separación física del lugar donde fue extraído (excepto cuando se traslada a otro sitio que se ha registrado bajo el mismo nombre que el sitio de origen).
- Utilizarlo para fines de la construcción
- Mezclado con alguna cosa que no sea imputable como árido o con agua.

Como se menciona, el impuesto no se aplica a otros productos de extracción o minería, como son el carbón, la arcilla, la pizarra, metales y minerales metálicos, gemas o piedras semipreciosas y minerales industriales.

Registro del impuesto

Cualquiera que sea responsable de la explotación comercial minera en el Reino Unido está obligado a estar registrado para pagar el impuesto. En la mayoría de los casos, es probable que el titular del emplazamiento donde se extrae el árido pueda ser también el propietario del árido.

Se esperaba que alrededor de 600 compañías se registraran para pagar el impuesto.

Un análisis de Aduana e Impuestos Especiales sugiere que los costes totales establecidos para la industria es de aproximadamente 1,2 millones de £ que equivale a menos de 0,5 peniques por tonelada extraída. El total de costes recurrentes son aproximadamente 750.000 £ por año, que equivale a un promedio de 0,3 peniques por tonelada extraída.

Excepciones

La piedra cortada (o piedra de grandes dimensiones, usada para reparar edificios históricos, hacer la fachada de nuevos edificios y para albañilería funeraria como lápidas) está exenta del impuesto porque no es un árido. Alguien podría encontrar esto un poco extraño ya que el impacto que se produce parece ser similar en los diferentes casos. Sin embargo el material de desecho de este trabajo que se venda como árido si estará sometido al impuesto.

El árido reciclado también está exento de pagar el impuesto, dado que uno de los objetivos de esta política era aumentar el reciclaje, por lo que la necesidad de extracción de materia prima decaería.

Es importante destacar en este estudio las respuestas que dieron desde Aduanas e Impuestos especiales sobre el documento en el que intentaron de manera enérgica la exención de la arena de sílice y para los áridos que son usados en la industria y en la agricultura, como la piedra caliza, incluyendo la producción de cemento, la cal y la utilización de piedra caliza en polvo para algunos procesos.

Los casos adicionales para las excepciones y desgravaciones son, según entiende el gobierno los siguientes:

- Algunos de los materiales anteriores forman parte importante de productos que se comercian de forma internacional cuyos productores en Reino Unido estarían en desventaja frente a los importadores y a los mercados de exportación.
- Los que al contrario de los áridos no tienen ningún material reciclado que los sustituya.
- Algunos de los materiales que ya se usan en beneficio del medio ambiente.
- Los materiales que no eran objeto de la investigación medioambiental y habían sido incluidos solo porque se derivan de la misma procedencia.

La arena sílice y caliza utilizada para procesos establecidos en la industria y en la agricultura quedan exentos de la lista.

Ingresos y su uso

El gobierno estimaba que el impuesto de 1,60 £ por tonelada otorgaría unos ingresos de 380 £ millones (605 millones de Euros). Esto implicaría un mercado de 238 millones de toneladas.

Este impuesto animaría a los compradores de áridos a sustituirlos por áridos reciclados. Por consiguiente habría una reducción del uso de áridos primarios. El gobierno estima que las reducciones en la demanda de árido según estima el ECOTEC en 1998 sería una reducción en la producción del árido de alrededor de un 10% o aproximadamente de 25 toneladas, dentro de un margen de error.

Otro de los objetivos declarados de este impuesto es que el aumento de ingresos podría usarse para reducir otros impuestos y proporcionar mejoras ambientales locales.

Funciones de la organización y de la administración.

El impuesto sobre los áridos está con controlado por la Administración de Aduanas Británica en común con otros impuestos y deberes. Los comerciantes serán responsables de los cánones. La administración será la encargada de gestionar acorde a unas multas y cobro de intereses, el pago atrasado, la declaración errónea, el incumplimiento y la evasión.

Para el gobierno el impuesto también tiene un coste. Poner en marcha la administración necesaria para este impuesto costará 2 millones de £ en el año de la implantación, y 1 millón de £ los siguientes años.

Más interesante es, que durante las negociaciones entre la industria y el gobierno se consideraron los costes previos a la transacción asociados a la aplicación del impuesto. Consultoras del gobierno estiman que el coste podría haber sido superior al 1,5 millones de £ y a ello habría que sumar el tiempo dedicado por los representantes de la industria y los funcionarios del gobierno, que sería considerable dado el tiempo que ha llevado la negociación.

Efectos medioambientales del reciclado de áridos.

El gobierno calculó que parte de esta reducción de la demanda será reemplazada por áridos reciclados y secundarios, con beneficios que compensarán a las empresas que suministren estos productos. Pero ciertamente los datos sobre reciclaje son muy bajos, y esto a lo largo de los debates sobre el impuesto resultó ser un punto importante.

No todos los residuos de la construcción y de la demolición son adecuados para ser reciclados para áridos. Hay límites a la capacidad de reciclado de los materiales. De hecho algunas partes observaban que el efecto de diversas iniciativas algunas de ellas financiadas por el gobierno como el impuesto sobre vertidos consiguió buenas tasas sobre el reciclaje, con niveles difíciles de superar. Sin embargo el gobierno sospechó que este no era el caso, y no existen cifras fiables sobre esta actividad.

Los beneficios ambientales que se produzcan por el descenso en la demanda dependerán en función de cómo ocurra esta demanda. Si el efecto es una leve reducción del número de canteras, es probable que el efecto sea pequeño. Si, por otro lado, ya sea a corto o a largo plazo el impacto es tal que el número de canteras se reduce de forma considerable, los efectos medioambientales serán mayores (en base a que los costes medioambientales asociados a la explotación de canteras no están relacionados con la producción).

El efecto de los impuestos en el precio

El precio del árido en Reino Unido estaba en torno a las 5 £ por tonelada. El efecto del impuesto de 1,60£, lo que hizo fue aumentar los precios un 30% aproximadamente. Y en algunos productos de menor calidad se puede observar un mayor incremento porcentual.

El efecto en productores y consumidores.

Se esperaba que gran parte del impuesto repercutiera sobre los consumidores de los áridos, esto refleja el bajo valor del producto final de los materiales. Limitar el impacto sobre los márgenes de beneficio se intenta a partir de las estimaciones de las industrias de los áridos por la que en cada 1000£ de productos de la construcción hay unas 2 toneladas de arena y grava y algo menos de 3 toneladas de piedra triturada. Esto implicaría un precio base de salida de alrededor de 5£ por tonelada, constituyendo solo el 2% o el 3% del coste de la construcción. Por otra parte la demanda de áridos está altamente influenciada por las decisiones del sector público que es responsable de alrededor de un 40% del total de áridos consumidos.

Efectos en la competitividad

Los efectos que ha producido el impuesto en la competitividad han sido pocos. Los áridos son objeto de comercio internacional, aunque se cree que las importaciones en el Reino Unido son aproximadamente del 1%. El impuesto podría dar lugar a un aumento de las importaciones procedentes de las grandes minas, pero la intención es que las importaciones no supongan un peligro para la competitividad en el Reino Unido y así evitar que el primer objetivo del impuesto, el aumento del reciclaje, desaparezca por un cambio en la importación. Por lo tanto las importaciones estarán sujetas al pago del impuesto sobre la primera venta o al uso en el Reino Unido.

Del mismo modo las exportaciones estarán exentas de pagar el impuesto. Hay que tener en cuenta que más del 90 % de las exportaciones desde el Reino Unido son de una gran cantera situada en la costa. La justificación de esta excepción en las exportaciones es debido a la ubicación remota del lugar y el hecho de que todos los áridos sean transportados por vía marítima, lo que hace que los costes externos sean relativamente bajos. Esto no parece estar probado pero parece que tiene relación con que la densidad de población cercana es muy baja.

Las excepciones que ya se han mencionado han sido diseñadas de forma concreta para asegurar que los efectos sobre la competitividad sean mínimos, por ejemplo en los agricultores, en los productores de vidrio y otros usuarios industriales. Por esto cabría esperar que los efectos sobre otro tipo de industrias tendieran a ser cero.

Efectos en el mercado internacional

No parece que existan efectos obvios sobre cómo afecta al mercado internacional, ya que el impuesto se basa en la primera venta o en su uso en el Reino Unido. Estas ventas no están peor que antes con respecto a la venta en el Reino Unido. En cualquier caso como se mencionó antes, el alto coste del transporte asociado al árido significa que la cuota potencial del mercado afectado por el impuesto es pequeña, y no puede ser un requisito para los importadores registrarse para el pago de un impuesto cuando anteriormente no lo habían hecho. La intención es que toda persona que efectúe actividades con gravamen se debe registrar para pagar el impuesto que en la mayoría de los casos este será el operador de la cantera.

3.1.2 DINAMARCA

La tasa para materias primas en Dinamarca ha estado siempre unida a las tasas sobre los residuos, ambas fueron introducidas en enero de 1990 sustituyendo una carga administrativa que existía desde 1987. Los dos impuestos tienen por objeto apoyar de forma conjunta la gestión de residuos y reducir el uso de recursos. El impuesto es conocido como “La tasa de residuos y de algunas materias primas”. La ley se presentó por primera vez el 8 de diciembre de 1989 y fue puesta en marcha el 1 de enero de 1990.

En un principio el impuesto era de 0,35 DKK (0,047 €) m³ por extracción de materia prima de 1977 a 1983, después aumentó a 0,5 DKK (0,067 €) m³ de 1983 a 1990. Desde 1990 el impuesto ha sido 5,00 coronas danesas por m³ (0,67 €).

Mientras en 1987 se introdujo un impuesto de 40 DKK por tonelada de residuos depositada en vertedero o incinerada. En 1993 se diferenciaron y la tasa por vertedero aumentó hasta los 335 DKK y llegó en 1998 a las 375 DKK. La intención de estos dos impuestos era reducir el consumo de materiales naturales y sustituirlos por materiales reciclados.

El impuesto es recaudado después de que las materias sean extraídas o importadas y los materiales a los que afecta son:

- Piedra, grava y arena
- Caliza y tiza
- La turba y tierra vegetal y depósitos similares.

La lista completa de materias primas que están sujetas al pago de impuestos está unida a la legislación implantada con la conversión de factores a metro cúbico, por ejemplo 1 tonelada de grava = 0,6 m³.

La cantidad a pagar por el extractor está basada en la cantidad de materia prima en metro cúbico, que es enviado por los registros de la empresa durante un periodo de tiempo que suele ser de tres meses. Las empresas extractoras y los importadores de materias primas tienen que estar registrados. Las empresas registradas que usan materias primas en alguna parte del proceso tienen que dar cuenta de la cantidad del material usado para el pago de impuestos. Por otro lado las materias primas enviadas a países extranjeros no están sujetas al pago de impuestos.

Existen excepciones en el pago de impuestos para:

- Materiales naturales extraídos para proyectos costeros usados para la protección de las playas contra la acción de la erosión.
- Materiales del suelo marino que proviene del mantenimiento y de los proyectos de dragado y que sirven como materias naturales.
- Productos residuales y productos de desecho que han sido extraídos de depósitos ya cerrados.
- Capa superior del suelo que se extrae sin necesidad de pagar.
- Materias primas comercializadas extraídas o importadas por un comercio, cuando la cantidad anual es menor de 200 m³.

Sin embargo hay casos donde la extracción no está formalmente considerada como “extracción de materia prima” y por lo tanto no es necesario el pago del impuesto, por ejemplo cuando es necesario el movimiento de grava para un proyecto de carreteras. Los materiales reciclados y los residuos no entran dentro del pago de impuestos.

Los ingresos y el uso de los ingresos.

Los ingresos que se producen por este impuesto van a parar al estado. Nunca ha habido ninguna medida compensatoria para los sectores de la extracción o uso de minerales. Tampoco hubo ningún periodo de transición para el sector cuando el gobierno aprobó la ley.

En la siguiente tabla se puede observar la evolución de los ingresos.

Año	Ingresos del impuesto
1995	135,7 (18,2)
1996	134,8 (18)
1997	144,8 (19,4)
1998	156,5 (21)
1999	183,5 (25)

Tabla 3.1. Ingresos del impuesto a las materias primas

Objetivo del impuesto

El impuesto sobre los recursos naturales está destinado únicamente a reducir la extracción de recursos. Antes de 1990 el impuesto que existía en su lugar fue pensado para reducir la extracción y aumentar los ingresos para ayudar con la cartografía de los recursos naturales.

Los papeles de la organización y de la administración

El Ministerio de Medio Ambiente diseñó la primera versión de la ley, las posteriores enmiendas fueron diseñadas por el Ministerio de Hacienda a excepción de una en 1992. La responsabilidad para la implementación y la administración de los impuestos es del Ministerio de Hacienda, quién también decide si va a haber alguna excepción, y lleva a cabo el desarrollo de estas excepciones. Este ministerio también lleva el control de los niveles de extracción, con un sistema que existía antes de que entrara en vigor el impuesto.

La administración y el control de este impuesto suponen una carga incluso para este pequeño impuesto. En el año 1989 el coste estimado para la aplicación del impuesto fue de 752.000 coronas danesas y 1.135.000 coronas danesas para las operaciones realizadas en el año.

Complementos dentro de los instrumentos políticos.

La ley de recursos naturales fue aplicada al mismo tiempo que el impuesto sobre las basuras. Se pretendía que las dos leyes sirvieran para limitar el uso de materias naturales y para promover el reciclaje de los productos de construcción.

Efectos en el medio ambiente

Las pruebas nos informan que la aplicación de este impuesto ha tenido muy poca o ningún efecto sobre la extracción de materias naturales. Con un aumento de los impuestos para materiales naturales podría cambiar pero el cambio es muy bajo así, que el impuesto tendría que cambiar muy significativamente.

En ese sentido las tasas anuales de la extracción son pobres para la efectividad de la cantidad de materia prima requerida en cualquier año, ya que dependen principalmente de la necesidad de los materiales de construcción (entre 24 y 40 millones de m³).

En ese sentido el mejor indicador de efectividad es el porcentaje de uso de materiales reciclados. El 90% de material de demolición es ahora reciclado (esto es igual a 1 millón de m³

de y es la cantidad máxima siendo realistas). Esta, está en línea con el objetivo del impuesto pero es necesario mucho más para conseguir bajar los impuestos de los residuos y para las nuevas empresas que piensan en el medio ambiente.

Se puede comparar las tasas aplicadas a los residuos de materiales y a la extracción de materias primas.

- Residuos enviados al vertedero: 375 coronas danesas por tonelada.
- Residuos enviados a plantas de producción eléctricas: 280 coronas danesas por tonelada.
- Residuos enviados a diferentes tipos de plantas de incineración: 330 coronas danesas por tonelada.
- Materiales naturales: 5 coronas danesas por m³.

Desde que los materiales extraídos son relativamente densos, la tasa de impuesto para materiales naturales es de menos de 5 coronas danesas por m³. En la práctica, sólo la tasa de vertedero se aplica a los materiales de construcción desde que estos no pueden ser incinerados. Así, la economía de usar o no materiales primarios o secundarios en el contexto de la demolición/desmontaje y construcción es por lo que se paga un impuesto por los materiales naturales que es menos de 5 coronas danesas por metro cúbico o se recicla y se evitan unos impuestos que son 75 veces más. La relativa fuerza de los dos incentivos es lo que hace que se espere que reciclar sea la consecuencia clara de los beneficios de evitar el pago de los diferentes impuestos.

A parte de esto desde el comienzo del impuesto en 1990, todos los áridos usados en el mar, puertos, defensas deben de estar hechos con material reciclado, lo que supone una cantidad de 8 millones de m³. Esto forma parte de la legislación.

El efecto en productores y consumidores

Los sectores clave afectados son el de la construcción (y demolición por la tasa de residuos) y el de la producción de cemento. No hay información sobre los efectos en la cadena de valor para la mayoría de los productos, ya que es pequeño en relación con el valor final. Por lo tanto la carga fiscal recaerá principalmente en los consumidores finales.

El precio de venta para los materiales relacionados con este tipo de impuestos varía de un producto a otro. Esto puede variar aproximadamente de 15 a 150 coronas danesas por metro cúbico y por ello el precio se puede incrementar con un porcentaje que está entre el 3% y el 33%.

Pero los efectos no han sido lo esperado y el consumo ha venido marcado por los intereses de los mercados y la economía, y el consumo no ha descendido.

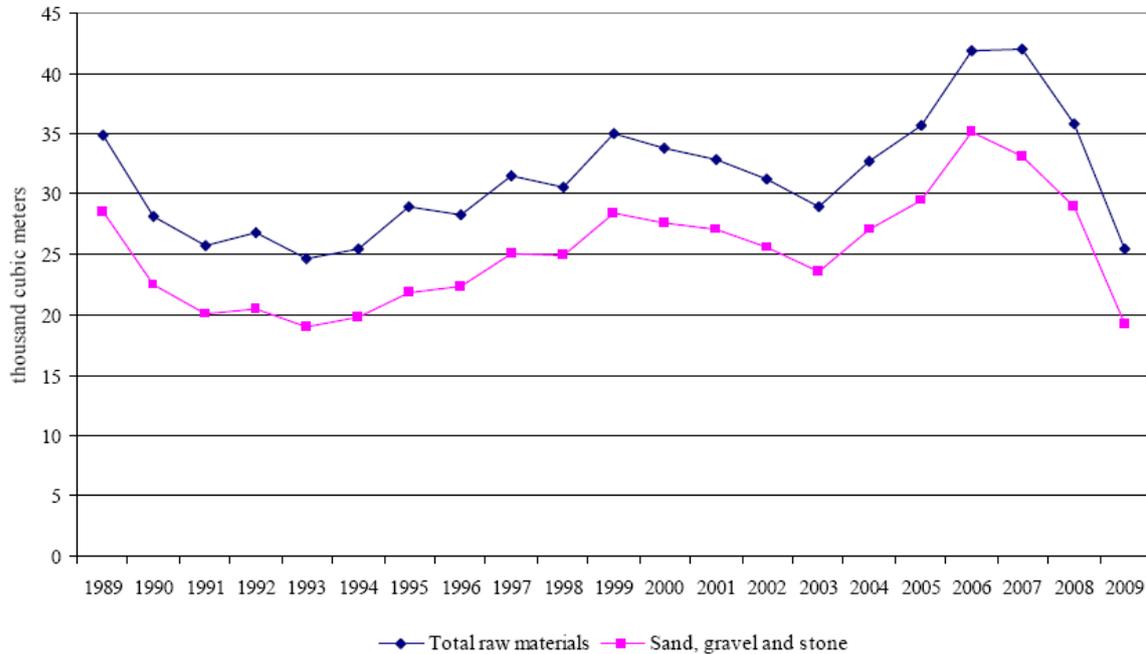


Gráfico 3.1 Extracción de materiales naturales en Dinamarca, 1989-2009

Fuente: Statistiken (2010)

Sin embargo si que ha aumentado el porcentaje de reciclaje de los residuos de la construcción y la demolición, mientras en 1985 solo se reciclaba el 12 %, en el año 2004 esa tasa aumentó hasta el 94%.

Impactos en la competitividad

Las cuestiones de competitividad llevan al diseño del impuesto por lo que las materias primas enviadas a países extranjeros no están sujetas a los impuestos y las empresas extranjeras que importan a Dinamarca deben de pagar los impuestos. No se han visto efectos en la competitividad como resultado directo de este impuesto.

Efectos en el mercado internacional

No hay preocupaciones para la creación de un mercado único. Por la naturaleza de las materias primas no hay efectos en la Unión Europea. Las empresas extranjeras que exportan material a Dinamarca tienen que pagar el impuesto mientras que las empresas danesas que exportan no están sujetas a este impuesto.

Impactos en el comercio

No hay cambios en los modelos de mercado

Impactos en el empleo

No hay cifras, pero el efecto del impuesto es tan pequeño que no se pueden esperar efectos al no ser que vengan del reciclado de los residuos de la construcción y demolición, pero esto es probablemente debido al impuesto sobre los residuos. Pero como ambos están bajo la misma legislación, sus efectos son difíciles de distinguir.

3.1.3 SUECIA

Por razones ambientales, el gobierno sueco introdujo en 1996 la Ley referente a los impuestos de materiales naturales, lo que se supuso un impuesto a la extracción y venta de grava. Cualquier empresa o persona que quiera explotar un emplazamiento necesita un permiso del servicio natural de de conservación, aguas y carreteras. Sin embargo, actividades dentro de las graveras para su mantenimiento están exentas del pago.

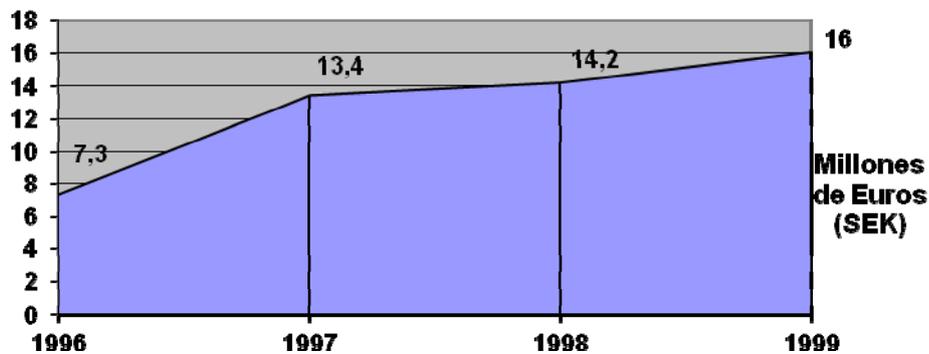
La tasa fue introducida por primera vez en julio de 1996, con un impuesto inicial de 5 coronas suecas (0,5674 €) por tonelada de grava natural. Este impuesto se puso en marcha intentando no hacer mucho daño a las pequeñas graveras. Aunque el gobierno hubiera querido situar la tasa en el doble, se consideró que esto precipitaría el cierre de algunas minas de grava.

Lo que se intentaba conseguir con este impuesto era informar e incentivar acerca de los áridos a los usuarios. A su vez se quería dar salida a otros materiales alternativos a un precio más competitivo. Es importante apreciar que el término árido normalmente se refiere a tres materias primas básicas en construcción y en ingeniería civil, como son la grava, la piedra triturada y la arena, de los cuales el árido y la arena están sujetos al impuesto.

La grava es vista como un material de incalculable valor en Suecia desde que son parte de una reserva importante para el abastecimiento de agua potable. El Instituto Geológico y Minero de Suecia, predijo en 1994 que 80 municipios habrán acabado sus recursos de grava natural en el año 2024, 40 de ellos en el sur de Suecia no tendrían grava natural en el año 2004. Por el contrario en el norte de Suecia tienen para 700 años con las reservas de grava existentes. Esto hace ver que para toda Suecia existía una clara necesidad de desarrollar un instrumento económico para desviar el consumo fuera del valioso recurso, especialmente en el sur del país.

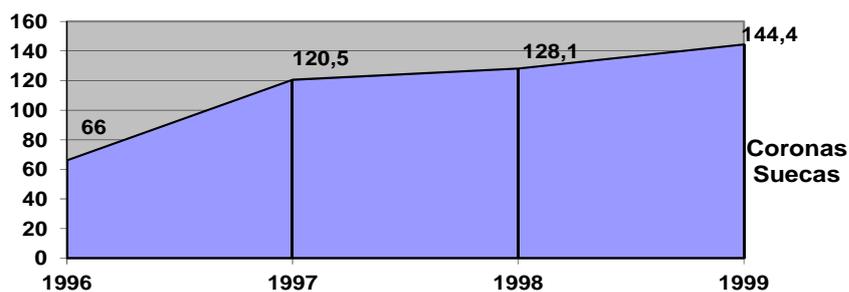
Los ingresos de este impuesto, que ha crecido de forma exponencial con los años, hicieron que los productores de grava se centraran en otros materiales alternativos, mientras los ingresos del impuesto los recibe el gobierno central. Esto puede ser debido a que en los primeros años no todos los extractores de grava pagaban sus impuestos.

Mientras las licencias de uso dan una indicación del total de toneladas de grava permitidas que pueden ser extraídas hasta una fecha concreta, pero esto no es una medida de la cantidad de toneladas extraídas en un año, y por eso que los productores de grava están obligados a informar a la Administración del Condado y al Instituto Geológico y Minero de Suecia la cantidad exacta de toneladas extraídas en el año anterior.



Gráfica 3.2 Ganancias de los impuestos sobre la extracción de áridos (€)

Fuente: Gävle Tax Authority



Gráfica 3.2 Ganancias de los impuestos sobre la extracción de áridos (SEK)

Fuente: Gävle Tax Authority

Los impuestos son pagados cuando la grava es vendida o usada, y si pertenece a una empresa de construcción la frecuencia con la que deben de pagar estos impuestos se determina en función del umbral del impuesto anual al que correspondan.

Umbral para la tasa anual en coronas suecas (EUR)	Frecuencia de Pago
<10,000 (1110)	Una vez al año
10,000 – 20,000 (1110 – 2220)	Dos veces al año
>20,000 (2220)	Todos los meses

Tabla 3.2 Frecuencia de pago de los impuestos

Fuente: Gävle Tax Authority

Sin embargo un estudio realizado en 1995 revela que el coste administrativo y el control de las tasas supone para la administración un coste aproximado de 3.5 millones de coronas suecas al año. Y con un coste similar para las empresas, la conclusión después de esto es que el coste total administrativo del impuesto sobre la grava es del orden de entre 5-10 millones de coronas suecas cada año.

En el año 2003 la tasa sobre la grava natural alcanzó las 10 SEK (coronas suecas) por tonelada de grava, con el fin de aumentar los efectos de este incentivo. Y ya en el año 2006 la tasa se situó en 13 SEK, más del doble de lo establecido cuando se creó en 1996.

Usos complementarios

Hay otros usos en los que es necesario el uso de áridos, en el caso de Suecia, la Administración Nacional de Carreteras requiere una gran cantidad de áridos para mantener en buen estado los 100.000 kilómetros de carreteras públicas, para prevenir la penetración del hielo y los continuos ciclos de hielo-deshielo a los que están sometidos. Por eso la Administración nacional de Carreteras ha ido aumentando sus estándares de calidad desde 1994 premiando el uso de roca triturada en lugar grava. A menudo la roca triturada es el único material que cumple los estrictos requisitos y el uso de la grava para la pavimentación de carreteras se ha reducido a causa de estos estándares. Mientras que Administración Nacional de Carreteras aseguraba que se estaba usando más roca triturada, esto no se nota desde que el impuesto ha sido creado y se puede observar que entre los años 1996 y 1998 el uso de grava y arena aumentó en proporción al total de árido usado, solo en el año 1999 descendió, aunque el total de grava y arena no ha cambiado desde el año 1998. Los altos estándares que se exigen para las carreteras en paralelo al impuesto sobre la grava pueden estar enturbiando algunos impactos del impuesto.

Otro impuesto que existe y que afecta a la extracción de grava es un gravamen fijo a la excavación y al dragado. En Suecia todas las compañías aplicaban una carga de 0,26 coronas suecas por tonelada desde el 1996 hasta el 2000, al coste de la excavación de materia prima, como la grava y la arena. Y no hay excepción para este impuesto, que se implantó en el año 1886 y que no está visto como una medida medioambiental. Desde el gobierno sueco

confirman que la intención original del impuesto era para financiar la búsqueda de materiales alternativos para la construcción.

Otras políticas que se usan relacionadas con los materiales naturales:

-Código medioambiental 1999:

Es la legislación más importante referente a la protección medioambiental, incluyendo la gestión de los medios naturales. Este código no habla del impuesto sobre la grava pero si sobre el impuesto de la extracción de materias naturales.

- Coste de excavación para la piedra caliza:

Fue introducida en 1996 con una tasa de 0,0004 coronas suecas por tonelada y ya había alcanzado los 4,47\$ en 1997. El dinero es destinado a cubrir los costes generados en las tramitaciones de las autoridades y en las solicitudes para ejercer el control y regulación de las operaciones de extracción. También está destinado a investigación y trabajo de campo.

- Impuesto de vertedero:

La grava, tierra, arcilla, pizarras, calizas y otros tipos de piedras están exentas de pagar el impuesto de 250 SEK (28,36 €) por toneladas en vertederos especiales que no se usan para otros desperdicios.

Efectos medioambientales y efectividad.

La grava y la roca triturada se usan principalmente para las cimentaciones de edificios y trabajos de ingeniería civil y en la producción de hormigón y asfalto para carreteras. La arena no se recomienda para cimentaciones pero se usa en la producción de hormigón.

Hay una cantidad significativa de material desperdiciado cada año en Suecia, cerca de un millón de toneladas de hormigón y 200.000 toneladas de restos de ladrillo. Desde la administración de carreteras se está investigando mucho a cerca de la posibilidad de usar otros materiales para pavimentar las superficies, usando materiales como el hormigón triturado, escorias de metal, cenizas de plantas de incineración. En Suecia se produce mucho acero así que las escorias de metal se pueden usar para construcciones locales.

Se entiende que existen ciertos requerimientos técnicos que hacen difícil poder reciclar algunos materiales, eso hace que haya un debate interno sobre si el hormigón que se obtiene es suficientemente fuerte para usarlo de forma efectiva.

Las previsiones que se tenían eran que la extracción de grava natural debía de ser menor de 12 millones de toneladas en el año 2010, y que además el porcentaje de materiales reciclados usados debía alcanzar el 15% del total usado.

El uso de grava natural descendió desde 1984 de forma considerable. En el año 1984 la grava natural suponía el 82% del total de la producción de áridos y en el año 2008 este porcentaje había caído hasta el 19%, mientras que el porcentaje de roca triturada u otros materiales sufrían un aumento en la misma proporción.

La sustitución de la grava natural por la roca ha tenido otros efectos indirectos, como por ejemplo que ha aumentado el consumo de energía en el sector.

El gobierno sueco transformó su propósito para el año 2010, y fijo una nueva meta para el año 2020, y esta es que para el año 2020 la extracción de grava natural tenga lugar donde las acumulaciones de grava no sean imprescindibles para el abastecimiento de agua potable.

Las condiciones del mercado de áridos

El consumo de arena y grava ha descendido de forma clara desde el 82% en el año 1984 al 40% en el 1998, y también se puede observar que afecta de una forma más clara a partir del año 1996 en el que se introduce el impuesto, pero para hacernos una idea más clara sería necesaria tener los datos año a año para reflejar la evolución real.

Año	Total de arena grava y roca usada	Arena y grava Millones de toneladas	Arena y grava (% del total)
1984	85	70	82%
1994	85	41	48%
1996	70	32	45%
1998	75	30	40%

Tabla 3.3 Cantidad de arena y grava usada en proporción al total de los áridos

Fuente: Administración Nacional de Carreteras de Suecia.

Efectos secundarios

Para el año 1999 el mercado de los áridos había reducido su tamaño a la mitad del que tenía en el año 1990, reflejando la reducción de la actividad del mundo de la construcción. Se cree que el mercado de los áridos ha reducido un tercio sólo entre el año 1995 y el 1997, con una parte del mercado cada vez más en manos de las grandes operadoras. En consecuencia había un exceso de capacidad en el mercado con muchas minas con reservas. En el año 1999 aproximadamente el 50% de las graveras estaban en uso.

Tamaño del mercado

El Instituto Sueco de Geología hace un estudio anual del volumen de producción en Suecia por condados y por áreas locales. De acuerdo con estos datos entre 326 y 370 millones de euros se mueven en el mercado de los áridos. Se cree que en el año 1997 la cantidad de áridos que se vendieron fue de 62.629.000 toneladas, lo que equivaldría aproximadamente a 366 millones de euros.

El efecto en los productores.

Tan solo seis meses después de que se introdujera el impuesto sobre la grava, comenzaron a aumentar las solicitudes para la extracción de piedra, lo que implicaba un cambio hacia productos de piedra triturada.

La Comisión de Grava Natural estimó que la diferencia de precio entre extracción y producción y la grava natural y la roca triturada era de 7-8 coronas suecas. Sin embargo el precio final para el consumidor tenía que incluir el coste del transporte. El precio de la grava aumentó de 40-50 coronas suecas a 120 coronas dependiendo de la calidad y la localización. El coste del transporte influye en el precio que puede ser cargado al material por lo tanto el impacto de las tasas que incrementa el precio de la grava entre un 4% y un 12% es asumido por el consumidor. Por otro lado la información se obtiene de las grandes empresas de la construcción del país, que informan de que este impuesto ha servido para igualar el coste de usar roca triturada y grava.

Impacto en la competitividad

A nivel nacional

Mientras que la comisión nacional de grava reconoce la existencia de un gran número de competidores en Suecia, el mercado del árido está experimentando un cambio en las proporciones de roca y grava usada, lo que puede hacer más difícil el seguir siendo competitivos a las empresas pequeñas, que los costes de inversión sean más altos para la producción de roca triturada que para la grava favorecerá a los grandes proveedores económicamente más fuertes. Sin embargo, se entiende que un pequeño número de proveedores que en estos momentos tenían capacidad para aumentar la extracción de roca no vayan a aumentar la inversión en la extracción de roca en un futuro cercano.

Quizás es de gran importancia para el mercado la creencia de que los áridos obtenidos como resultado de la actividad de la construcción en si misma, por ejemplo la construcción de

un túnel pueden ser utilizados por el contratante para sus propias construcciones en el sitio de la extracción o lo que es menos frecuente, venderlas en el mercado.

A nivel internacional

El área de desarrollo sostenible del Gobierno Sueco reconoce que sus políticas de impuestos verdes están adaptadas a los impuestos similares en otros países.

Impactos sobre el comercio y el mercado internacional.

De los mercados vecinos de Suecia sólo Dinamarca tiene un impuesto sobre las materiales naturales que incluye la grava. Dinamarca estudió entonces una tasa de extracción del suelo, lo que incluiría grava y arena, que tardó algún tiempo en introducirse.

Es raro que grandes cantidades de árido se importen o exporten debido a alto coste del traslado por lo que es este punto no es necesario tenerlo en cuenta. Los impuestos de Suecia son para la importación y la exportación de grava pero no permite a los exportadores reclamar este impuesto al sistema como en el sistema danés. Esto implica que hay discriminación contra los exportadores de grava natural suecos a favor de los de Dinamarca; mientras los exportadores daneses sólo pagan las tasas en Suecia, los suecos pagan dos veces, como importación en Dinamarca y exportador en Suecia. Sin embargo esto tiene sentido con el objetivo de la tasa, exportar un recurso natural nacional es una amenaza por la disminución de material, pero no quita pata que pueda parecer perverso en este contexto.

Impacto en el empleo

No se sabe hasta que punto este impuesto ha afectado a la industria del árido. Mientras que algunas graveras pueden haber cerrado, la mayor parte de la mano de obra puede seguir estable. Parece que la relativa poca intensidad de la industria ha hecho que el impacto neto de la aparición del impuesto sea bueno hablando en términos laborales por el uso de fondos públicos para el empleo.

Impacto en el consumidor

Los costes del transporte son muy altos en Suecia, por ejemplo el coste de transportar una grava de baja calidad entre 20 y 30 kilómetros, es igual al coste en si mismo de la grava, por eso la distancia de la gravera al consumidor es crucial para determinar el precio final de la grava. El impuesto además aumenta la viabilidad del consumidor de comprar productos de roca triturada o productos reciclados.

La equidad y los efectos de distribución.

La industria de los áridos esta polarizada por la presencia de grandes compañías, (que se cree que forman una oligarquía) y otras muchas pequeñas compañías.

3.1.4 ITALIA

Objetivos del impuesto y su diseño.

En Italia la aplicación del impuesto sobre la grava, la arena y la roca no está centralizado y está en vigor desde principios de los años 1990. No hay un impuesto a nivel nacional sino que cada región aplica diferentes porcentajes a nivel provincial y municipal por los metros cúbicos de arena, grava y roca extraída. Está establecido por la legislación que los ingresos obtenidos de este impuesto se destinarán a inversiones compensatorias en las localidades donde se da la actividad de la cantera. En Italia la carga de los impuestos sobre los áridos es un elemento de planificación, autorización y regulación muy compleja en lo que se refiere a las actividades mineras. La eficacia de los impuestos sobre los áridos no se puede tener en cuenta de forma aislada a otras características y al trabajo del sistema administrativo.

El estudio se centra en dos grandes regiones del norte, la de Lombardía y la de Emilia-Romaña, que juntas tienen unos 12 millones de habitantes (21 % del total de Italia) y más del 22% del PIB en 2004. Para estas dos regiones, la cantidad y calidad de los datos portados por las administraciones locales son suficientes para llevar a cabo un análisis econométrico que exploró el papel de los impuestos y la demanda y suministro que influye en los niveles de extracción.

Vista sobre el mercado italiano

En el año 2004, la industria de los áridos estaba compuesta por unas 1.796 compañía que operaban en 2.460 emplazamientos. El tamaño de las empresas italianas es más pequeño que la media de las empresas en Europa y el mercado es más competitivo. Se estima que la producción total estaba en torno a los 358 millones de toneladas de los cuales, arena y grava son unos 220 millones de toneladas y la roca triturada, 135 millones de toneladas. Los áridos representan en torno al 54% del total de los espacios mineros que existen en Italia. De acuerdo con la asociación de la industria ANEPLA, el siguiente producto más importante es la piedra ornamental con cerca del 31%, particularmente el mármol, del cual Italia es el mayor productor y exportador del mundo.

Desafortunadamente no existen datos a nivel nacional sobre la extracción de áridos naturales en Italia. Hay estimaciones indirectas que indican que las extracciones han ido creciendo desde 1997/1998 en línea con la tendencia al alza que ha existido en la

construcción, sin embargo esta tendencia desaceleró en el año 2000. No existen series temporales sobre los precios del árido en Italia y según la industria los precios publicados en la Cámara de Comercio no se puede considerar algo representativo, ya que este mercado se compone de muchas transacciones privadas directas con condiciones muy variables. Por ejemplo la apertura de un nuevo lugar de construcción puede aumentar el precio de los áridos en una zona concreta. En entrevistas con la industria se sugiere que la media de los precios del mercado ha crecido en los últimos años y en el año 2007 los precios eran de 8-9 € por tonelada en Lombardía y 15€ por tonelada en Emilia-Romaña.

En el año 2002 en Italia se produjeron en torno a 40 millones de toneladas en residuos de la construcción y demolición, la mayor parte de ellos en el norte de Italia, de los cuales sólo 3,7 millones de toneladas fueron reciclados en el año 2004. El potencial que tiene el reciclaje está poco explotado y limitado por factores económicos, de regulación y de organización. Desde el punto de vista económico, debido principalmente a una pobre presentación del árido reciclado, este no es competitivo con el árido natural en términos tanto de precio como de calidad. La industria italiana de la construcción tiene una clara preferencia por los materiales naturales excepto para algunos usos específicos como son el de relleno. Cambios recientes en las especificaciones técnicas para el árido reciclado y los contratos para trabajos públicos hacen que se espere un aumento de la demanda en el futuro. La administración, la legislación y el sistema de planificación de la minería en Italia es complicada, a diferencia de otros sectores, se refleja una descentralización significativa de las responsabilidades y de los procedimientos, incluyendo la definición y el manejo de los impuestos de la extracción

En Lombardía, la ley en vigor es la Ley Regional 14/1998. Esta incluye la regulación del planeamiento, la explotación, monitorización, información y datos. El planeamiento está basado en un plan regional según las bases del plan provincial aprobado en la región. Este plan provincial incluye la identificación de posibles emplazamientos, la cantidad y la calidad de los materiales a extraer, las técnicas de explotación permitidas y la designación final cuando los materiales a extraer se agoten. Este acuerdo incluye la garantía del pago anual del impuesto al ayuntamiento, con el compromiso de llevar a cabo la ejecución y el pago de la restauración de la cantera cuando la actividad cese.

El marco institucional en Emilia-Romaña es diferente. La legislación vigente es la Ley Regional 17/1991. Esta es una guía para los planes del territorio regional y la identificación de los lugares que existen dentro de la comunidad para la extracción. Los planes municipales de extracción establecen en que puntos se pueden hacer extracciones, el criterio y los métodos de explotación y las condiciones relativas a la restitución del lugar una vez clausurado el sitio. Las actividades mineras deben de estar autorizadas por el alcalde del municipio que recibe el dinero obtenido por los impuestos referentes a la extracción, incluidos los gastos relativos a la clausura del sitio.

En general las cuatro partes principales que actúan son la Región, la Provincia, el Municipio y el dueño del sitio y esto es similar en toda Italia. Sin embargo las reglas varían en algunos aspectos: la carga extraída permitida, para que son los ingresos, como están distribuidos y los requerimientos para la extracción del sitio. No todas las regiones, particularmente las del sur, tienen buenos planes de desarrollo, cargas, inventarios... En algunas áreas del sur de Italia, tanto las canteras como los vertederos se ven envueltas en actividades ilegales relacionadas con organizaciones criminales.

Principales hallazgos del estudio de Italia.

Desde finales de los años 90, en Bolonia, concretamente la región de Emilia-Romaña, ha experimentado un aumento considerable en la inversión en la construcción. La extracción de árido nacional se ha expandido y en consecuencia los precios medios han aumentado. Las importaciones netas de los áridos, especialmente la grava y la roca triturada han ido en aumento desde finales de la década de los 90, aunque esto es una pequeña parte, solo un 1%, de la extracción total.

El impuesto sobre el reciclaje no está destinado a reducir la cantidad de árido extraído ni a promover el reciclaje. Su objetivo es contribuir a los costes externos asociados con las actividades extractivas a través de la financiación de la inversiones para la conservación de las tierras realizadas por los municipios y otras instituciones que comparten los ingresos, que en su mayoría se acumulan en los municipios,

Los resultados del análisis y las entrevistas sugieren que el efecto del impuesto sobre la extracción es muy limitado, el nivel de impuestos es generalmente demasiado bajo, entre 0,41-0,57 €/m³ para tener un efecto real en la demanda. Aunque hay variables dependiendo de las regiones, lo obtenido de este impuesto se calcula en 110 millones de Euros, que es el 5% del volumen total estimado en la industria.

La extracción y suministro de árido es controlada por los planes regionales y provinciales de minería igual que las cantidades extraídas. Los objetivos medioambientales de los planes están generalmente destinados a minimizar los impactos externos, el apoyo a la gestión sostenible de los paisajes, y la disponibilidad de múltiples valores públicos en la región.

El nivel de árido reciclado usado es muy bajo debido a diversos factores:

- Los bajos impuestos de extracción y de vertederos.
- La preferencia en el sector de la construcción de materiales naturales (debido a la pobre calidad de los materiales reciclados y el relativo bajo precio de las materias primas)

- Falta de inversión en las actividades del reciclaje.

En el análisis econométrico de los dos grandes regiones de Lombardía y Emilia-Romaña, se destaca el importante papel de los impulsores de la demanda y papel más limitado de los impuestos en las decisiones de la extracción. Aunque la disociación de la extracción y el PIB se producen en cierta medida, esto no es debido a las cargas sobre la extracción.

No ha sido posible evaluar los usos de los ingresos obtenidos por los impuestos sobre el árido por la administración local. Y tampoco hay información del uso que se hace con los ingresos obtenidos. Sin embargo la información que proviene de diversas entrevistas sugiere que muchos de los ingresos no son invertidos en recursos del medio ambiente en la proporción que se esperaba. Por otro lado hay buenos ejemplos del uso de esos fondos. En algunos casos los ingresos son usados para restaurar antiguas canteras, que no fueron restauradas en el pasado debido a la poca regulación y la falta de control que había entonces.

De la experiencia en Emilia-Romaña, donde el impuesto fue diseñado en un principio como un impuesto medioambiental, basado en el principio del que contamina paga, con el fin de corregir los fallos a través de una medida correctora basada en los precios. En el desarrollo de esta política, los administradores locales se dieron cuenta de que solamente el pago del dinero no era suficiente, y los efectos indirectos que surgen de la integración fiscal eran más importantes.

Un efecto indirecto de la introducción del impuesto del árido ha sido la de conseguir más información y de mejor calidad de la monitorización de las actividades de extracción. Esto ha hecho que sea necesario para las autoridades saber la cantidad exacta de árido que se extrae al año con el fin de calcular el impuesto, lo que obligó a tener muy organizadas las actividades de vigilancia de la cantera. Antes de existir este impuesto del árido el seguimiento era bastante inexistente y precario. Esto ha llevado a fomentar cambios importantes que se requerían en la gestión de estas actividades:

- Mejor conocimiento y entendimiento de las actividades, principalmente para la construcción de bases de datos, los cuales han crecido en calidad y cantidad desde mediados de los 90, para registrar con precisión y poder profundizar en los datos de la cantera.
- Para que el sector asuma la responsabilidad legal y declare la cantidad real de material extraído al cabo del año.

También deben demostrar el grado en el que las operaciones realizadas cumplen los términos establecidos en la planificación en relación con la cantidad, la profundidad, las distancias... Las autoridades administrativas tienen la responsabilidad legal de verificar la exactitud de las declaraciones de cada una de las empresas.

La introducción del impuesto por lo tanto ha dado lugar a datos más precisos sobre la cantidad de materiales que se extraen y el aumento de la efectividad y calidad de las actividades de monitorización. Esto ha tenido unos beneficios paralelos:

- La administración local obtiene unos flujos de ingresos por el impuesto del árido, lo que ha animado a las autoridades a aumentar la vigilancia en este sector. Antes de la implantación del impuesto del árido las excavaciones eran ilegales, estaban mal gestionadas y se clasificaban solo en términos de daños al medio ambiente lo que representaba una pérdida de ingresos del sector público.
- Las empresas cuyo comportamiento en el mercado es bueno han empezado a colaborar con la administración para informar sobre las excavaciones ilegales, ya que la evasión de impuestos produce competencia desleal en el mercado.
- Ha habido una pequeña reducción de la cantidad de áridos extraídos, pero en otros aspectos ha habido mejoras reales en el sector, tanto en el lado de los poderes públicos como en el mercado incluyendo una reducción en el número de canteras.

En general, la combinación de efectos directos y efectos indirectos junto con la planificación, la supervisión y el comportamiento de los agentes han generado múltiples mejoras en la forma en la que funciona el sistema en términos de eficiencia, de impacto ambiental y de calidad de los operadores.

Principales experiencias del estudio italiano

Italia no se ha desanimado en la extracción a causa de los altos impuestos y no hay una percepción generalizada de que haya una escasez de material. La respuesta que se ha dado con esta estrategia es la de permitir la extracción en respuesta a la demanda aunque bajo condiciones que minimicen el impacto en el medio ambiente. Los principales incentivos han consistido en la internacionalización de los costes externos. Este enfoque parece abarcar una regla de sostenibilidad débil, según la cual la reducción del capital natural debido a la explotación de las canteras es compensada por las inversiones en capital natural en las áreas circundantes y la inversión se internaliza en los costos de producción a través de los tributos recaudados por la explotación de las canteras

Las principales limitaciones de este enfoque provienen por una parte de la complejidad de la administración requerida, lo que podría producir una pérdida en la correspondencia entre los costes de las actividades extractivas y el uso real de los recursos financieros por parte de las administraciones locales, y por otra del incentivo limitado de reciclar que surge por el bajo nivel de los impuestos, junto con la exclusión de los costes de reciclaje de dichos impuestos. A pesar de estas deficiencias el enfoque italiano sirve como un modelo útil en situaciones en las

que se une, a un grupo de factores externos los recursos de la tierra alrededor de las canteras de extracción.

Sin embargo, el modelo italiano solo será exitoso si el sistema de planificación está bien gestionado. La calidad de los procesos administrativos, en particular, y la gestión adecuada de los ingresos procedentes de los impuestos, es una condición fundamental para obtener resultados eficaces. Los beneficios indirectos de la mejora de la calidad y el control de datos en general apoyan este enfoque.

3.1.5 REPÚBLICA CHECA

A principios de 1990 la República Checa introdujo un impuesto que era aplicado al volumen y el área de extracción de los materiales. El sistema fue diseñado en un principio para materias primas estratégicas como el carbón, los metales y los minerales de alta calidad. En 2002, el ámbito de aplicación de la carga se amplió para incluir materiales áridos. El precio del terreno equivaldría de 3,6 a 36 € el km² al año, de acuerdo con las condiciones locales y el impacto en el medio ambiente, que es insignificante en comparación con los costes totales de una empresa minera. Los beneficiarios de los impuestos son los municipios donde tienen lugar las actividades mineras.

Un impuesto adicional se aplica sobre el volumen de material extraído, calculado como un porcentaje del precio de venta en el mercado. En el caso de los áridos la tasa es de un 2% para la piedra de construcción y de un 3% para la arena y la grava. Así, en cifras totales, el coste real de tonelada de un material de árido es más o menos de un 0,1€. Los beneficios de este impuesto se reparten un 75% para los municipios y el resto un 25% al presupuesto general del estado. El ingreso total anual se estima en algo más de 2 millones de Euros.

Existe una diferencia legal entre las reservas sobre las que el Estado reclama derechos exclusivos, que son los llamados depósitos reservados y los que pertenecen a los dueños de la tierra, o llamados depósitos no reservados. Esto se originó cuando el estado llevaba a cabo extensos estudios geológicos de los yacimientos minerales que se consideraban estratégicamente importantes para la economía. Sólo los depósitos reservados, que equivalen a cerca de un tercio del total del árido producido son sometidos a los impuestos del árido.

Cabe señalar que se han seguido produciendo reformas en el sistema de impuestos de la República Checa durante este tiempo. El objetivo es cambiar el sistema de impuestos por un instrumento basado en el aspecto ecológico.

Visión general del mercado checo.

En cuanto a la actividad económica general de la República Checa, el crecimiento del PIB ha fluctuado considerablemente durante la década de 1990. La transición de una economía más planificada a una economía de mercado fue acompañada de importantes cambios estructurales, incluyendo una caída en la industria y minería y la expansión del sector servicios, el sector público y el transporte.

En este país se sufrió un descenso significativo en las ventas de los áridos en los cuatro años anteriores al 1993. Esto se debió a una recesión, sin embargo después de esto, el mercado de los áridos no se ha recuperado.

La importante disminución de la producción total y de las ventas se puede atribuir a dos causas principales:

- Primero, la enorme demanda de áridos asociado al abandono del modelo comunista de desarrollo que tiende a favorecer las grandes obras de construcción como presas o grandes bloques de viviendas.
- Segundo, la introducción de la economía de mercado que rápidamente condujo a una reducción de las prácticas antieconómicas y poco económicas que habían sido el estilo típico de la gestión socialista.

El uso de residuos de la construcción y de la demolición sigue siendo muy bajo en la República Checa y se estima alrededor de un 10%. La industria del reciclaje se enfrenta a una fuerte competencia de los productores de materias primas y también el uso de materiales más baratos sustitutivos de residuos secundarios producidos fuera del sector de los áridos. Por ejemplo, la ceniza generada como un subproducto del sector de la energía se convierte en un sustituto de los áridos utilizados en los proyectos de la construcción.

Generalmente, la relación entre el consumo total y la reutilización de residuos de la construcción y la demolición, solo es una pequeña preocupación por una parte del público. El vertedero es todavía la forma más barata de eliminación de residuos en la República Checa. Los residuos de la construcción y la demolición no son considerados una gran prioridad medioambiental en comparación con los residuos municipales y de embases.

El comercio exterior de áridos es insignificante, con la exportación anual de los áridos restantes, alrededor de un 1% de la producción anual total de la República Checa. Esto se debe a que el transporte en grandes distancias no lo hacen viable económicamente. La mayor parte del comercio se hace cerca de las fronteras o en las vías acuáticas para reducir costes.

Alrededor de 4.000 personas trabajan en la explotación de las canteras de arena, grava, piedra de construcción y piedra caliza. Esto constituye aproximadamente el 0,1% del empleo total de la República Checa y aproximadamente el 6,2% de los empleados que trabajan en el sector minero. Como muchos de estos puestos de trabajo se encuentran en pequeñas instalaciones dispersas en las zonas rurales, a menudo se consideran importantes para las comunidades locales.

Las empresas que llevan a cabo la prospección y extracción de los depósitos de reserva o de otras actividades mineras tienen la obligación de crear reservas financieras para cubrir los trabajos de reparación y daños en las minas. Estas reservas constituyen el principal instrumento de protección del medio ambiente dentro del sistema actual. Las empresas también deben crear un fondo durante la extracción (que normalmente se basa en las toneladas extraídas) para cubrir el coste de la restauración final tras la vida útil de la mina. La autoridad minera checa es un órgano ejecutivo independiente responsable de la supervisión directa de las actividades mineras. Sus órganos regionales supervisan los yacimientos mineros individuales y el cumplimiento de todas las disposiciones pertinentes, incluida la gestión de los planes de recuperación y fondos relacionados. También recoge las cargas de las empresas extractoras y transfiere el dinero a los beneficiarios, tanto a los municipios como al presupuesto estatal.

Principales conclusiones del estudio checo.

El bajo nivel de los impuestos en los áridos no ha tenido ningún efecto en la cantidad de áridos que se extraen. En cambio los principales factores que se han introducido ha sido el crecimiento en la demanda de árido con la reestructuración de la economía checa.

Una serie de subsidios y préstamos subvencionados se han introducido para fomentar la expansión de la vivienda individual y municipal que requiere grandes cantidades de áridos. Varios proyectos de infraestructura se han ido planteando pero el aumento de la eficiencia del uso de los recursos a costa del encarecimiento del producto no es un método con un enfoque que agrado a los usuarios. Este enfoque fue afirmado por los interesados que confirmaron que los impuestos no habían tenido ningún efecto en los materiales usados en el sector de la construcción. Los productos usados como áridos tienen precios demasiado bajos, por lo que el aumento de precio tendría que ser significativamente superior para tener algún efecto.

El bajo nivel de los impuestos tampoco ha tenido influencia en las tasas de reciclado. La competitividad relativa de los áridos reciclados con respecto a materiales naturales no han cambiado de forma significativa y como resultado de ello los patrones de consumo les han sido ajenos. Además los costes de vertederos son relativamente bajos y los residuos de construcción y demolición no se ven como una preocupación ambiental.

Los impuestos en los áridos no han tenido ningún efecto en el consumo de energía y tampoco en las distancias. El coste del transporte es el mayor componente del total del coste de los áridos y se estima un promedio de 1€ por tonelada y kilometro. Este factor de coste es mucho más significativo que las tasas actuales a la minería.

Las partes interesadas opinaban que el principal beneficio era mejorar la relación entre la industria minera y la administración local y las comunidades, ya que los presupuestos locales obtienen un beneficio directo de la presencia de actividades mineras en sus alrededores.

La reserva financiera obligatoria que cada compañía tiene que crear y mantener durante el funcionamiento de la cantera se percibe como una carga excesiva para las compañías mineras. Esta reserva solo puede ser utilizada para la recuperación del sitio después de la terminación de la actividad y es la herramienta principal para asegurar la protección del medio ambiente.

Principales enseñanzas de los estudios en la Republica Checa.

Los impuestos en los áridos se han situado a un nivel muy bajo como para tener un impacto significativo en el comportamiento real de las empresas mineras u otras partes interesadas. Además los municipios, como principales beneficiarios del sistema, no están obligados a utilizar el dinero recaudado en este impuesto para fines medioambientales.

Las distorsiones en la producción son el resultado de la política de aplicar solo los impuestos en las reservas. Esto ha contribuido a un cambio en la producción de lugares reservados a lugares no reservados, aunque no a un ritmo muy rápido. El logro más significativo ha sido la reducción del número de canteras. Sin embargo esto no ha venido acompañado con una reducción en el número de áridos ya que esto ha tenido lugar donde las canteras ya casi estaban fuera de servicio, a punto de cerrar o con una producción casi nula.

El sistema actual para calcular los impuestos sobre los áridos es demasiado complicado. El cambio en la legislación que revisa los impuestos en la minería que se reflejan en el impacto en el medio ambiente ha sido lento en la ejecución. Generalmente, se ha reconocido tanto por parte de los funcionarios del gobierno como por la industria que los cambios en la base imponible está aumentando la complejidad de la fórmula que se utiliza para calcular los impuestos en las diferentes canteras. Objeciones generales planteadas por diferentes organismos del estado y por los grupos corporativos señalan la excesiva complejidad de la disposición, ya que estos requieren una evaluación detallada de las canteras individuales, incluyendo la recolección o la creación de documentación con un mapa detallado y material relacionado. La complejidad y la ambigüedad de las disposiciones también permiten

interpretaciones erróneas y dejar la oportunidad para que algunas de las prácticas no sean transparentes.

3.1.6 OTROS PAÍSES

3.1.6.1 BULGARIA

Los recursos naturales subterráneos están en manos del estado. Su explotación se da mediante contratos de permiso, a través de una concesión de derechos de excavación y/o búsqueda y por los derechos mineros.

La minería esta relacionada por la Ley de Recursos Subterráneos que entró en vigor en Marzo de 1999, y fue diseñada por varios ministerios. El consejo de Ministros es el que otorga los derechos mineros, las subvenciones y las concesiones. Las condiciones de las concesiones las establece el Ministerio de Economía si el objeto de la extracción pertenece al ámbito del metal, petróleo y gas combustible o sólido, y por el Ministerio de Desarrollo General y Obras Públicas si el objeto de extracción pertenece al campo de la construcción y rocas para revestimientos.

Para poder optar a estos derechos mineros que son otorgados por el Consejo de Ministros, los candidatos pueden ser tanto locales o extranjeros, o una persona jurídica que esté registrada como comerciante conforme a la legislación del lugar donde se hacen los negocios de este comerciante.

El candidato es libre para elegir el área de extracción, y/o búsqueda, pero hay tres tipos de restricciones:

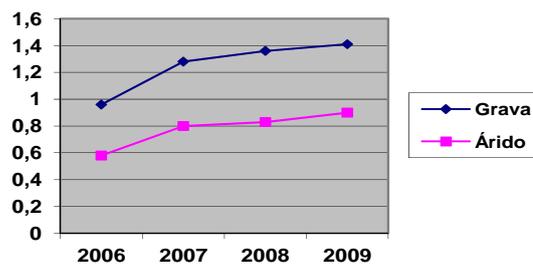
- El solicitante debe tener suficiente capacidad financiera y su programa de trabajo debe cumplir con las normas técnicas y tecnológicas, y los requisitos ambientales.
- El área requerida no debe exceder el tamaño máximo y debe estar disponible.
- No debe ser una amenaza para la seguridad nacional y la defensa del país, ni para la matriz de la tierra ni el medio ambiente, lugares y monumentos culturales y la salud de los trabajadores.

3.1.6.2 ESTONIA

Año	Millones \$US	Millones Moneda del país
1994	0	12,4
1995	1,271	14,5
1996	1,54	18,3
1997	4,501	62,3
1998	4,682	65,8
1999	4,111	60,3
2000	3,928	66,593
2001	4,618	80,572
2002	5,54	91,665

Tabla 3.4 Ingresos obtenidos en Estonia por impuesto sobre la minería

*Fuente base de datos de OECD/EEA

Gráfico 3.3 Evolución de los impuestos en Estonia por m³**3.1.6.3 FRANCIA**

En Francia existe desde el año 1999 un “Impuesto general sobre actividades contaminantes” (TGAP). Este impuesto está codificado en el Código de Aduanas y es proporcional al grado de contaminación causado por cualquier actividad. A partir del 1 de Enero de 2010 este impuesto fue aplicado a nuevos productos en este caso a arena, grava...que afecta a los fabricantes franceses, a los importadores y exportadores.

3.1.7 RESUMEN

País	Nombre del impuesto	Finalidad del impuesto	Año de implantación
Austria	Tasa por la protección del paisaje y la naturaleza		
Bélgica	Impuesto a la grava, región de Flandes.	Acabar con la extracción para el año 2010	1993
Bulgaria	Impuesto a la minería	Sin finalidad concreta	1997
Chipre	Explotación de las canteras	Sin finalidad concreta	--
Republica Checa	Pago por la extracción de minerales Pago por el uso de área de la cantera/mina	Sin finalidad concreta	1993
Dinamarca	Impuesto sobre las materias primas	Uso eficiente de los recursos naturales	1978
Estonia	Impuesto a la minería	Uso eficiente de los recursos naturales	
Finlandia	Cuotas para trabajar en las minas		
Francia	Tasa general sobre las actividades contaminantes; extracción de materiales.	Coste de recuperación	1999
Alemania	Impuesto a la minera	Sin finalidad concreta	1980
Hungría	Impuesto a la minería	Recaudación de fondos para la recuperación de la mina	--
Italia	Impuestos a la minería	Compensación por el coste medioambiental	
Letonia	Impuesto sobre los recursos naturales Impuesto sobre la extracción de materiales	Uso eficiente de los recursos naturales	1996
Lituania	Impuesto sobre la extracción de minas	Uso de eficiente de los recursos naturales	1991
Malta	Licencia para uso de las minas		
Polonia	Impuesto sobre la extracción de minas	Coste de recuperación	--
Eslovaquia	Impuesto sobre la minería	Coste de recuperación	--
Suecia	Ley de coste del mineral Impuesto a la grava natural Carga a las excavaciones	Coste de recuperación Uso eficiente de los recursos naturales.	1992 1996 1999
Reino Unido	Impuesto sobre los áridos	Reducir la demanda de materias primas	2002

Tabla 3.5 Tabla resumen de impuestos del árido en Europa.

*Fuente: base de datos de OECD/EEA, 2005, 2011

3.2 SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA

Este es un pequeño repaso de la situación en la que se encuentran los áridos reciclados en España, esta es variable, y depende de unas comunidades autónomas a otras. Pese a que en todas existan plantas de valorización y vertederos especiales para los residuos de la construcción y la demolición, son pocas las que obliguen a su uso. Y todavía existe el problema de la eliminación ilegal de los residuos de la construcción, aunque esto se intenta solucionar con diferentes medidas legales y administrativas que se van aprobando.

Existen algunos casos, como el de Cataluña, donde se han creado ayudas destinadas a las entidades locales y las empresas públicas municipales de Cataluña para la utilización de árido reciclado obtenidos de los residuos de la construcción que tengan marcado CE en obras de su promoción.

En prácticamente todas las comunidades autónomas existe el principio de que las administraciones deben ser las primeras en el uso de árido reciclado para sus obras, pero se ha comprobado que esto no ocurre en la mayoría de los casos. Por otro lado hay que admitir que empieza a haber casos aislados de experiencias y prácticas en las que se ha utilizado hormigón realizado con árido reciclado para algunas carreteras y viales, rellenos y restauración de plantas de extracción, y por lo que se ha podido ver, no presentan problemas en su construcción y posterior utilización y los ensayos de resistencia cumplen los requisitos.

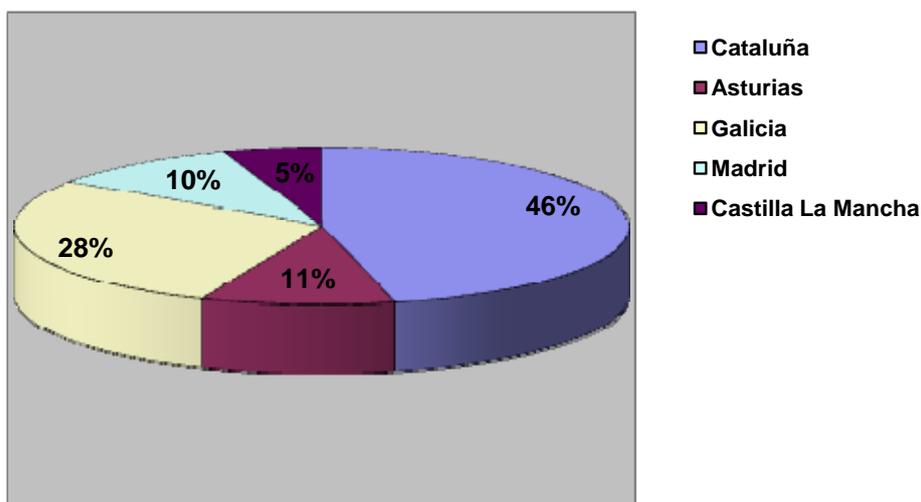


Gráfico 3.4 Distribución por comunidades de las primeras obras realizadas

*Fuente GERD

Como se puede observar las primeras obras realizadas con árido reciclado han sido en Cataluña y Galicia, siendo el tipo de reciclaje en su mayor parte en obra. Estas obras como se

ve en la siguiente gráfica fueron finalizadas en los años de prosperidad dentro del mundo de la construcción, y se ve como desde el comienzo de la crisis económica, las obras realizadas con este material también se han reducido, a la vez que el interés por este tipo de materiales.

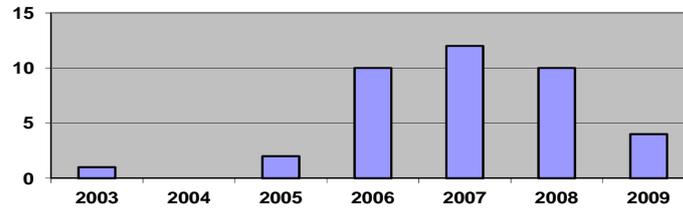


Gráfico 3.5 Año de finalización de las obras. Obras unidades.

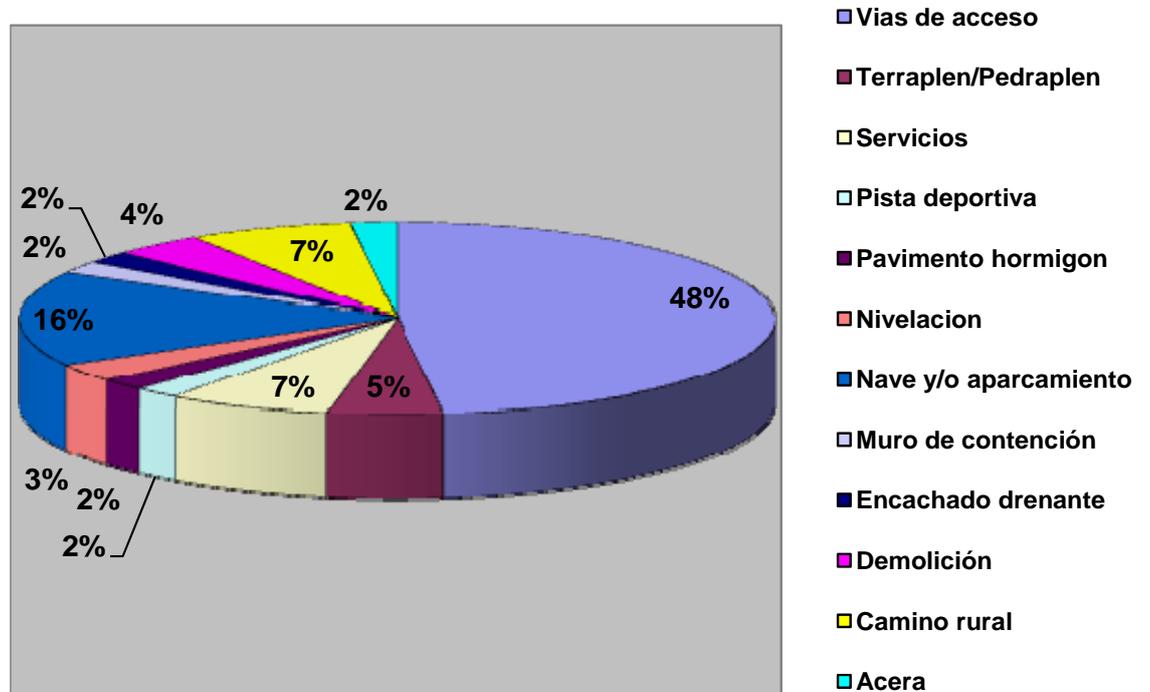


Gráfico 3.6 Tipo de obra

*Fuente GERD

Hasta ahora para lo que mayormente se ha venido utilizando este árido es para vías de acceso y naves y/o aparcamientos siendo el control en la mayor parte de los casos en la planta.

El origen del árido reciclado era en más del doble de los casos de origen mixto, en segundo lugar, de hormigón y por último de asfalto. A continuación, se puede ver el tipo de áridos.

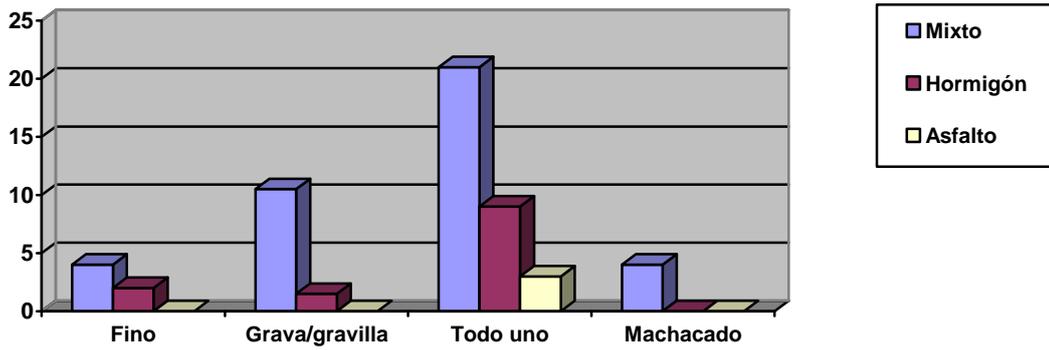


Gráfico 3.7 Tipos de residuos empleados para la obtención de áridos.

Las aplicaciones que se les dan a estos áridos reciclados son para rellenos y drenajes en tres de cada cuatro veces que se usa, y para bases y sub bases el resto de las ocasiones, quedando algún caso en el que se usa para prefabricados y nivelación.

El carácter de los áridos empleados es mixto en la mayor parte de los casos sobre todo para las bases y sub bases.

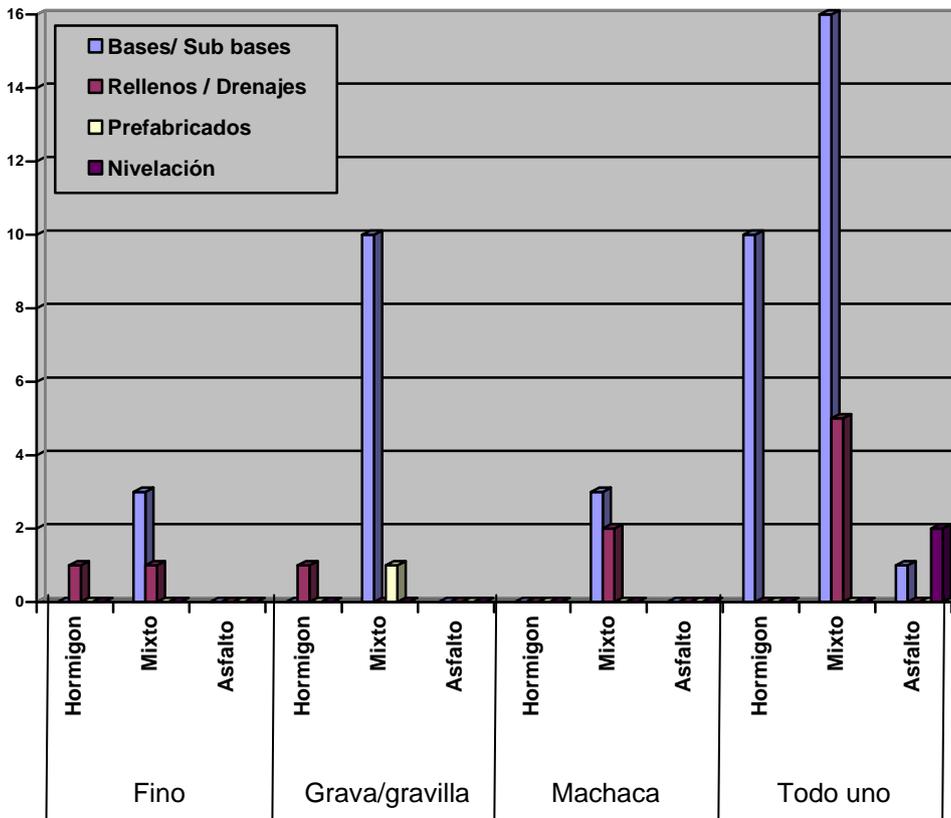


Gráfico 3.8 Tipos de residuos empleados para las obras con áridos reciclados.

3.2.1 MERCADO CE DE LOS ÁRIDOS

El mercado CE en los áridos es de obligado cumplimiento desde el año 2004 y proporciona ventajas a los productos que lo tienen, como pueden ser la posibilidad de la libre circulación en Europa, aunque esto quizá solo beneficia a las empresas situadas cercanas a las fronteras con otros países. Por otro lado se obtiene otro beneficio y es que en los lugares donde se está incentivando el consumo del árido reciclado, los que tienen el mercado CE son los únicos, en la mayoría de las ocasiones, que pueden competir para ser usados en las licitaciones de las administraciones o de las empresas públicas, certificando de esta forma la calidad y el origen de sus productos.

La obtención de este certificado supone un gasto extra a las empresas porque deben certificar sus productos, y no es un único material el que tienen que certificar, sino varios por los diferentes tipos de áridos que hay. Sin embargo es una tranquilidad para los consumidores porque de esta forma aseguran que los trabajos se realizan de la forma adecuada y los productos resultantes cumplen todos los requisitos exigidos.

Los áridos para los que es necesario obtener el mercado CE son para aquellos que existe norma UNE EN y son: los áridos para hormigón, los áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas, áridos ligeros, áridos para morteros, áridos para materiales tratados con ligantes hidráulicos y materiales no tratados utilizados para las trabajos de ingeniería civil y para la construcción de carreteras, escolleras y áridos para balasto.

Para producir áridos que cumplan con las condiciones requeridas en las normas EN armonizadas, las explotaciones tienen que tener implantado un sistema de control de producción en fábrica, según las citadas normas, lo que permite realizar, mediante la declaración del fabricante, el Mercado CE y, por tanto, acceder a su comercialización y utilización en todo el territorio de la Unión Europea. Por el contrario, los áridos que no tengan el Mercado CE no podrán comercializarse.

De acuerdo con las Directivas que lleva aparejada el Mercado CE, es el fabricante de áridos el que responde de los productos que fabrica, que importa o que comercializa. La evaluación de la conformidad presupone que el fabricante ha realizado un ensayo inicial de tipo para cada producto; que el fabricante dispone de un sistema de control de producción en fábrica (que garantice la adecuación de la producción a las normas armonizadas); y que ha intervenido en la evaluación y vigilancia de dicho sistema o en las del producto, un organismo de certificación autorizado y notificado.

Cabe destacar que los elementos principales del sistema de control de producción son:

- Actividades de control y seguimiento
- Ensayos de los productos (programa autocontrol)
- Tratamiento de productos “no conformes”
- Registro de control y ensayos
- Aseguramiento de la trazabilidad de los productos colocados en el mercado.

3.3 SITUACIÓN ACTUAL Y NORMATIVA EN LA RIOJA

Plan director de residuos de La Rioja 2007-2015

La ya obsoleta ley 10/1998 de residuos preveía la elaboración de planes autonómicos de residuos, para las actividades de producción y gestión tanto públicas como privadas que se desarrollasen en la Comunidad Autónoma. En la Comunidad de La Rioja se desarrolló el PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS 2000-2006 de acuerdo con normativa estatal, europea y las regulaciones autonómicas, este Plan ha servido como estudio y de base para el actual plan vigente, el PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS DE LA RIOJA 2007-2015.

Este Plan es de aplicación en el ámbito territorial de La Rioja y está previsto una revisión temporal en el 2015, aunque es difícil la planificación de un proceso tan largo en el tiempo, pretende poner las bases y planificar objetivos. Este plan se revisará cada cuatro años como marca la ley, para adaptarse a las cambiantes condiciones de la sociedad, la producción de residuos, la tecnología y las políticas ambientales.

Este plan gestiona los residuos urbanos, industriales peligrosos e industriales no peligrosos, residuos agropecuarios y los residuos con legislación específica que son los que más adelante detallaremos, en los que se incluyen los residuos de la construcción y demolición (RCD).

Estos planes están dentro del PLAN NACIONAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, después de haber observado que hasta ese momento estos residuos tenían como destino final en su mayoría (95% aproximadamente) el depósito en vertederos. El plan pone el énfasis en la selección en origen, la reutilización y el reciclaje de los mismos.

Ley 7/2012 de 21 de Diciembre de 2012

El 21 de diciembre de 2012 se aprobaron en La Rioja tres nuevos impuestos autonómicos con finalidad medioambiental. Unos de ellos referente a los residuos de la construcción y la demolición.

Este impuesto grava el depósito de residuos en vertedero con la finalidad de incentivar conductas que favorezcan la protección del entorno natural. Se considerarán vertederos las instalaciones de eliminación que se destinen al depósito de residuos en superficie o bajo tierra.

Para la determinación de la cuota tributaria, y considerando la finalidad ambiental del impuesto, se diferencian entre residuos peligrosos y no peligrosos; y dentro de cada categoría, se distingue entre los residuos valorizables y los no valorizables, previéndose un régimen especial de cálculo de cuota para determinados residuos provenientes de la construcción. Por ello y dado que la finalidad que se le plantea al impuesto es la de obtener la valorización de los residuos y de disminuir el mero depósito, no estará sujeto al impuesto de depósito de residuos peligrosos el que se realice con el fin de gestionarlos para su valorización en las instalaciones previstas para tal fin.

Este impuesto se crea como tributo propio, de naturaleza real y finalidad extra fiscal. Su principal finalidad es la de fomentar el reciclado y la valorización de los residuos, así como disminuir los impactos sobre el medio ambiente derivados de su eliminación en vertedero.

Los ingresos procedentes se afectarán a la financiación de los programas de gasto relativos a actuaciones cuya finalidad sea la protección del medio ambiente de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Este impuesto afectará a aquellos residuos cuya entrega produzca en un vertedero de La Rioja.

Están exentos del pago del impuesto los residuos domésticos cuya gestión sea competencia del Estado, las comunidades autónomas o las entidades locales. No se entenderán incluidos en este supuesto los residuos asimilables a los domésticos ni los residuos comerciales que no estén gestionados por las entidades locales; el depósito de residuos ordenado por las autoridades públicas en situaciones de fuerza mayor, extrema necesidad o catástrofe; el depósito superior a 15.000 toneladas métricas anuales por cada sujeto pasivo, en el caso de productores iniciales de residuos industriales no peligrosos que eliminen estos en vertederos ubicados en sus instalaciones, cuya titularidad sea del mismo productor y para su uso exclusivo; y el depósito de residuos excluidos y fuera del ámbito de aplicación de la Ley 22/2011, de 28 de Julio, de residuos y suelos contaminados.

La base imponible del impuesto estará constituida por el peso de los residuos depositados expresados en toneladas métricas.

La cuota tributaria se abonará en el momento en que se produzca la entrega de los residuos y será el resultado de aplicar los siguientes tipos impositivos:

- Residuos peligrosos: 21 euros por tonelada, prorrateándose la parte correspondiente a cada fracción de tonelada.
- Residuos no peligrosos: 12 euros por tonelada, prorrateándose la parte correspondiente a cada fracción de tonelada.
- Residuos inertes no valorizables de plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición: 4 euros por tonelada, en caso de mezcla con otros residuos de construcción y demolición

Las consecuencias de este impuesto no son posibles de valorar por su reciente implantación, ya que es necesario más tiempo para obtener unos datos reales y fiables sobre su impacto para la utilización de áridos reciclados, sin embargo si que hay datos sobre los beneficios obtenidos con este impuesto durante el primer semestre desde su implantación y han sido 218.700 €.

3.3.1 GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RCD EN LA RIOJA

Estos residuos son los derivados de las actividades de la construcción y la demolición y su procedencia puede ser muy diversa: derribos de edificios, obras de nueva planta, infraestructuras de diversa tipología y residuos de obra menor de procedencia domiciliaria. Como se puede ver en el gráfico 3.3 donde vemos la composición media de los RCD.

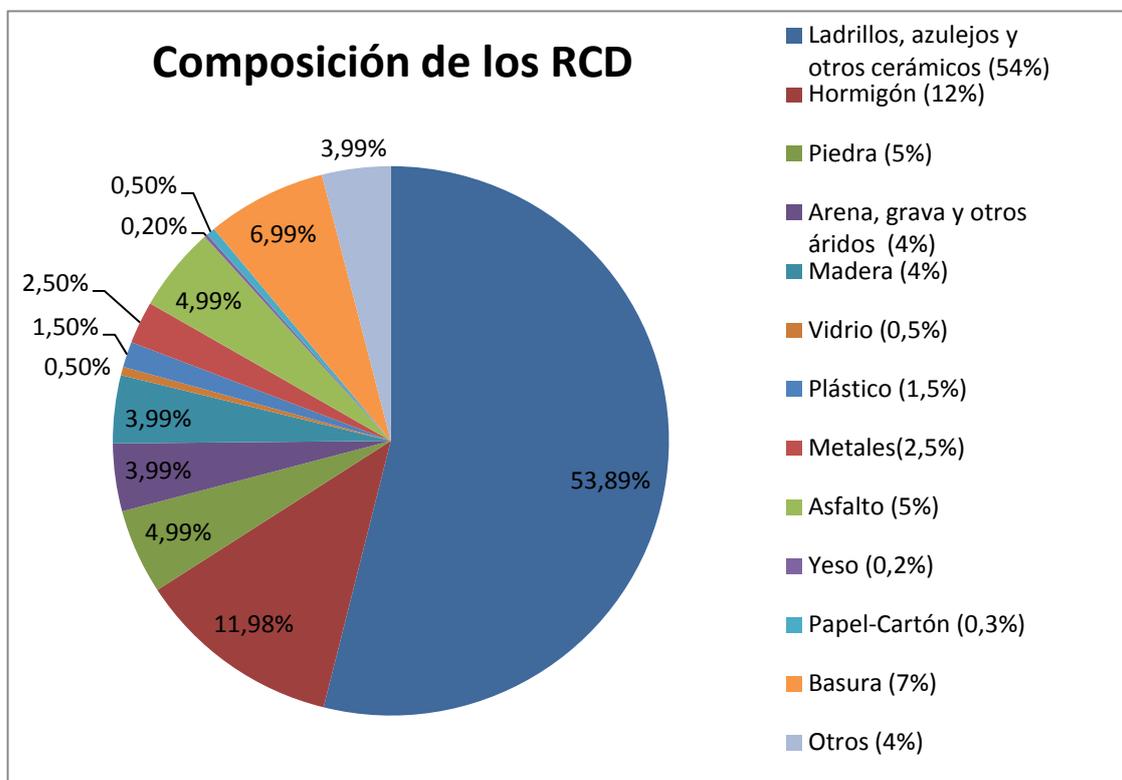


Grafico 3.9. Distribución de la generación de RCD en Madrid.

La generación de estos residuos es muy variable y está ligada al sector de la construcción, ya para el año 1999 se calculaba para La Rioja en el Plan Nacional, una generación de unos 290 kg./hab./año. Pero en posteriores revisiones esta cifra se elevó hasta los 450 kg./hab./año. Los planes de residuos autonómicos más recientes estiman una media entre 450, 700 y 1.000 kg./hab./año en función del tipo de población y la evolución del sector de la construcción.

En el gráfico a continuación se puede ver que la generación de RCD es muy diferente de una parte de la comunidad a otra, situándose la mayor parte en los núcleos urbanos y en los municipios con más habitantes, variable en función del sector de la construcción y de determinadas actuaciones turísticas en municipios. La principal concentración de da en el valle del Ebro.

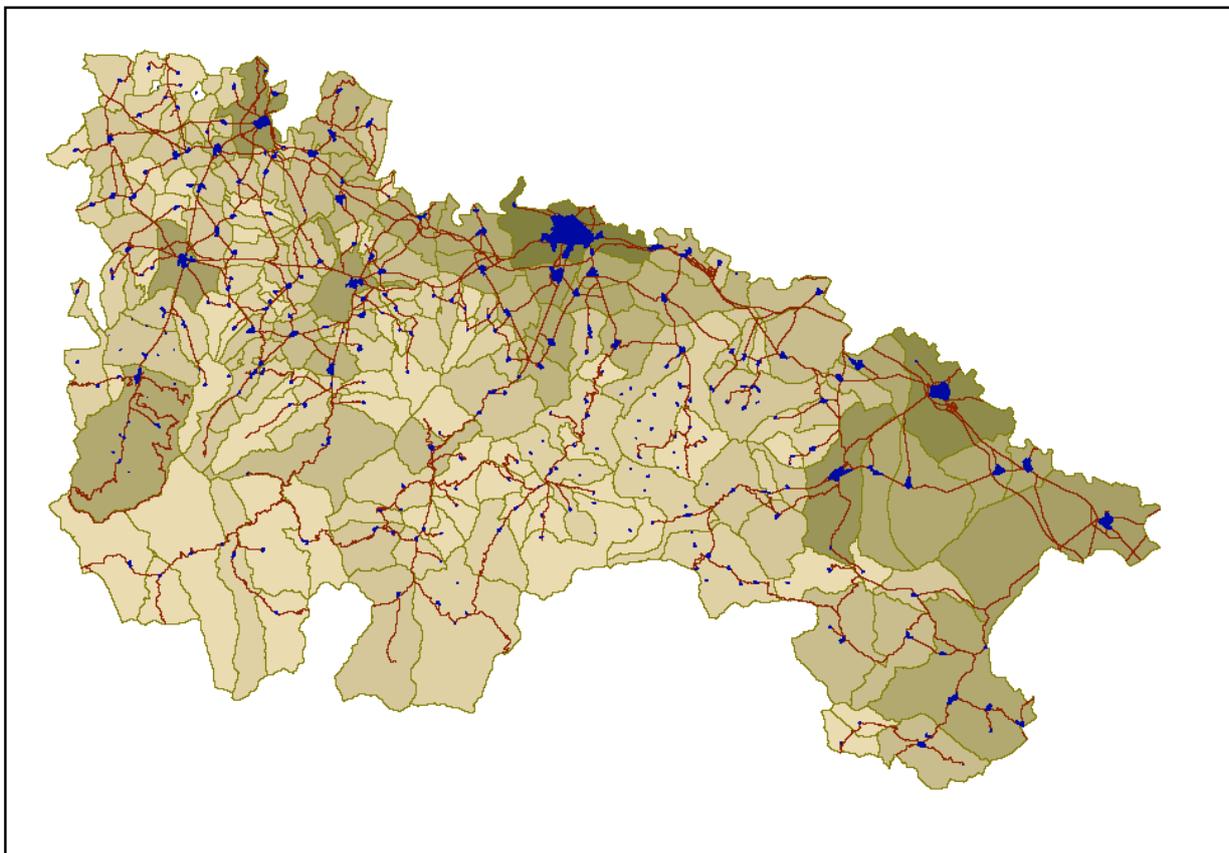


Imagen 3.1 Distribución de la generación de RCD en La Rioja.

3.3.2 INFRAESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN

Las instalaciones de tratamiento de residuos de la construcción y la demolición aparecieron en nuestra comunidad en el año 2004, hasta ese momento no existía ninguna infraestructura específica para el tratamiento de este tipo de residuos.

Actualmente en la comunidad autónoma existen tanto vertederos como plantas de valoración de tipo I y de tipo II. Las plantas de valoración tipo I reciben residuos mezclados mientras que las de tipo II reciben sólo áridos sin impropios. Hay dos vertederos autorizados con una capacidad de eliminación de 440.000 toneladas y casi una veintena de plantas de valoración (esto varía en función del momento de la consulta así como de la procedencia de la fuente) con una capacidad de tratamiento desde 20.000 hasta 100.000 (T/año)

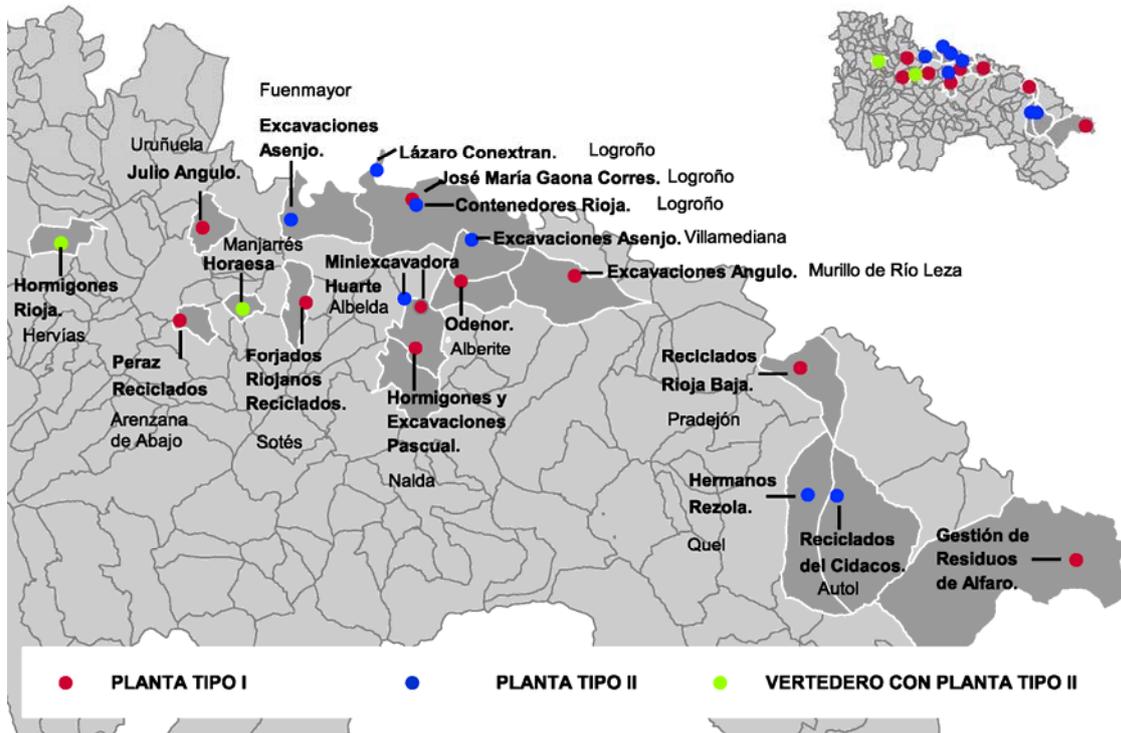


Imagen 3.2 Situación de Gestores de RCD

Los objetivos para los RCD en 2006 fueron:

- Recogida controlada del 90% en peso en 2006.
- Reciclaje o reutilización del 20% de RCD en 2005.
- Reciclaje o reutilización del 40% de RCD en 2006.

Queda decir que los objetivos marcados a ese año no se cumplieron y que la recogida controlada se situó en torno al 30%.

A fecha de agosto de 2012 existe un listado donde aparecen todas las plantas de reciclaje y vertederos existentes a esta fecha que pueden verse reflejados en la imagen sobre gestores de RCD.



Gestores de RCD's autorizados en La Rioja				
Nº de autorización	Empresa	Dirección	Localidad	Teléfono
TIPO I				
G12-08	Excavaciones Angulo	Ctra. Lardero, 37	Alberite	941-436247
G12-12	Miniexcavadoras Huarte, S.L.	Crtra. Soria, Km. 9, El Juncal	Albelda de Iregua	941-444268
G12.15	Julio Angulo, S.L.	Ctra. de Cenicero, s/n	Uruñuela	941-371009
G12-18	Reciclaje Rioja Baja, S.L.	Paraje "Cantarroyuela Alta" - Pol. 1, 39	Pradejón	941-150085
G12-23	Hormigones y excavaciones Pascual, S.L.	Paraje "Las Planas" - Pol. 7 - Parcela 30 -	Nalda	941-443299
G12-25	Odenor, S.L.	Pol. Ind. 1 - Parcela 330	Alberite	941-434820
G12-29	Gestión de residuos Alfaro, S.L.U.	Paraje "La Senda" - Pol. 26 Parcela 27 Y 30	Alfaro	941-181510
G12-34	Peraz Reciclad, S.L.	Ctra. de Lerma, Km. 134	Arenzana de Abajo	941-410014
G12-39	Forjados Riojanos Reciclad, S.L.	Pol. 8- Parcelas 247 y 248	Sotés	941-369110
G12-44	José María Gaona Corrés	Paraje de las Valduelas Nuevas	Logroño	941-231213 630 964679
TIPO II				
G12-20	Excavaciones Asenjo, S.L.	Término Matagón - Pol.27, Parcela 57	Fuenmayor	941-252121
G12-30	Hermanos Rezola, S.L.	Pol. Ind. La Hoz	Quel	941-403179
G12-31	Miniexcavadoras Huarte, S.L.	Ctra. Soria, Km. 9, El Juncal	Albelda de Iregua	941-444268
G12-32	Excavaciones Asejo, S.L.	Villamediana de Iregua		941-257592
G12-36	Reciclad, del Cidacos, S.L.	Ctra. de Calahorra, Km. 1,8	Autol	941-145846
G12-48	Contenedores Rioja S.L.	Alto de Caracocha (Camino de Lapuebla)	Logroño	941-251473
G12-49	Lázaro Conextran S.L.	Camino del Puente Mantible s/n del barrio del Cortijo	Logroño	941-205312
G14-9	Horaesa Hormigones áridos y excavaciones	Paraje "El Palancar"	Manjarrés	941-369272
G12-43	Hormigones Rioja	Paraje "Camino de Enmedio"	Hervías	941-340849 639 027087
VERTEDEROS				
G14-9	Horaesa Hormigones áridos y excavaciones	Paraje "El Palancar"	Manjarrés	941-369272
G14-10	Hormigones Rioja	Paraje "Camino de Enmedio"	Hervías	941-340849 639 027087

Mapa con la situación de cada uno de los gestores de RCD's autorizados en La Rioja [pdf 290 b]

Imagen 3.3 Imagen de plantas y vertederos existentes en La Rioja en Agosto 2012

El total de estas empresas es 21, aunque a fecha actual y tras un pequeño seguimiento, se puede comprobar que algunas de ellas ya no están tratando áridos y que otras prácticamente no ponen en marcha las plantas de tratamiento porque no hay residuos que tratar dada la actual situación del sector.

Para continuar con el estudio, se hace un seguimiento de las diferentes plantas que existen en la comunidad, con visitas y una pequeña encuesta acerca de la situación actual del árido reciclado, la cantidad de árido reciclado que se obtiene, la cantidad de hormigón que se produce con árido reciclado, y los costes que tienen estas producciones, siendo las repuestas muy similares.

3.3.2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS RECICLADOS

Demolición selectiva

Se lleva a cabo con el fin de separar y prevenir la mezcla de materiales perjudiciales como madera, cartón, plásticos, etc. de los áridos reciclados que se desean obtener. Los escombros procedentes de obras de ingeniería civil presentan una baja contaminación pero, al proceder la mayoría de los RCDs de estructuras de edificación, si la demolición no se realiza de una forma selectiva, el proceso de separación y selección ha de realizarse posteriormente, en la planta de reciclaje con el consiguiente aumento de costes. Es indudable que el proceso de demolición selectivo resultará más caro que la demolición tradicional pero puede compensarse en parte al reducirse los costes de transporte y las tasas de vertido. No obstante presenta algunas ventajas como la reutilización directa de diversos materiales o destinar al vertido una masa que representa el 65% de la demolición total. El proceso de demolición selectiva se lleva a cabo desmantelando en primera instancia las molduras y sacando los desechos, a continuación se desmantela la carpintería de taller (puertas, ventanas, etc.) la cubierta, y las instalaciones (agua, saneamiento, electricidad, gas, etc.) Posteriormente se demuele la tabiquería y, por último se procede a la demolición de la estructura.

En la imagen 3.4 se puede ver el proceso de proceso más habitual de en proceso de obtención del árido reciclado, mientras que en la tabla 3.6 se puede ver el esquema general de procesos analizando si esta se realiza de forma mecánica o manual y se tiene en cuenta el medio para realizarla.

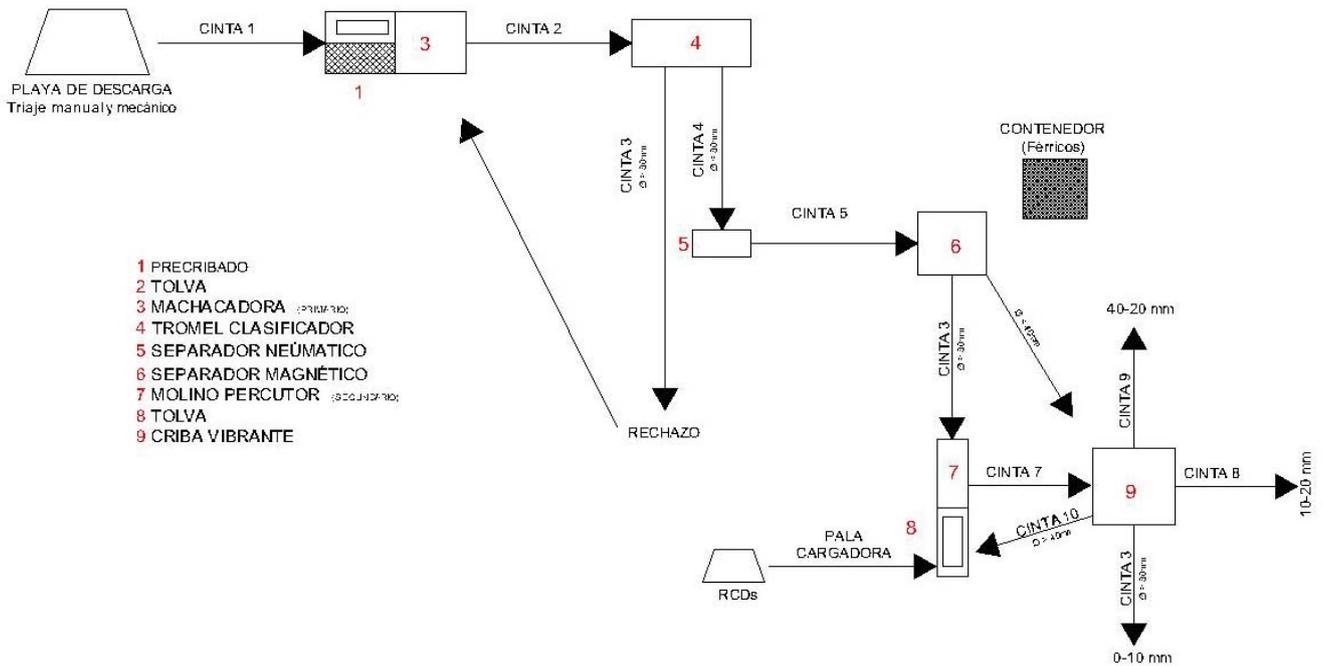


Imagen 3.4 proceso de producción de RDCs

Etapa	Tipo de proceso	Proceso
Control de entrada	Manual	Control organoléptico inicial (color, olor y textura)
	Manual y/o informático	Documentación de origen
	Manual	Identificación de contaminaciones
	Manual y/o informático	Pesaje
	Manual	Definición de acopios específicos por material de entrada
Pre-tratamiento (separación de entrada)	Manual	Separación manual en acopio
	Mecánico	Separación mecánica en acopio (uso de martillos, palas y retroexcavadoras)
Pre cribado	Mecánico	Alimentador pre-cribador
		Tromell
Clasificación y limpieza	Manual	Cabina de triaje
	Mecánico	Tromell
		Electroimanes
		Lavadoras
		Sopladores
	Ciclón	

Trituración primaria o secundaria	Mecánico	Mandíbula
		Impacto
		Conos
Cribado	Mecánico	Cintas y criba

Tabla 3.6 Esquema general de procesos de una planta de reciclaje.

Control y separación de entrada

Las plantas de reciclaje realizan en su mayoría el control de recepción a través de inspección visual, pesaje y clasificación inicial, pero se evidencia la necesidad de empleo de albaranes más detallados que indiquen claramente un control de origen y cantidad de residuos. Así mismo las plantas realizan la identificación de contenidos en la entrada del residuo en el planta.

Respecto al acopio de entrada del RCD, la mayoría de las plantas tiene más de uno especificado por:

- La calidad del material recibido
- La composición (predominantemente hormigón o mixto) y /o
- El tamaño de los RCD recibidos.



Imagen 3.5 Separación de material recibido.

Clasificación y limpieza

En este proceso se separan los materiales pétreos (hormigón ladrillo, mampostería y cerámica) de los no pétreos (metales, madera, plásticos, etc.) Para esto existen diversos métodos relacionados con diferencias específicas entre el residuo de hormigón cerámico y demás materiales.

Técnica de clasificación	Tipo	Material de entrada	Diferencia existente	Parámetros
Aquamotor system	Base de agua	Materiales leves y pesados	Peso / Densidad	Rápido flujo de agua
Coal-spiral	Base de agua	Materiales con distintas densidades (<3mm)	Densidad	Rápido flujo de agua /cantidad de alimentación
Separación por color	En seco	Materiales con distintos colores	Color	Separación visual
Machacadora asociada a corrientes de Foucault	En seco / Base de agua	Partículas grandes con metales no magnéticos	Tamaño de la partícula / metal no magnético	Tamaño de partícula / Corriente eléctrica
Separación por cama fluida	Base de agua	Materiales con distintas densidades	Densidad	Tamaño de partículas y densidad / Suministro de agua
Grab cane	En seco	Materiales leves y pesados	Tamaño de la partícula	Tamaño de la partícula
Separación manual	En seco	Materiales leves y pesados	Tamaño de la partícula	Tamaño de la partícula
Huphrey spiral	Base de agua	Materiales con distintas densidades (<3mm)	Densidad	Densidad de la partícula / cantidad de alimentación/ suministro de agua
Jigging	Base de agua	Materiales con distintas densidades (<3mm)	Densidad	Densidad de la partícula / rapidez y frecuencia del flujo de agua
Detector por infrarrojo	En seco	Materiales con distintas densidades	Densidad	Densidad (identificación por infrarrojo) / separación por aire
Separación magnética	En seco	Materiales con metales férricos o oxido de acero	Susceptibilidad magnética	Corriente eléctrica
Cribado	En seco / Base de agua	Materiales con distintos tamaños	Tamaño de la partícula	Tamaño de la partícula a ser removida
Método térmico	Base de agua	-	Propiedad térmica (retracción)	Temperatura o tiempo
Tamizado por viento	Base de agua	Materiales leves	Peso	Fuerza del viento

Tabla 3.7 Clasificación de las técnicas de clasificación y limpieza de los RCD's

Los tipos de clasificación más utilizados son la separación magnética y la separación de cabina de triaje. La separación magnética se emplea básicamente para separar el acero y en la mayoría de los casos se realiza justo después del machaqueo, tanto en la trituración primaria como en la secundaria, para evitar que el acero suelto dañe las cintas transportadoras. El sistema corresponde al envío por cinta del material machacado hasta una cinta magnética rotatoria o fija.

Respecto a los sistemas de limpieza, la mayoría de las plantas de reciclaje fijas poseen un flujo de aire y/o un dispositivo a base de agua para la separación.

Gran parte de las plantas de reciclaje solo utilizan dispositivos basados en la separación del flujo de aire, aunque la técnica a base de agua proporciona una mejor calidad. Esto se debe a la complejidad de los sistemas hidráulicos y al aspecto económico inherente a eso.



Imagen 3.6 Separación de materiales para procesado.

Trituración.

Un sistema de reciclaje puede comprender uno o varios tipos de trituración en los que se pueden emplear diferentes tipos de maquinaria. Generalmente la elección de los tipos a emplear depende principalmente de tres factores: consumo de energía, coste de producción y calidad del producto.

La forma de producción de los áridos reciclados es un aspecto muy importante del reciclaje ya que los procesos de trituración pueden contribuir para la obtención de un árido de mejor calidad. Mediante sucesivos procesos de machaqueo se pueden reducir considerablemente la cantidad de mortero adherido.

Casi la mitad de las plantas se caracteriza por presentar trituración primaria (casi siempre con machacadora de mandíbula) y secundaria (casi siempre con machacadora de impacto).

La granulometría de los áridos reciclados provenientes del machaqueo de RCD depende fundamentalmente del tipo de trituración al cual se sometió. La fracción gruesa producida por las plantas productoras de árido reciclado presenta generalmente un coeficiente de forma, un índice de lajas y una granulometría adecuada para el empleo del material en el hormigón.

De la misma forma que el árido reciclado de hormigón, el árido cerámico presenta mejores resultados cuando es sometido a un segundo proceso de trituración. La realización de una segunda etapa de machaqueo, tanto con machacadora de rodillo como con machacadora de impacto, permite mejorar la forma laminar y angulosa del árido reciclado cerámico, dejándolo más esférico y menos laminar.

Es importante destacar, sin embargo que la selección y complejidad del sistema de reciclaje utilizado dependerá del grado necesario de procesamiento del RCD, que viene determinado por:

- La aplicación final del material reciclado: el diseño del proceso de producción de áridos reciclados para aplicación en hormigón, por ejemplo, es diferente del que requiere el proceso de producción de áridos reciclados para aplicación en relleno o subbases en firmas para carreteras
- La cantidad de impurezas que contenga el residuo al ser procesado: la calidad del residuo recibido en la planta deberá indicar hasta que punto los mecanismos de eliminación de impurezas deberán ser utilizados en el procesamiento.

A continuación algunas de las piezas más comunes que se usan para trituración ya sea primaria o secundaria.

Las trituradoras de mandíbulas, imagen 3.7, generan una cantidad de finos inferior al 10% del material triturado con una buena distribución del tamaño del árido para fabricar hormigón. La forma de las partículas es angulosa, que es la más apropiada para la trituración primaria y la incorporan tanto plantas fijas como móviles por su alta capacidad y bajo coste.

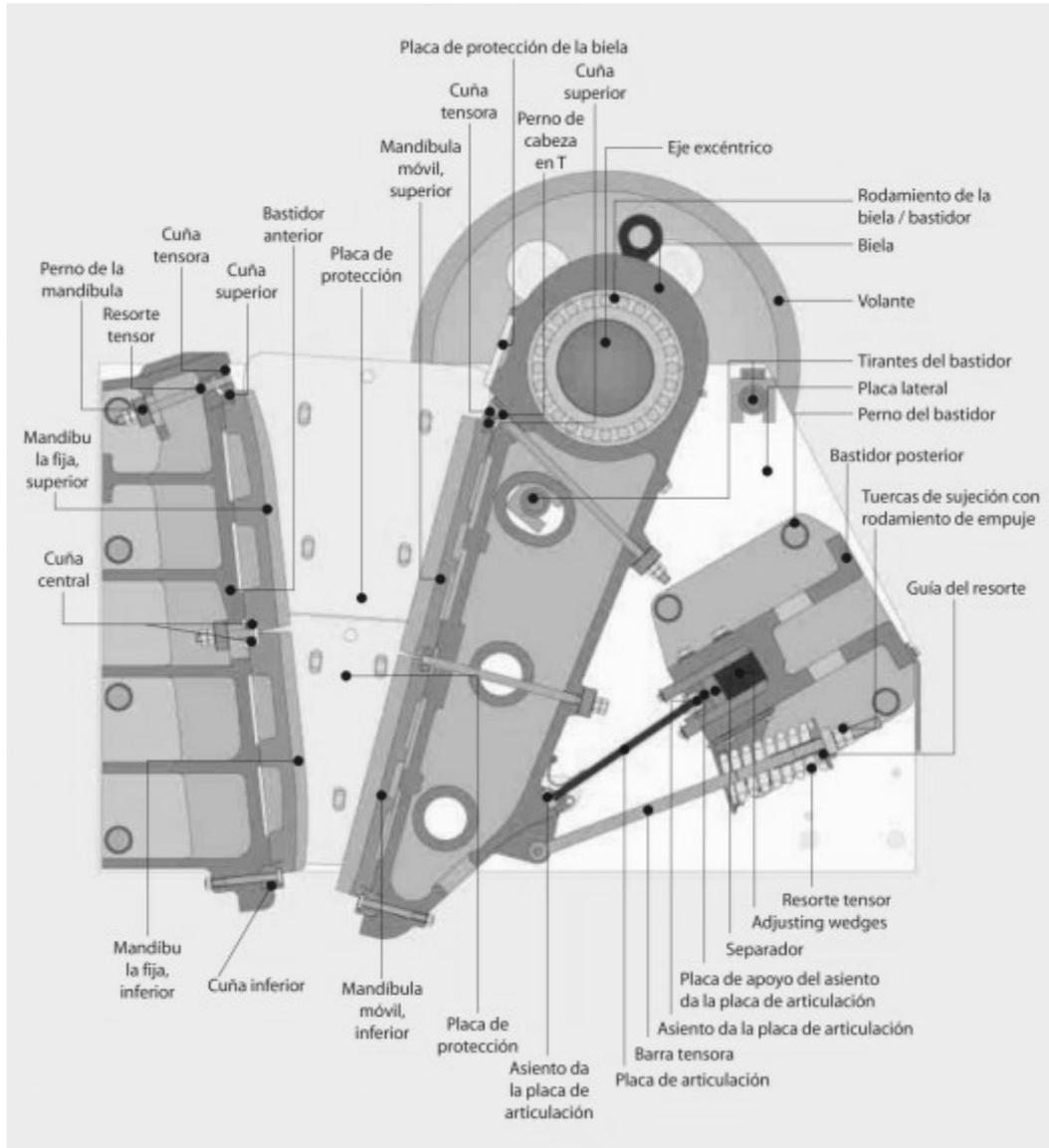


Imagen 3.7 Trituradora de mandíbulas

Las trituradoras o molinos de impacto, figura 2.4, permiten obtener altos valores de reducción y un producto más fino obtenido en menos etapas de trituración lo que supone reducir los costes de inversión y de explotación. Generan hasta un 40% de finos. El mayor inconveniente es el gran desgaste que sufren los martillos.

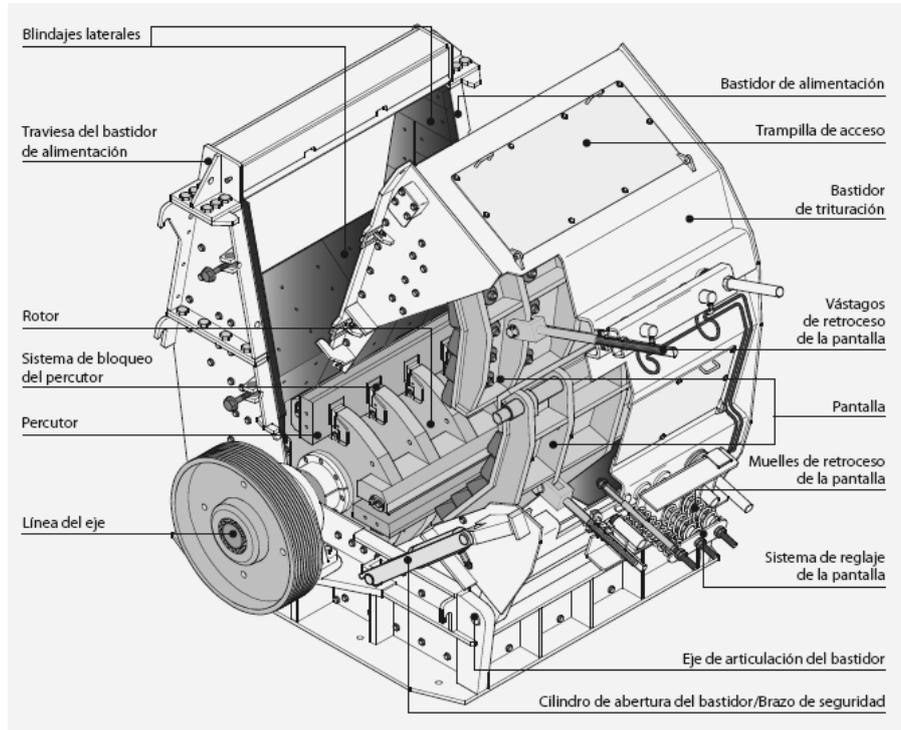


Imagen 3.8 Molinos de impactos

Las trituradoras de conos, figura 2.5, ofrecen rendimientos elevados con una reducción considerable de costes de desgaste y mantenimiento. El mayor inconveniente que presentan es que no admiten tamaños muy grandes de partículas aunque el árido final obtenido en ellas presenta mayor calidad. Suelen utilizarse en la trituración secundaria. La cantidad de finos producida está en torno al 20%.

En la tabla 3.8 se resumen las principales propiedades de los tres sistemas de trituración.

CARACTERÍSTICAS	MANDÍBULAS	IMPACTOS	CONO
Capacidad	Alta	Media	Baja
Coste producción	Bajo	Medio	Alto
Desgaste	Bajo	Bajo	Alto
Calidad del árido	Bajo	Medio	Alto
Contenido en finos	Bajo	Medio	Alto
Consumo de energía	Bajo	Medio	Alto

Tabla 3.8 Características de los sistemas de trituración.

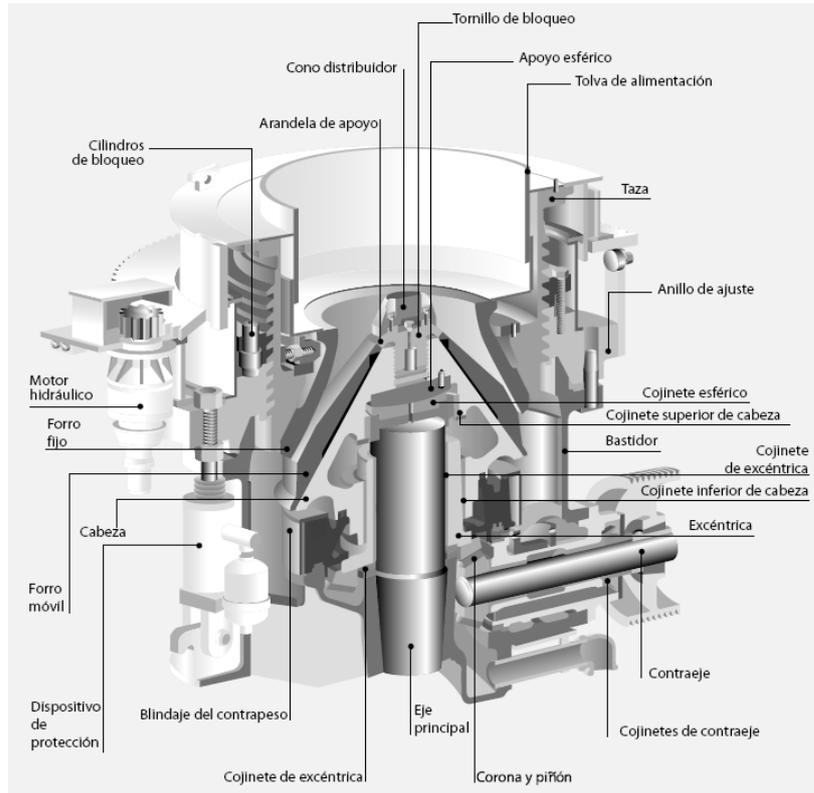


Imagen 3.9. Molino de conos

La combinación más extendida en las plantas de reciclado fijas es la que utiliza la machacadora de mandíbulas como sistema de trituración primario y el molino de impactos como triturador secundario.

La clasificación de los productos, en función de su tamaño, se realiza mediante cribas con luces de malla diferentes. Dichas cribas incorporan sistemas vibrantes de baja frecuencia y gran amplitud que agilizan el proceso de tamizado. Suelen colocarse en posición inclinada para llevar a cabo el proceso de separación de manera más cómoda.

3.3.2.2 PLANTAS DE VALORIZACIÓN Y VERTEDEROS EN LA RIOJA

PLANTAS DE VALORIZACIÓN TIPO I

Excavaciones Angulo

Miniexcavadoras Huarte, S.L.

Julio Angulo, S.L.

Reciclaje Rioja Baja, S.L.

La planta de reciclaje se encuentra actualmente parada, y la empresa ya no se dedica al reciclaje.

Hormigones y excavaciones Pascual, S.L.

Esta empresa cuenta con una planta de tratamiento fija en sus instalaciones, en la que produce árido reciclado, pero este árido obtenido luego no tiene salida en el mercado por el sobrecoste que tiene y por no aportar ninguna ventaja.

Nos explican la existencia de algún plan para mejorar la recogida y tratamiento de residuos de construcción en la zona de Los Cameros (La Rioja), que está funcionando y que sería interesante su aplicación a nivel general.

En esta empresa se crean diferentes acopios de material en función de la contaminación y el tamaño de los residuos, obteniendo mejor calidad en el producto final si el árido procede de restos de hormigón porque el producto final contiene menos impurezas.

Odenor, S.L.

Gestión de Residuos Alfaro

Actualmente nos informan que la situación es mala, ya que la producción de árido reciclado no tiene salida al no ser para pequeñas obras de alguna carretera como subbase, por lo que la planta de reciclaje no está en continuo funcionamiento. Además de esto hace notar que en contra de lo que se habían dicho no hay ninguna ley que ayude a la comercialización de este tipo de árido por lo que aún dificulta más el darle salida.

En una posterior visita nos ensañan la planta de tratamiento, completamente preparada para el proceso de reciclaje, pero la queja que se plantea es repetida, ya que darle salida al producto es muy complicado. Esto solo se consigue mediante una reducción de los precios del árido reciclado, pero esto conlleva una pérdida porque hay que igualar los precios al del árido natural y la diferencia no se supe con el precio por la recogida de los residuos,

También hay una queja que se repite y es que no se cumplen las leyes existentes respecto al tratamiento de residuos, ya que después de que sea necesaria la implantación de unas instalaciones adecuadas para el tratamiento de RCDs no se fomenta con los diferentes medios que tiene la administración.



Imagen 3.10 Planta fija de extracción con fosos para los materiales extraídos.



Imagen 3.11 Residuos para reciclar y restos de los residuos después del tratamiento

Peraz Reciclados, S.L.

Imposible obtener información de la planta, es posible que no exista, aún existen parte de las instalaciones en el lugar.



Imagen 3.12 Vista exterior de los depósitos de la planta.

Forjados Riojano Reciclados, S.L.

José María Gaona Corres

La empresa no se encuentra en funcionamiento, aunque existe, por motivos personales

PLANTAS DE VALORIZACIÓN TIPO II

Excavaciones Asenjo, S.L.

Es imposible establecer contactos con esta empresa, por lo que suponemos que esta parada o ha dejado de existir.

Hermanos Rezola, S.L.

Miniexcavadoras Huarte, S.L.

Excavaciones Asenjo, S.L.

Es imposible establecer contactos con esta empresa, por lo que suponemos que esta parada o ha dejado de existir.

Reciclados del Cidacos, S.L.

Contenedores Rioja, S.L.

La planta de reciclaje actualmente se encuentra parada, desde hace un año debido a la falta de trabajo en este sector.

Lázaro Conextran, S.L.

Horaesa Hormigones, áridos y excavaciones

La planta situada a la entrada de Nájera dispone de una planta de tratamiento móvil y de un vertedero. La planta de tratamiento no está en continuo funcionamiento ya que la entrada de residuos y la salida del árido no es continúa. La realidad es que la demanda de árido es casi nula y su única salida es como zahorra o para alguna carretera o camino pero es preferible hechar otra capa de zahorra artificial para un mejor asentamiento del terreno y sobretodo evitar el polvo que se produce.

La realidad es que dada la poca salida que tiene para otros usos es difícil plantear la posibilidad que se use en hormigón y menos en hormigón estructural, por el encarecimiento del coste y la falta de estudios fiables que demuestren su uso.



Imagen 3.13 Planta de extracción y vertedero.

Hormigones Rioja

Esta empresa tiene una amplia oferta de productos incluido el árido reciclado, pero este no es un producto demandado, principalmente por el precio del producto.

Con este producto obtenido ha participado en ensayos a nivel regional, pero sin obtener ningún resultado del que hayan sido informados hasta el momento.

VERTEDEROS

Horaesa. Hormigones, áridos y excavaciones

Hormigones Rioja.



Imagen 3.14 Vertedero situado en una localidad de La Rioja.

Se han visitado los vertederos de las empresas y por lo que se puede apreciar los socavones creados para la extracción de árido se aprovechan, para después con los tratamientos necesarios y las impermeabilizaciones necesarias depositar los residuos.

Como conclusión a estas vistas hemos observado que hay unas demandas que se repiten en todas ellas y es la falta de interés de las instituciones respecto al tema del uso del árido reciclado, si bien es cierto que ellos no son los únicos que tienen que tomar medidas, y que esto no ocurre en otras zonas con escasez de árido. Pero esto no puede ser una respuesta

lógica porque igual que en otras regiones, el árido se acabará algún día y es mejor tomar las medidas que todos tenemos disponibles para evitarlo desde ahora.

Otro punto importante que se observa en las plantas de tratamiento es que la separación completa del hormigón y el resto de impurezas es muy complicada porque son piezas muy pequeñas las que se pueden quedar y si bien existen maquinas especiales para este fin, es el ser humano el que lleva a cabo una parte importante de la separación y quizás la más complicada.

3.3.2.3 GESTIÓN DE LOS VERTEDEROS

Los vertederos situados en La rioja en estos momentos son de gestión privada, pero esto no significa que no tengan que cumplir ciertos requisitos en su funcionamiento. La recogida de material se produce de una forma estipulada y teniendo en cuenta el tipo de materiales que entran para proceder de forma adecuada según cada material.

En este proceso de recogida se debe rellenar una información básica en la que debe de estar incluida la cantidad de material que se lleva a vertedero y también llevar un código en referencia al código LER Lista Europea de Residuos que los clasifica.

Códigos LER	Descripción
17 01 01	Hormigón
17 01 02	Ladrillos
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos y metales.
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
17 06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 04 y 17 06 03
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los especificados en el código 170801
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición- Madera
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición – Vidrio
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición (Densidad < 500 Kg/m ³)
20 02 02	Tierras y piedras

Tabla 3.9. Lista LER de residuos más habituales.

Identificación de la empresa:						
Operación de tratamiento:						
Fecha:						
Entradas en la instalación:			Salidas de la instalación:			
Residuo (1)	Cantidad (2)	Origen (4)	Residuos del tratamiento / materiales (1)	Cantidad (2)	Destino (5)	
					Operación (3)	Empresa

(1) Los residuos se identificarán según el anexo 1 de la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero.
 (2) Las cantidades se expresarán en toneladas.
 (3) Las operaciones de tratamiento se identificarán mediante la codificación establecida en los anexos I y II de esta Ley.
 (4) Identificación de la empresa o entidad de donde provienen los residuos.
 (5) Indicación del destino de los residuos del tratamiento o de los materiales, incluyendo la operación a la que se destinan.

Imagen 3.15 Obligaciones de información de las empresas de tratamiento de residuos

3.3.3 MODELOS DE GESTION, OBJETIVOS Y MEDIDAS

Para la consecución de los objetivos marcados en el plan, se requiere unas actividades específicas, previas a la generación del residuo, que son:

- Separación en origen.
- Fomento de la demolición selectiva
- Potenciación de la utilización de áridos reciclados.

La gestión de los residuos no hace diferencias entre los residuos urbanos y los no urbanos pero teniendo en cuenta que el destino final es el mismo, no justifica la existencia de instalaciones de gestión diferenciadas.

La generación de estos residuos se produce en obras sujetas a licencias municipales en particular a licencias de obras, por lo tanto corresponde a los ayuntamientos el control de la correcta gestión de los residuos generados en su término municipal, mediante la aplicación de la correspondiente Ordenanza Municipal.

Con el fin de garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el Plan, y siguiendo el borrador de Real Decreto por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición, la solicitud de autorización de obra deberá incorporar, en todos los casos, una planificación explícita de la cantidad de residuos generados en la obra,

su tipología general, las medidas que se tomarán para la segregación en origen de los residuos peligrosos, y el destino final del residuo.

En particular, la concesión de licencia de obra deberá determinar el destino final específico del residuo, en base a lo establecido por la planificación presentada por el promotor y las consideraciones contenidas en el presente Plan y las determinaciones de la normativa ambiental aplicable.

Las Administraciones locales establecerán las medidas oportunas para que la recaudación efectuada con este objeto permita la mejora ambiental de la gestión de los RCD's o en la restauración de los efectos ocasionados por la gestión inadecuada.

Zonificación de las instalaciones:

Como instalaciones de tratamiento de residuos se primarán las de valorización frente a las de eliminación, las instalaciones de eliminación deberán cumplir los requisitos establecidos en el Real Decreto 1481/2001 de eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Los requisitos mínimos constructivos para las instalaciones de valorización son:

- Terreno suficiente para el desarrollo de la actividad acorde con la capacidad de tratamiento de la instalación. La capa superficial del terreno estará formada por una capa de material compactado de espesor suficiente para aportar capacidad de soporte y permitir el depósito y recogida de residuo sin menoscabo de su capacidad portante, de evacuación de agua y sin reducir la protección ambiental.
- Dispondrá de acceso adecuado, cerramiento mediante vallado, drenaje superficial y deberá adoptar las medidas necesarias para evitar la dispersión de los residuos por la acción del viento así como las molestias generadas a vecinos o actividades colindantes por la acción de olores, polvo y ruido, entre las medidas necesarias, debe incluirse la implantación de una pantalla vegetal arbolada de forma perimetral a las instalaciones.
- Caseta u oficina de servicios en la que se debe registrar toda admisión y toda expedición, de los residuos producidos y de los productos reciclados obtenidos.
- Lugares de acopio debidamente identificados y diferenciados tanto para los residuos recibidos como para los productos reciclados, así como contenedores adecuados para los residuos generados, que deberán ser entregados a otros gestores para su valorización o eliminación. Como mínimo deberá disponer de

contenedores para: metal, papel-cartón, plástico, madera, residuos peligrosos y fracción resto.

- Instalaciones para la trituración o machaqueo y clasificación de los productos inertes reciclados, con separación de metales complementaria.

Se proponen dos tipologías de instalaciones de valorización en función de los residuos autorizados a tratar. La diferencia entre los dos tipos de instalaciones de valorización consistirá en la capacidad tecnológica de cada una de ellas. La ubicación dependerá de la iniciativa privada y de la dinamización del sector de la construcción.

- Tipo I: instalaciones con capacidad para la separación de todo tipo de RCD, en especial los procedentes de obra mena domiciliaria. Son instalaciones fijas con separación manual de residuos, mediante cabina de triaje, y separación de finos previo al machaqueo, mediante trommel o sistemas de cribado.
- Tipo II: Instalaciones donde sólo se permite la entrada de residuos procedentes de obras con separación de residuos o demoliciones selectivas. Los residuos admisibles serán de naturaleza inerte: hormigón, materiales cerámicos, tierra y piedras. La maquinaria empleada puede ser móvil y sólo podrían operar determinados días en función de la cantidad de residuos acopiada.

Objetivos

Los objetivos marcados por el PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS DE LA RIOJA 2007-2015 son:

- La cantidad de RCD entregado a gestor sobre lo generado sea de 80% en 2010 y 95% en 2015.
- La cantidad de RCD valorizado sobre lo recogido sea del 50% en 2010 y del 80% en 2015.
- La cantidad de RCD eliminado en vertedero sobre lo recogido sea del 50% en 2010 y del 20% en 2015.

En este estudio se puede observar datos sobre la gestión de residuos, plantas de tratamiento y el volumen gestionado.

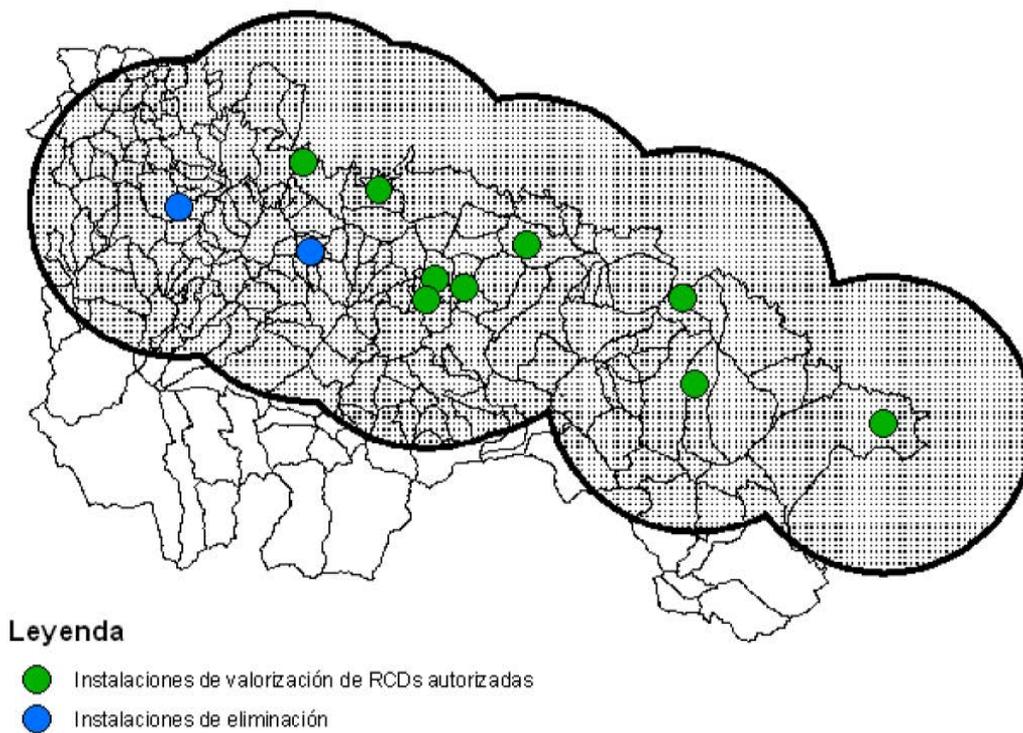


Imagen 3.12 Área de influencia de las instalaciones de valorización y eliminación de RCD

A continuación se muestran algunos datos de RCD entregados a gestor autorizado en La Rioja.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	OBJETIVO
Eliminado	23.691	52.233	71.366	87.171	32.945	35.838	
Valorizado	0	2.390	40.115	55.922	129.957	169.141	
Total	23.691	54.623	111.481	143.093	163.903	202.902	
Eliminado		96%	64%	61%	20%	17%	20%
Valorizado		4%	36%	39%	80%	83%	80%

Tabla 3.9 RCD's entregados a gestor autorizado

	Localidad	Capacidad de eliminación/tratamiento	Año de entrada en funcionamiento.
Vertederos	Hervías	190.000	2004
	Manjarrés	250.000	2004
	Torremoltalvo	100.000	2006
Planta de valorización Tipo I	Pradejón	100.00	2006
	Nalda	60.000	2007
	Alfaro	150.000	2008
	Arenzana de Abajo	40.000	2009

Planta de valorización Tipo II	Murillo de río Leza	25.000	2006
	Fuenmayor	20.000	2007
	Alberite	45.000	2007
	Quel	2.500	2008
	Albelda de Iregua	60.000	2009
	Villamediana	5.000	2009
	Autol	20.000	2010
	Sotés	100.000	2010

Tabla 3.10 Datos de RCD recogido y/o tratado en las plantas de la comunidad de La Rioja hasta el año 2010

*capacidad de eliminación en (t)

*Capacidad de tratamiento (t/año)

3.3.4 ESTUDIO Y PLAN DE GESTIÓN DE RCD CONFORME AL RD 105/2008

Este Real Decreto surge por la necesidad de gestionar la gran cantidad de residuos que genera el sector de la construcción a raíz del auge y la elevada actividad que tiene este sector en la economía española en un momento dado, y proteger así y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente.

Según este plan de gestión de residuos son las comunidades autónomas las que tienen que realizar una gestión adecuada acerca de los residuos y más allá del tratamiento y la valorización, son las administraciones las que tiene que dar ejemplo, ya que según cita el real decreto, en aquellas obras en que las administraciones públicas intervengan como promotores, se establece que éstas deberán fomentar las medidas para la prevención de residuos de construcción y demolición y la utilización de áridos y otros productos procedentes de su valorización.

Este Real Decreto establece también las obligaciones del productor de residuos en el *Artículo 4*, según el cual:

Se debe incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo:

- Una estimación de la cantidad expresada en toneladas y metros cúbicos de los residuos de la construcción y la demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos (LER).
- Las medidas para la prevención de residuos.

- Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinaran los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en la obra.
- Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente estos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución.
- 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 residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
- Una valoración del coste previsto de la gestión de residuos de la construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

También deberá disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado.

En el caso de obras sometidas a licencia urbanística, constituir, cuando proceda, en los términos previstos en la legislación de las comunidades autónoma, la fianza o garantía equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de la construcción y la demolición.

En el *Artículo 5* las obligaciones del poseedor de los residuos de construcción y demolición.

- Estará obligado a presentar a la propiedad un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra.
- El poseedor de los residuos de la construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por si mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en

un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

- La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte de del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos o en ambas unidades cuando sea posible, y el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos.
- Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de la construcción y la demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos.
- El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.
- Los residuos de la construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades: 80t. de hormigón, 40t. de ladrillos tejas y cerámicos, 2t de metal, 1t de madera, 1t de vidrio, 0,5t. de plástico o 0,5t. de papel y cartón.
- La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de la construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos de una instalación de tratamientos de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.
- El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma en que se ubique la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá

eximir al poseedor de los residuos de la construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

- El poseedor de residuos de construcción y demolición estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el apartado tercero, así como mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco siguientes.

Artículo 6. Régimen de control de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y demolición.

Las comunidades autónomas y las entidades locales colaborarán y se prestarán la asistencia mutua que pudiera precisar para el cumplimiento de las funciones que tiene atribuidas sobre residuos, en particular en relación con la autorización, vigilancia, inspección y sanción de la producción, posesión y gestión de residuos urbanos.

Las comunidades autónomas podrán exigir una fianza u otra garantía financiera equivalente, vinculada al otorgamiento de la licencia municipal de obras al productor de los residuos, en cuantía suficiente para garantizar el cumplimiento de las obligaciones que impone el Real Decreto 105/2008.

En las obras que incluyan un estudio de gestión de residuos de la obra, el cálculo de la cuantía de la fianza o garantía financiera equivalente establecida en el apartado anterior se basará en el presupuesto de dicho estudio. Si embargo si se considera que el presupuesto ha sido elaborado de modo infundado a la baja, se podrá elevar motivadamente dicha fianza.

Artículo 7. Según el Real Decreto el gestor de residuos de construcción y demolición tiene unas obligaciones generales.

- Debe llevar un registro (imagen 3.8) en el que como mínimo figure la cantidad de residuos gestionados, expresada en toneladas y en metros cúbicos, el tipo de residuos codificados con arreglo a la lista europea de residuos, la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde procedan de otra operación de gestión, el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metros cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes de la actividad.

- Poner a disposición de las administraciones públicas competentes, a petición de las mismas, la información contenida en el registro mencionado en el punto anterior. La información referida a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.
- Extender al poseedor o al gestor que le entregue residuos de construcción y demolición, en los términos recogidos en el real decreto, los certificados acreditativos de la gestión de residuos recibidos, especificando el producto y, en su caso, el número de licencia de la obra procedencia. Cuando se trate de un gestor que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir al poseedor o al gestor que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.
- En el supuesto de que carezca 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 se separarán, almacenarán adecuadamente y derivarán a gestores autorizados de residuos peligrosos.

Artículo 8. Actividades de valorización de residuos de la construcción y la demolición.

- El desarrollo de actividades de valorización de residuos de la construcción y la demolición requerirá autorización previa competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma.
- La autorización podrá ser otorgada para una o varias acciones que se vayan a realizar. Se otorgarán por un plazo de tiempo determinado, y podrá ser renovada por periodos sucesivos.
- La autorización será previa inspección de las instalaciones en las que vaya a realizarse la actividad y comprobación de la cualificación de los técnicos responsables de su dirección y de que está prevista la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.
- Los áridos obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y de demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso al que se destinen.

Artículo 9. Actividades de valorización de residuos de la construcción y demolición en la obra en que se han producido.

- La legislación de las comunidades autónomas podrá eximir de la autorización administrativa regulada en los 3 primeros apartados del punto anterior a los poseedores que se ocupen de la valorización de los residuos no peligrosos de construcción y demolición en la misma obra que se han producido, fijando los tipos y cantidades y residuos y las condiciones en las que la actividad puede quedar dispensada de la autorización.
- Las actividades de valorización de residuos reguladas en este artículo se ajustarán a lo establecido en el proyecto de obra. En particular, la dirección facultativa de la obra deberá aprobar los medios previstos para dicha valorización in situ.
- En todo caso, estas actividades se llevarán a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que perjudiquen el medio ambiente y, en particular, al agua, al aire, al suelo, la fauna o a la flora sin provocar molestias por ruido ni olores y sin dañar el paisaje y los espacios naturales que gocen de algún tipo de protección de acuerdo con la legislación aplicable.
- Las actividades a las que sea de aplicación la exención contemplada en el primer punto deberán quedar obligatoriamente registradas en la forma que establezcan las comunidades autónomas.

Artículo 10. Tratamiento de residuos de construcción y demolición mediante plantas móviles en centros fijos de valorización y de eliminación de residuos.

La actividad de tratamiento de residuos de construcción y demolición mediante una planta móvil, cuando aquélla se lleve a cabo en un centro fijo de valorización o de eliminación de residuos, deberá preverse en la autorización otorgada a dicho centro fijo, y cumplir con los requisitos establecidos en la misma.

Artículo 11. Actividades de eliminación de residuos de la construcción y demolición mediante depósito en vertedero.

- Se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo. Esto no se aplicará a los residuos inertes cuyo tratamiento sea inviable ni a los residuos de la construcción y la demolición cuyo tratamiento no contribuya a los objetivos establecidos en el Real Decreto.

- La legislación de las comunidades autónomas podrá eximir de la aplicación de la aplicación del apartado anterior a los vertederos de residuos no peligrosos o inertes de construcción y demolición en poblaciones aisladas que cumplan lo que recoge el artículo 2 del Real Decreto 1481/2001 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en el vertedero.

Artículo 12. Actividades de recogida, transporte y almacenamiento de residuos construcción y demolición.

Los titulares de actividades en las que se desarrollen operaciones de recogida, transporte o almacenamiento de residuos no peligrosos de construcción y demolición deberán notificarlo al órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma correspondiente, quedando debidamente registradas estas actividades en la forma que establezca la legislación de las comunidades autónomas, que podrá someter a autorización el ejercicio de estas actividades.

Artículo 13. Utilización de residuos inertes en obras de restauración, acondicionamiento o relleno.

- La utilización de residuos inertes procedentes de actividades de construcción o demolición en la restauración de un espacio ambientalmente degradado, en obras de acondicionamiento o relleno, podrá ser considerada una operación de valorización, y no una operación de eliminación de residuos en vertedero cuando se cumplan los requisitos exigidos.
- Los requisitos establecidos en el anterior apartado se exigirán sin perjuicio de la aplicación del Real Decreto 2994/1982, de 15 de Octubre, sobre restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas.
- Las administraciones públicas fomentarán la utilización de materiales y residuos inertes procedentes de actividades de la construcción o demolición en la restauración de espacios ambientalmente degradados, obras de acondicionamiento o relleno, cuando se cumplan los requisitos establecidos en el apartado 1.

Artículo 14. Planificación sobre residuos de la construcción y demolición.

Los planes de sobre residuos de construcción y demolición o las revisiones de las existentes contendrán como mínimo:

- La previsión de la cantidad de residuos de construcción y demolición que se producirán durante el periodo de vigencia del plan, desglosando las cantidades de residuos peligrosos y de residuos no peligrosos, y codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que lo sustituya
- Los objetivos específicos de prevención, reutilización, reciclado, otras formas de valorización y eliminación así como los plazos para alcanzarlos.
- Las medidas a adoptar para conseguir dichos objetivos, incluidas las medidas de carácter económico.
- Los lugares e instalaciones apropiadas para la eliminación de residuos.
- La estimación de los costes de las operaciones de prevención, valorización y eliminación
- Los medios de financiación
- El procedimiento de revisión

Artículo 15. Responsabilidad administrativa y régimen sancionador.

El incumplimiento de las obligaciones establecidas en este real decreto dará lugar a la aplicación. Del régimen sancionador previsto en la Ley 10/1998 de 21 de Abril.

Disposición adicional primera. Régimen aplicable a la producción y posesión de residuos de construcción y demolición en obras menores de construcción o reparación domiciliaria.

Las obligaciones establecidas en los artículos 4 y 5 no será de aplicación a los productores o poseedores de residuos de construcción y demolición en obras menores de construcción o reparación domiciliaria, que estarán sujetos a los requisitos que establezcan las entidades locales en sus respectivas ordenanzas municipales.

Disposición adicional segunda. Fomento de la prevención y de la utilización de productos procedentes de la valorización de residuos de construcción y demolición, por parte de las administraciones públicas.

- Las administraciones públicas velarán por que en las obras en que intervengan como promotores se apliquen las medidas tendentes a la prevención en la generación de residuos de construcción y demolición. Además, velarán porque en la fase de proyecto de la obra se tenga en cuenta las alternativas de diseño y constructivas que generen menos residuos en la fase de construcción y de explotación, y aquellas que favorezcan el desmantelamiento ambientalmente correcto de la obras al final de su vida útil.
- Las administraciones públicas fomentarán que en las obras públicas se contemple en la fase de proyecto las alternativas que contribuyan al ahorro en la utilización de recursos naturales, en particular el empleo en las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de la valorización de residuos.
- En la contratación pública se fomentará la menor generación de residuos de construcción y demolición, así como la utilización en las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de valorización de residuos.
- En el ámbito de la Administración General del Estado y sus organismos públicos las prescripciones técnicas de los contratos se definirán en la medida de lo posible, teniendo en cuenta la menor generación de residuos de construcción y demolición. Asimismo, los órganos de contratación, al determinar los criterios que hayan de servir de base para la valorización de la oferta más ventajosa, procurará tener en consideración las medidas sobre prevención y para la reutilización o reciclado de los residuos de construcción y demolición, así como la utilización en las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de valorización de residuos.

Disposición adicional tercera. Régimen aplicable a los excedentes de excavación generados en obras de titularidad públicas sometidas a evaluación de impacto ambiental.

Las medidas previstas en este real decreto, salvo lo referido en el artículo 4.1a) no serán aplicables a los excedentes de excavaciones y demoliciones de obras de titularidad pública, a los que será de aplicación lo previsto en el Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de Enero. Cuando dichos excedentes estuvieran contaminados por sustancias peligrosas será de paliación la normativa específica de residuos.

3.4 MINAS Y PLANTAS DE EXTRACCIÓN EN LA RIOJA

3.4.1 INTRODUCCIÓN

Existe una gran cantidad de minas y plantas de extracción en La Rioja, esto es debido a que la comunidad se encuentra en el valle fluvial del Ebro lo que hace que por la cercanía a este río sea una zona abundante en recursos de áridos, tierras, y tipo similar a los recursos necesarios para la construcción.

Debido a esta abundancia de terreno adecuado para la explotación y obtención de áridos, zahorras, etc hace que en muchos casos cuando es necesario material para una obra o una zona concreta de obras sea más fácil realizar una excavación cercana al lugar. También hay que tener en cuenta que según las definiciones del Real Decreto 15/2008 antes expuesto, dentro de la definición de obra entra la realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos. Se considerará parte integrante de la obra toda instalación que de servicio exclusivo a la misma, y en la medida en que su montaje y desmontaje tenga lugar durante la ejecución de la obra o al final de la misma. Esto es debido como ya se ha mencionado antes al tipo de tierra existente en la zona.

En la imagen siguiente se puede ver los datos obtenidos de la página web del gobierno de La Rioja en la que se pueden observar la gran cantidad de minas que existen, también se puede ver en el anexo C las fichas obtenidas con la información oficial de cada mina.

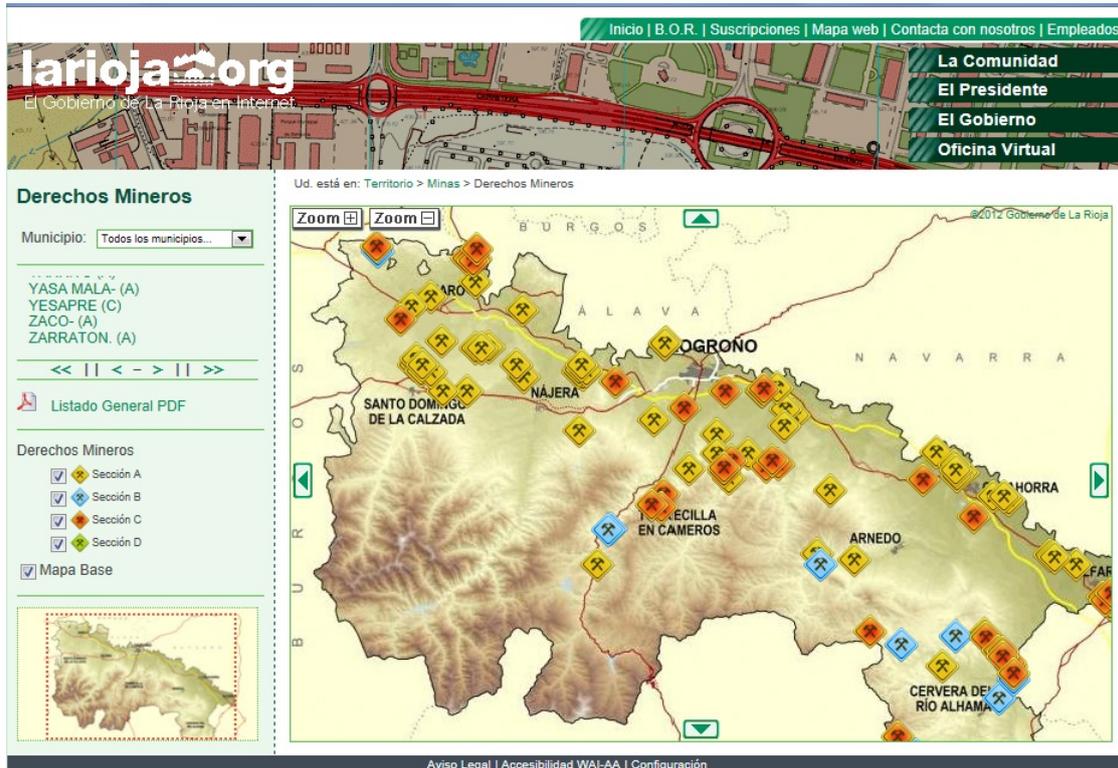


Imagen 3.17 Número de minas en La Rioja en octubre 2013.

Los derechos mineros

La Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas, clasifica los yacimientos minerales en tres secciones: A, B y C. La sección de A y la sección C responden a un criterio de clasificación económica, mientras que la sección B es una clasificación por propiedades físicas de los minerales o recursos. A su vez la Ley 54/1980, de 5 de noviembre, de modificación de la Ley de Minas, con especial atención a los recursos minerales energéticos, introduce una nueva sección D que incluye recursos de este tipo.

La sección A se refiere a:

Los recursos minerales de escaso valor económico y comercialización geográficamente restringida.

Aquellos cuyo aprovechamiento único sea el de obtener fragmentos de tamaño y forma apropiados para su utilización directa en obras de infraestructura, construcción y otros usos que no exigen más operaciones que las de arranque, quebrantado y calibrado.

El aprovechamiento de los recursos de la sección A, se otorga mediante autorización, la cual se condiciona a la disponibilidad de los terrenos sobre los que se piensa actuar por parte del promotor.

La sección B incluye:

- Las aguas minerales y termales.
- Los yacimientos de origen no natural, esto es, el aprovechamiento de los residuos obtenidos en operaciones de investigación, explotación o beneficio.
- Estructuras subterráneas.

El aprovechamiento de los yacimientos de origen no natural y las estructuras subterráneas se otorgan mediante autorización, la cual se condiciona a la disponibilidad de los terrenos sobre los que se piensa actuar por parte del promotor. El aprovechamiento de las aguas minerales y termales se otorga mediante concesión o autorización.

La sección C comprende cuantos yacimientos minerales y recursos geológicos no estén incluidos en las secciones A, B o D y sean objeto de aprovechamiento conforme a la Ley de Minas. (Por ejemplo, yesos, piedra ornamental...)

La sección D incorpora una serie de recursos minerales de interés energético (antes incluidos en la sección C, entre los que se incluyen los carbones, los minerales radioactivos, los recursos geotérmicos, las rocas bituminosas y otros yacimientos minerales o recursos geológicos de interés energético que el Gobierno acuerde en esta sección.

Según la Ley Orgánica de 3/1981, del Estatuto de Autonomía de La Rioja, establece que: *“Los poderes públicos de la Comunidad Autónoma impulsarán aquellas acciones que tiendan a mejorar las condiciones de vida y trabajo y a incrementar la ocupación y crecimiento económico”*. Más tarde la ley 2/1999 del 7 de enero que reforma la ley anterior establece que la Comunidad Autónoma de La Rioja tiene competencia exclusiva en la *Ordenación y planificación de la actividad económica, así como fomento del desarrollo económico de la Comunidad Autónoma, dentro de los objetivos marcados por la política económica nacional*.

Por el Real Decreto 1844/2000 del 10 de noviembre se transfieren a la Comunidad de La Rioja las competencias de minas y por Decreto 11/2001 se asumió la ampliación y adaptación de las funciones y servicios traspasados a la comunidad Autónoma de La Rioja en materia de industria, energía y minas.

Por el Decreto 37/2003, de 15 de julio de atribución de funciones administrativas en desarrollo de la Ley 1/2003 de organización del sector público de la Comunidad Autónoma de La Rioja, las competencias de de minas se adscriben a la Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno de La Rioja, quien las ejerce a través de la Dirección General de Política Territorial y concretamente a esta dirección corresponde la elaboración de propuestas de ordenación de las actividades mineras.

Como consecuencia de todo esto, se elaboró a través de la Dirección General de Política Territorial un **Plan Director de Actividades Mineras de La Comunidad Autónoma de La Rioja (PLAMINCAR)**, que pretendía impulsar la modernización del sector, la mejora de las condiciones de trabajo de operarios de las explotaciones mineras mediante la formación y la generalización de las medidas de seguridad, y el logro de un desarrollo sostenible de la actividad extractiva con especial incidencia en la restauración de las explotaciones abandonadas

El plan director buscaba establecer los objetivos y programas que permitieran compatibilizar la disminución de los efectos adversos que las explotaciones mineras provocan en el medio ambiente, junto con un aprovechamiento ordenado, eficiente y en condiciones laborales y de seguridad adecuadas de los recursos geológicos y yacimientos naturales, al tiempo que se contribuye al desarrollo económico y otros beneficios para la sociedad.

El horizonte para el que se contemplaron las actuaciones fue el comprendido entre el año 2005 y el año 2010.

3.4.2 MARCO LEGAL

En España existe a nivel nacional la Ley 22/1973 en la que suscribe que *“todos los yacimientos minerales de origen natural y demás recursos geológicos existentes en el territorio nacional y plataforma continental son bienes de dominio público, cuya investigación y aprovechamiento el Estado podrá asumir directamente o ceder en la forma y condiciones que se establecen...”* La administración del Estado o en su caso las comunidades que tengan transferidas estas competencias son responsables de la administración de estos bienes, de todo los españoles, que solo pueden ser explotados cuando la Administración Minera *“conceda”* o *“autorice”* su aprovechamiento.

Estas son las leyes existentes que actualmente se refieren a la actividad minera:

- Ley 22/1973 de 21 de Julio, de minas y el real decreto 2857/1978, de 25 de agosto de por el que se aprueba el reglamento general para el régimen de la minería.
Esta ley se creó para dar salida a la nueva situación económica que se generó en los años sesenta. Esta ley tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la investigación y aprovechamiento de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos
- Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el reglamento general de normas básicas de seguridad minera.

Este real decreto aprueba el reglamento que establece las reglas mínimas de seguridad en la explotación de minas, canteras salinas marítimas, aguas subterráneas, recursos geotérmicos, depósitos subterráneos naturales artificiales, sondeos excavaciones a cielo abierto o subterráneas, siempre que en cualquiera de los trabajos citados se requiera la aplicación de técnica minera o el uso de explosivos, y aquellos establecimientos de recursos geológicos en general, en los que se apliquen técnicas mineras.

- Ley 21/1992 de 16 de Julio, de Industria.

Esta ley establece las bases de ordenación del sector industrial a través de la garantía y protección del ejercicio de la libertad de empresa industrial; la modernización, promoción industrial y tecnológica, innovación y mejora de la competitividad, la seguridad y calidad industriales y la responsabilidad industrial. Así mismo, contribuye a compatibilizar la actividad industrial con la protección del medio ambiente, y establece los criterios de coordinación de las Administraciones Públicas.

- Ley 43/2003 de 21 de Noviembre, de montes.

Esta ley tiene por objeto garantizar la conservación y protección de los montes españoles promoviendo su restauración, mejora y racional aprovechamiento, apoyándose en la solidaridad colectiva.

- Ley 10/2006 de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre de Montes.

Esta ley tiene por objeto subsanar deficiencias de la ley anterior con la regulación del régimen sustantivo de protección frente a incendios.

- Real Decreto legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley aguas.

Mediante es Real Decreto Legislativo se establece la regulación del dominio público hidráulico y el uso del agua, así como la plantación hidrológica a la que habrá de someterse toda actuación sobre dicho dominio.

- Real Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.

Este Real Decreto establece los requisitos mínimos para evitar que las instalaciones, establecimientos, actividades, industrias o almacenes sean oficiales o particulares, públicos o privados a todos los cuales se aplica indistintamente la denominación de actividades, produzcan incomodidades, alteren las condiciones normales de salubridad e higiene del medio ambiente y

ocasionen daños a las riquezas públicas o privadas o impliquen riesgos graves para las personas o los bienes.

- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
Se aprueba esta Ley para evitar o, cuando no sea posible, reducir y controlar la contaminación de la atmósfera, del agua y del suelo, mediante el establecimiento de un sistema de prevención y control integrados de la contaminación, con el fin de alcanzar una elevada protección del medio ambiente en su conjunto.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados
En este Real Decreto se hace referencia a la clasificación y la lista europea de residuos y se establece la política de residuos y las competencias administrativas.
- Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental, el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución del real decreto legislativo 1302/1986 de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental, el Real Decreto- Ley, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986 de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental y la ley 6/2001, de 8 de junio, de modificación del real decreto legislativo 1302/1986 de evaluación de impacto ambiental.
Este Real Decreto Legislativo aúna los fragmentos que regulan sectorialmente el proceso de armonizar las actividades, con el impacto que éstas van a tener en el entorno en que se van a desarrollar, y ponderar la bondad de las mismas con objeto de determinar si los beneficios que aportan a su entorno son capaces de superar los perjuicios que provocan.
- Real decreto 2994/1982, de 15 de octubre, sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras.
Este Real Decreto obliga a quienes realicen el aprovechamiento de recursos regulados por la Ley de Minas, a ejecutar los trabajos de restauración previstos en el proyecto o Plan de restauración, o que sea la Administración la encargada de ejecutar dicha restauración, obligando al titular de la explotación minera a entregar a la administración una cantidad periódica suficiente para cubrir el coste de ejecución del mismo.
- Orden de 20 de Noviembre de 1984 (Industria y energía) por la que se desarrolla el real decreto 2994/1982, de 15 de octubre sobre la restauración del espacio natural afectado por actividades mineras.

Mediante esta orden se desarrolla el Real Decreto que obliga a quienes realicen el aprovechamiento de recursos regulados por la Ley de Minas, a ejecutar los trabajos de restauración previstos en el Proyecto o Plan de explotación, o que sea la Administración la encargada de ejecutar el Plan de restauración, obligando al titular de la explotación minera a entregar a la Administración una cantidad periódica suficiente para cubrir el coste de ejecución del mismo.

- Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

Este Real Decreto se hizo adaptando la Directiva Europea 2006/21/CE para unificar y mejorar respecto a otras normativas vigentes.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

Esta ley establecen los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la seguridad y de la salud, la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo, la información, la consulta, la participación equilibrada y la formación de los trabajadores en materia preventiva, en los términos señalados en la presente disposición. También regula las actuaciones a desarrollar por las Administraciones públicas, así como por los empresarios, los trabajadores y sus respectivas organizaciones representativas.

- Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.

Existiendo un marco legislativo en cuanto a la seguridad y salud de los trabajadores, este Real Decreto tiene por objeto establecer las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la protección en materia de seguridad y salud de los trabajadores de las actividades mineras.

- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre sobre la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido que fue derogado en el año 2008.

Este Real Decreto establece las disposiciones mínimas sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
Este Real Decreto establece las disposiciones mínimas sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real decreto 1215/1997, de 18 de julio de por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de trabajo.
Este Real Decreto establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, de cara a que se la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores de la empresa o centro de trabajo no deriven en riesgos para su seguridad o salud.
- Real decreto 2177/2004, de 12 de noviembre por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Ley 3/1998, de 16 de marzo de investigación y desarrollo tecnológico de La Rioja.
Esta ley establece el marco legislativo que permitirá desarrollar diferentes planes específicos de investigación y desarrollo, a la vez que establece un clima de colaboración y coordinación entre los diferentes estamentos.
Vigente hasta el año 2009 cuando se modifica el artículo 51 del Decreto 61/1998, de 6 de noviembre, por el que se desarrolla la Ley 3/1998, de 16 de marzo, de Investigación y Desarrollo Tecnológico de La Rioja, en lo relativo a la Organización y Planificación de la Política Científica y tecnológica de la Comunidad Autónoma de La Rioja, los Centros y el Registro de Investigación y Desarrollo Tecnológico

3.4.3 LAS MINAS EN LA RIOJA.

La geología existente en La Rioja ha facilitado la proliferación de minas tanto aéreas como subterráneas para la extracción de una gran variedad de materiales desde arcillas hasta diferentes tipos de minerales.

De esto se tiene datos ya que en una excavación arqueológica realizada en el año 1865 ya se encontraron piedras con más de 40.000 años de antigüedad. Es de mencionar que

gracias a las grandes cantidades de cerámica producidas en el siglo I en Tritium Magallum (Tricio) sirvió para que Roma le concediera el beneficio de municipio y gracias a las técnicas romanas de moldeado y cocción de la arcilla Tritium Magallum se convirtió en uno de los centros alfareros más importantes de Occidente.

Esto aunque solamente sea como un mero hecho histórico nos hace ver la importancia que han tenido para esta tierra las excavaciones y la obtención de recursos a través de las minas aunque variando en el tipo de materiales obtenidos siempre ha sido un recurso importante.

3.4.3.1 LA GEOLOGÍA DE LA RIOJA

El relieve actual de La Rioja es resultado de una larga y compleja evolución geológica durante la cual se configuran tres de las más importantes unidades morfo estructurales de la Península Ibérica: el Sistema Ibérico, la Depresión del Ebro y los Pirineos. La historia geológica de La Rioja participa de estas tres unidades en sus rasgos generales, aunque tanto la litología como la tectónica poseen muchos caracteres diferenciadores. El Sistema Ibérico se extiende por la mitad meridional de La Rioja y la Depresión del Ebro ocupa la mitad septentrional

Prácticamente todas las rocas son de origen sedimentario, si bien conviene señalar el contraste existente entre el Sistema Ibérico y la Depresión del Ebro. En el primero predominan los materiales de origen marino -a veces ligeramente metamorfizados, como en la Sierra de la Demanda- o de transición entre los ambientes marinos y continentales con una gran variedad litológica: pizarras, cuarcitas, diques de cuarzo, cuarzarenitos, arcillas, calizas y areniscas.

En la Depresión del Ebro todos los materiales son de origen continental, depositados en una cuenca sin salida al mar, en un ambiente generalmente árido, por medio de corrientes fluviales con diferente grado de torrencialidad; predominan las areniscas, intercalándose a veces estratos de margas, yesos y calizas, pudiendo localizarse importantes acumulaciones de conglomerados en el borde de la Depresión.

Las tres unidades se hallan estrechamente interrelacionadas. De hecho la elevación del Sistema Ibérico y de los Pirineos, junto con la de la Cordillera Costero-Catalana, es contemporánea de la formación de la Depresión del Ebro, que precisamente queda definida por el levantamiento de las tres cadenas citadas. A la vez la erosión de estas últimas contribuye al relleno de la Depresión, donde se depositan los sedimentos correlativos a la erosión de las montañas circundantes. Por ello, el estudio de los materiales acumulados de la Depresión no solo ayuda a interpretar al evolución de esta última sino que también encierran gran parte de la historia geológica de las propias montañas.

La cuenca del Ebro es la que despierta para este tema un mayor interés ya que es donde encontramos los materiales que son relevantes para este estudio.

La cuenca terciaria del Ebro es, geográficamente, una depresión relativa enmarcada por los Pirineos, la Cordillera Ibérica y las Cadenas Costero Catalanas. De forma triangular, en su extremo occidental enlaza con la Cuenca del Duero por el corredor de la Bureba. Representa la última fase de evolución entre el Oligoceno Superior y el Mioceno Inferior, cuando los cabalgamientos frontales surpirenaicos alcanzaron su emplazamiento definitivo. La geometría del relleno de la cuenca, exceptuando el sector occidental, presenta una forma de prisma abierto hacia el norte, con la base del Terciario Situada a más de 3.000 m. bajo el nivel del mar en el margen pirenaico. Sobre esta superficie basal, el Terciario presenta una tendencia al solapamiento expansivo hacia el sur, con los materiales más antiguos recubriendo tal superficie en el margen pirenaico y los más modernos hacia el margen ibérico.

El relleno alcanza en algunos puntos la potencia excepcional de 5.000 metros, lo que da idea no sólo de la importancia del hundimiento sino también del gran volumen de sedimentos aportados desde los márgenes montañosos, muy trabajados por los agentes erosivos.

En un esquema puede afirmarse que la Depresión del Ebro organiza la distribución de los sedimentos de forma aureolada desde los bordes hacia el centro, de acuerdo con la selección típica de materiales por su tamaño en función de la distancia recorrida, Así, los ríos y barrancos procedentes de las montañas, que transportaban importantes volúmenes de sedimentos hacia la cubeta del Ebro, perdían bruscamente pendiente y energía al entrar en la Depresión, abandonando los materiales más gruesos (gravas con variado índice de rodamiento que luego se convirtieron en el conglomerados al adquirir consistencia). A medida que las corrientes torrenciales se acercaban al centro de la Depresión iban abandonando materiales cada vez más finos, arenas – más tarde convertidas en areniscas – y arcillas. Finalmente, en el centro se formaban pequeñas lagunas, seguramente poco profundas y de posición muy variables con el paso del tiempo, en las que irían depositándose sedimentos de origen químico (yesos, sales, calizas), en un medio semiárido o árido sometido a intensa evaporación estacional, a veces con desecación completa hasta la siguiente precipitación.

El esquema precedente se mantiene muy bien en sus rasgos esenciales en toda la Depresión del Ebro. Por ejemplo, en el paso de la montaña hacia la cubeta aparecen siempre importantes conglomerados con su relieve típico (Viguera, Anguiano y Matute). Por el contrario en el centro de la Antigua depresión dominan los depósitos de sales yesos y calizas. Entre los conglomerados y los materiales más finos se desarrolla toda una serie de relieves sobre areniscas y sobre arcillas. En La Rioja destacan cerca del eje del Ebro la llamada “facies Haro”, de tonos amarillentos, y algo más al sur, la “facies Najera”, de coloración algo más rojiza.

No obstante, no todo es tan regular y en ocasiones se han formado pequeñas lagunas muy cerca del frente montañoso y allí se han depositado yesos, lejos del centro de la cubeta, como sucede en el sur de Arnedo.

Una cuestión interesante se refiere a los tipos de conglomerados de borde de cuenca en La Rioja, problema que ha sido muy debatido por diferentes autores. En unos casos se trata de conglomerados compuesto esencialmente por cantos calcáreos y empastados en una matriz arcillo-arenosa carbonatada, muy poco resistente a la erosión, que fueron llamados respectivamente conglomerados de "facies Ojacastro" y de "facies Santurdejo".

Existen excelentes ejemplos de ambos tipos de conglomerados. Los calcáreos se hallan bien representados en el sur de Arnedo, depositados precisamente tras las primeras elevaciones de la sierra- en Viguera-Islallana, en Anguiano y Matute-Tobía. Los silíceos dominan en Yerga, Cabimonteros, Serradero y Santurdejo.

El relleno de la depresión llega hasta el Plioceno, momento a partir del cual comienza su progresivo vaciado por parte del río Ebro y su red de afluentes una vez que el Ebro se ha abierto paso hacia el Mediterráneo a través de una fractura en la Cordillera Costero Catalana. Hasta ese momento existiría una conexión directa entre las sierras y la Depresión del Ebro, pero desde entonces la Sierra de la Demanda aparece cada vez más desconectada. El encajamiento del río Oja favorece el que dos de sus afluentes más importantes (el Ciloría y el Turza) se instalen en la banda arcillosa del Trías, que sigue una orientación O-E. A partir de ese momento los torrentes que desde la Demanda se dirigían directamente hacia la Depresión del Ebro quedan cortados y desaguan en el Ciloría y en el Turza.

La existencia de deformaciones en los sedimentos de la Depresión del Ebro es un hecho relativamente frecuente, aunque no revisten la intensidad ni la continuidad de las que caracterizan a las áreas afectadas más directamente por el plegamiento alpino. Es cierto que en la mayor parte de la Depresión los estratos aparecen horizontales o con buzamientos muy suaves, pero localmente existen despliegues importantes. Así, el Sur de Arnedo los conglomerados basales oligocenos se encuentran fuertemente deformados, probablemente por el avance hacia el Norte del frente del cabalgamiento de la Sierra de Cameros; sobre ellos se depositaron otros conglomerados con una fuerte discordancia angular, claramente postectónicas.

También se han identificado suaves flexiones en Arnedo, Baños de Río Tobía y Nájera, que han sido considerados como manifestaciones de cabalgamientos que afectan a los materiales preterciarios sólo que, a diferencia de los que sucede con el frente cabalgante de Cameros-Demanda, no son visibles en superficie al quedar ocultos bajo el gran paquete de sedimentos del Terciario de la depresión del Ebro. En Superficie destacan más las

deformaciones en los yesos de la zona Alcanadre-Lodosa. En este sector interviene seguramente una tectónica de alcance regional favorecida por la movilidad de las series yesíferas; así es como se forman pliegues anticlinales y sinclinales con ejes de dirección WNW-ESE, que se prolongan hacia el sur de Navarra. También cabe señalar la existencia de cierta actividad geotectónica, con pequeñas fallas que afectan a depósitos cuaternarios (glacis y terrazas e incluso pequeños seísmos en la zona de contacto entre el Sistema Ibérico y la Depresión (Arnedillo, Turruncún).

Respecto al tema de los materiales frente al dominio de materiales paleozoicos, parcialmente metamorfizados en la Sierra de la Demanda (principalmente pizarras y cuarcitas), el resto de la montaña riojana se halla dominada por materiales de finales de Mesozoico: conglomerados cuarcíticos (cuarzarenitas), calizas, areniscas y arcillas. La tectónica es mucho más compleja en la Demanda, con pliegues muy apretados y escamas de corrimiento, mientras que en el resto del Sistema Ibérico riojano prevalecen los pliegues laxos que evolucionan hacia relieves en cuesta de reversos con poca pendiente. En las sierras más orientales los contrastes litológicos entre calizas y arcillas han facilitado la formación de pequeños corredores abiertos por la red fluvial de los ríos Linares y Alhama. La mayor complejidad tectónica se produce lógicamente en contacto con la Depresión del Ebro, por la intensa fracturación de los materiales.

La Depresión es aparentemente mucho más homogénea. La litología está formada por sedimentos continentales del Terciario, recubiertos en muchos lugares por una delgada capa de materiales cuaternarios. Arcillas, areniscas, margas, yesos y conglomerados se distribuyen por el llano riojano. La fácil erosionabilidad de los materiales y la ausencia de deformaciones tectónicas importantes han dado lugar a un relieve abierto, con escasos contrastes topográficos y pequeños desniveles, coincidiendo con el borde de glacis y terrazas. Las rampas suaves desde el pie de la montaña hasta las llanuras aluviales se suceden casi sin interrupción, mientras los ríos abren en su último tramo amplios valles con terrazas escalonadas. La llanura riojana desciende suavemente de altitud de Oeste a Este, casi siempre con altitudes por debajo de 600 m, excepto en las proximidades del Sistema Ibérico.

La red fluvial en La Rioja se organiza en función de su nivel de base, el río Ebro, que forma espectaculares meandros, como la Herradura de Haro o el de Asa, en una llanura aluvial progresivamente más abierta hacia el Este a medida que el Ebro sale del relativo encajamiento al paso por las areniscas de Haro. Hacia él se dirigen todos los ríos riojanos, todos ellos se dirigen hacia el Norte, como tendencia natural del relieve desde el momento en que se levantó el Sistema Ibérico y se hundió la Depresión del Ebro.

3.4.3.2 LOS YACIEMIENTOS MINERALES EN LA RIOJA

Para obtener el número de yacimientos minerales en La Rioja se ha usado una información base de partida que es la siguiente:

- Registro de indicios minerales y yacimientos inventariados en los trabajos de elaboración del Mapa Metalogénico de España.
- Registro de información de los posibles yacimientos de rocas y minerales industriales e indicios de existencia de estos recursos, obtenido en la elaboración de los Mapas de Rocas y Minerales Industriales realizado por el Instituto Geológico y Minero de España
- Análisis de la Información de los registros del Catastro Minero del Área de Minas del Servicio de Ordenación del Territorio de la Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno de La Rioja.
- Información de las estadísticas mineras anuales españolas de los siglos XIX y XX, elaboradas por los diversos Ministerios con competencias sobre el sector.
- Información minera y metalogénica incluida en las memorias de las hojas geológicas incluidas en el conjunto del territorio de la Comunidad Autónoma de La Rioja, tanto de la serie Magna como las elaboradas por la Comisión del Mapa Geológico de España del Instituto Geológico y Minero de España.
- Información de los archivos de GEOMARE.

De estos datos se obtiene:

ROCAS PARA LA CONSTRUCCION

	Número de indicios	% sobre el total
Arcilla	66	19,4
Arena	5	1,5
Arenisca	24	7,1
Caliza	36	10,6
Conglomerado	2	0,6
Cuarcita	3	0,9
Grava	70	20,6
Ofita	1	0,3
Pizarra	2	0,6
Total rocas para la construcción	209	61,6

Tabla 3.12 Número de lugares para la extracción de rocas para la construcción

3.4.4 LA EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES DE LA RIOJA.

3.4.4.1 LAS EXPLOTACIONES MINERAS ABANDONADAS.

Según el artículo 167 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera fija que: “El concesionario o explotados de una mina que se proponga abandonar su laboreo total o parcialmente solicitará del órgano competente la preceptiva autorización, estando obligado a tomar cuantas medidas sean necesarias para garantizar la seguridad de personas y bienes. Así mismo estará obligado a tomar las precauciones adecuadas en el caso de que el abandono pueda afectar desfavorablemente a las explotaciones colindantes o al entorno”. Según este artículo, se establece que:

- El abandono definitivo de una mina deberá solicitarse a la autoridad minera, presentando un proyecto donde se expongan, las medidas de seguridad previstas para evitar daños futuros.
- La autoridad minera deberá visitar la mina que se solicita abandonar, prescribirá las medidas de seguridad adicionales y determinará el plazo en que debe llevarse a cabo el abandono.
- El final de los trabajos será comunicado a la autoridad que efectuará las adecuadas comprobaciones.
- Los planos de la situación de las labores aportados por los explotadores deberán conservarse en los archivos de la autoridad minera.
- Si el explotador procediese al abandono de una mina sin la correspondiente autorización de la autoridad minera, ésta podrá adoptar medidas de seguridad precisas para salvaguardar los intereses y seguridad de terceros siendo de cuenta del explotador los gastos que se originen.
- La autoridad minera procederá a cerrar todos los accesos al interior de las labores subterráneas que resulten peligrosos, sin perjuicio de la responsabilidad tanto económica como administrativa aplicable a los antiguos explotadores.

En lo referente a las labores a cielo abierto, al artículo 113 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera establece que “Toda explotación a cielo abierta estará debidamente señalizada o cerrada para evitar que personas ajenas accedan a los trabajos. Los trabajos a cielo abierto tendrán los accesos a las labores en buenas condiciones de seguridad”.

En relación con los residuos minerales, al artículo 118 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera establece que “Las escombreras, los depósitos de residuos, balsas y diques estériles, cualquiera que fuese su procedencia, se establecerán de

acuerdo con un proyecto debidamente aprobado que considere su estabilidad temporal y definitiva.



Imagen 3.18 Imagen de vertedero controlado. Agosto 2012

En resumen se puede afirmar que en La Rioja a partir del año 1985 que se aprobó el Reglamento General de Norma Básicas de Seguridad Minera, el abandono de las labores mineras en la Comunidad Autónoma de La Rioja se realiza con la cobertura legal precisa para evitar daños futuros, garantizando la seguridad de personas, bienes de terceros o entorno, entando obligada la Administración Minera a una intervención directa en el proceso de abandono de estas labores.

3.4.4.2.1 TRABAJO DE CAMPO

La información existente hasta el momento de la redacción del PLANIMCAR era abundante aunque estaba desperdigada y sin sistematizar. Por ello se realizó un trabajo de investigación recorriendo el terreno, ubicando cada explotación o resto, cumplimentando una ficha de trabajo para después poder analizar el conjunto de los parámetros obtenidos.

Los datos obtenidos de este estudio son la existencia de:

Tipo	Número
Escombreras	154
Pozos	20
Socavones	160
Explotaciones a cielo abierto	106
Calicatas	22

Instalaciones	71
TOTAL	533

Tabla 3.13 Tipo y número de explotaciones en La Rioja

Los rasgos característicos más importantes de estas labores mineras abandonadas son:

Instalaciones mineras

De las 71 instalaciones mineras inventariadas, el mayor porcentaje de las mismas, un 58% se encuentra en estado de conservación ruinoso, seguidas con un 28% en estado de conservación deficiente. Las instalaciones en estado de conservación muy deficiente suponen el 11% y con buen estado solo están el 3%.

Pozos

El número de pozos que se incluyeron en este inventario es 20. Generalmente cuando en conservan en buen estado, la boca de los mismos es de forma rectangular o cuadrada. Algunos ayuntamientos sensibilizados por el peligro que suponía la existencia de pozos, en las zonas próximas a núcleos urbanos y sin ningún tipo de protección, procedieron a cegarlos con materiales estériles procedentes de escombreras. Fuera de las proximidades de los núcleos urbanos, los pozos se encuentran con menores medidas de protección, y sólo en casos aislados, pueden encontrarse con zarza y rosales silvestres, rodeando la boca, o bien con palos cruzados encima de la misma.

Socavones

Se ha dado este nombre a todas aquellas labores, a través de las cuales se accede al interior de la mina, mediante una galería horizontal. En total se han reconocido 160 socavones, cuyo estado de conservación es, en general bastante malo, encontrándose 64 de ellos totalmente hundidos o tapados. En el resto se observan hundimientos parciales en la mayoría de ellos. De los socavones que se conservan en buen estado, un número considerable de ellos, se encuentran con la bocamina tapada por matorrales (zarzas, espinos y rosales silvestres), plantados por los ganaderos para impedir la entrada del ganado a las labores.

Explotaciones a cielo abierto

La mayor parte de las antiguas explotaciones mineras a cielo abierto, existentes en la comunidad de La Rioja, pertenecen a explotaciones de áridos, arcillas y algunas de yesos. Es a

partir de de la segunda mitad del siglo XX cuando se desarrollaron las explotaciones a cielo abierto tanto en la minería del carbón, como en algunos casos aislados de minería metálica.

Se reconocieron en total 106 explotaciones mineras a cielo abierto, que representan un total de 15.433.502 m³ de hueco. Casi todas ellas en deficiente estado de conservación, con taludes altos y con fuertes pendientes.

Escombreras

Si exceptuamos las explotaciones de áridos (graveras) y las de arcillas y yesos, la mayor parte de la minería histórica ha sido de interior, motivo por el cual, el volumen de estériles generados no ha sido importante. La minería de interior de los yacimientos de lignito, desarrollada en las zonas de Préjano y Turruncún, produce unas escombreras de materiales “emborrascados” que denominamos mixtos, con importante contenido de azufre (pirita), generando problemas de contaminación por lixiviado.

Respecto al resto de la minería metálica, exceptuando la de hierro, no se han encontrado en la mayoría de las escombreras, cantidades significativas de mineral que pudiesen suponer un peligro desde el punto de vista medioambiental.

Es a partir de la segunda mitad del siglo XX cuando se desarrollan las explotaciones a cielo abierto en la zona de Préjano (yacimientos de lignitos) y que dejan mayor volumen de estériles. El contenido en mineral de estas escombreras producidas por las explotaciones a cielo abierto, es mínimo, por lo que la contaminación generada por lixiviado puede considerarse despreciable.

Desde el punto de vista geomecánico muy pocas pueden presentar problemas de inestabilidad de taludes y siempre de forma puntual. Este hecho, unido a la ubicación de las mismas, fuera de zonas habitadas, hace que no generen, prácticamente ningún tipo de riesgo.

Se han registrado 154 escombreras, siendo el volumen total de estériles acumulado de 476.669 m³.

Calicatas

El número de calicatas registradas asciende a 22 sin que presenten en general riesgos de ningún tipo.

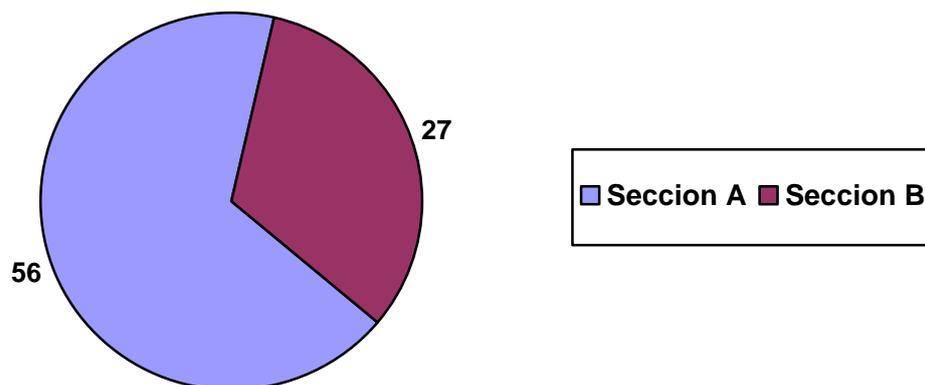
3.4.4.2 LAS EXPLOTACIONES MINERAS ACTIVAS.

Para la realización de este trabajo se realizado en un estructura de cinco grandes bloques:

- La obtención de la información administrativa, técnica, minera y medioambiental de las explotaciones.
- La caracterización, en relación con la seguridad y situación medioambiental individual de todas las explotaciones mineras activas.
- La valoración de la situación de seguridad y condiciones medioambientales de las explotaciones en su ámbito general.
- El análisis y programación de actuaciones generales, y el estudio de las directrices y orientaciones para la gestión de la Administración Minera.
- La sistematización de toda la información, orientándola hacia un modelo de gestión global, mediante la elaboración de fichas, bases de datos y cartografía.

Los datos que se van a mostrar pertenecen a las explotaciones activas en el año 2004 en la Comunidad e La Rioja.

Las explotaciones mineras inventariadas han sido 83 y de ellas 56 pertenecen a la Sección A, el 67,5%, y 27 a la Sección C, el 22,5%. Todas estas explotaciones son a cielo abierto.



Grafica 3.10 Tipo de explotaciones mineras

Con el objetivo de sistematizar adecuadamente la información, se ha realizado una agrupación de la variedad de productos minerales de La Rioja en tres grupos: rocas ornamentales, rocas y minerales industriales y áridos. La distribución de las explotaciones, con la clasificación adoptada es la siguiente:

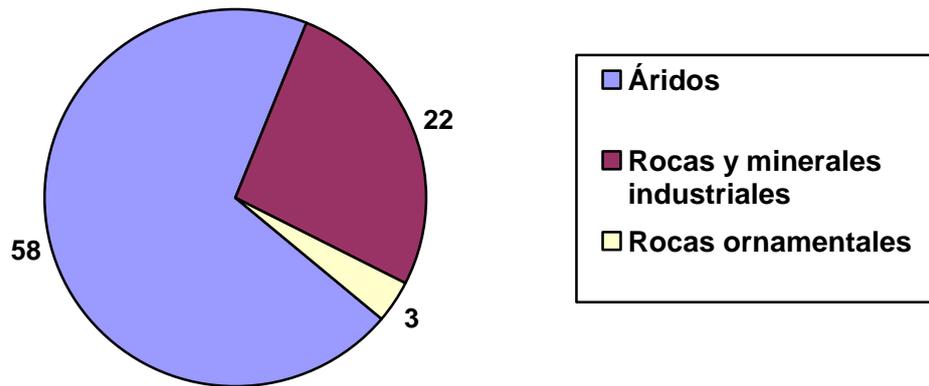


Gráfico 3.11 Distribución de las explotaciones

La producción minera

De los Planes de Labores de las explotaciones se obtienen los datos correspondientes a la producción minera, y por su fiabilidad se puede tener en cuenta.

A lo largo de la realización de los trabajo de inventario se ha podido constatar que el grado de exactitud de la información, en relación con la producción, es directamente proporcional al tamaño de la empresa. Es decir las empresas grandes, bien dotadas de personal y recursos técnicos, no tienen ningún reparo en aportar una información completa y fiable en sus Planes de Labores.

En el subsector de las rocas y minerales industriales se han incluido el conjunto de sustancias cuya producción entra a formar parte de determinados procesos industriales, como es el caso de la fabricación de cemento o de productos cerámicos y que no son minerales metálicos, energéticos o sustancias minerales utilizadas como áridos.

Producción de rocas y minerales industriales	
Sustancia	Producción
Arcilla (cerámica)	523.575,0
Arena silícea	242.000,0
Yeso	767.290,0
TOTAL	1.523.865,0

Tabla 3.14 Producción de roca y minerales industriales.

ÁRIDOS

Los áridos constituyen la materia que representa más del 70% de todos los recursos minerales producidos en La Rioja. Son materiales indispensables para la construcción. Sus usos son muy variados, comprendiendo la fabricación de hormigones, la de aglomerados asfálticos, balastos, subbalastos, escolleras, zahorras para bases y subbases y rellenos.

Las características de estructurales existentes en este subsector, hasta el momento presente, precios bajos y gastos de transporte elevados, han hecho que las explotaciones de estos recursos se encuentren situadas lo más cerca posible a los centros de consumo.

Las explotaciones de áridos se distribuyen de esta manera

Sustancia	Volumen de producción	% sobre el total
Caliza	1.242.771,0	24,0
Grava	1.694.781,0	32,8
Gravas y arenas	1.332.702,0	25,8
Ofita	900.000,0	17,4
TOTAL	5.170.254,0	100,0

Tabla 3.15 Producción por tipo de producto

Los áridos naturales (arenas y gravas) suponen el 58,6% de los áridos producidos, mientras que los de machaqueo suponen el 41,1%. Algunas de estas graveras presentan una producción estimable, situándose 6 de ellas por encima de las 200.000 t. La producción de gravas y arenas se desarrolla en su mayor parte, sobre los aluviones generados por el río Ebro y sus afluentes.

En cuanto a los áridos de machaqueo destaca una empresa con una producción de 1.245.000 t. (ofita y caliza) que supone el 60% del total.

3.4.4.3 LOS MEDIOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN.

LOS MEDIOS HUMANOS

Los recursos humanos utilizados son los siguientes:

- Áridos 190 trabajadores
- Rocas y minerales industriales 69 trabajadores
- Rocas ornamentales 9 trabajadores.

Estos números no representan los recursos humanos utilizados en las plantas de transformación, ya que una parte muy importante no se encuentran en la explotación, ni incluso, a veces, dentro del sector minero,

El subsector que recoge mayor número de efectivos es el de los áridos con el 70,9 % del total, figurando a continuación el de las rocas y minerales industriales con el 235,8%.

LOS MEDIOS TÉCNICOS

La maquinaria

Medios de arranque.

Los medios empleados para el arranque dependerán en su mayor parte del destino que se le vaya a dar a los productos beneficiados (ornamentales, áridos, etc.) Estos medios de arranque en minería a cielo abierto para los diferentes subsectores son:

- Rocas Ornamentales. Grupos electrógenos, compresores, martillos de perforación, carro de perforación, hilos de corte, rozadoras de brazo y palas de ruedas para el empuje de bloques. Eventualmente cordón detonante.
- Áridos y rocas y minerales industriales. Grupos electrógenos, compresores, martillos perforadores, carros de perforación, equipos de perforación con martillo de fondo, explosivos, mecha y cordón detonante, retroexcavadoras, excavadoras, bulldozers.

Medios de carga y de transporte

En explotaciones a cielo abierto, las rocas ornamentales se cargan con palas y se transportan con camiones. Para el resto de la minería los medios de carga más empleados son las palas cargadoras y en algunos casos se emplean directamente las retroexcavadoras. Como medio de transporte se utilizan camiones, dumpers, volquetes, cintas transportadoras...

De los planes de labores y de las visitas realizadas se ha determinados que en el conjunto de las explotaciones mineras de La Rioja los medios utilizados para el arranque ascienden a 136 palas (retro o cargadora), 5 perforadoras, 1 carro perforados, 7 martillos neumáticos, 7 compresores, 1 rezadora de brazo, 1 maquina de corte con hilo. En cuanto a los medios utilizados para carga, se resumen en 63 palas o retos. Por último se utilizan para el transporte al menos 18 camiones o dumpers.

Las plantas de tratamiento

Existen numerosas explotaciones mineras que disponen de plantas de tratamiento. En general todas ellas con un estado de conservación bueno.

3.4.4.4 LA SITUACIÓN AMBIENTAL.

La mayor parte de las actividades que desarrolla el hombre son, en mayor o menor grado, agresivas para la naturaleza. La minería reviste especial interés, debido a que las actividades extractivas constituyen un uso temporal de los terrenos y, si no existe una restauración posterior, las superficies abandonadas quedan en una situación de degradación sin posibilidades reales de aprovechamiento por parte de otro tipo de actividades.

La extracción de los recursos minerales a cielo abierto implica unos periodos de ocupación de los terrenos que con frecuencia no superan los 20 o 30 años, salvo casos especiales como los grandes yacimientos metálicos. El abandono de estas áreas se debe hacer de una manera juiciosa y responsable, de manera que el terreno alterado vuelva a ser útil para un determinado uso sin perjudicar el medio ambiente.

Los impactos generados por la actividad minera son:

IMPACTOS SOBRE EL SUELO

El suelo constituye un medio receptor de impactos que en las explotaciones mineras se traduce en:

- Erosión: producida por el cambio en las redes de drenaje por ausencia de cobertura vegetal y formación de taludes de fuerte pendiente.
- Eliminación: Pérdida total por creación de huecos.
- Contaminación: Química por acidez ó metales pesados. Física por sedimentación de partículas sólidas.
- Salinización: Contaminación química por sales.
- Estabilidad: Movimientos de ladera, taludes, etc, como consecuencia de la apertura de huecos.
- Compactación: Por movimiento de maquinaria pesada, implantación de escombreras, etc.

IMPACTOS SOBRE LAS AGUAS

La minería es una de las actividades industriales que se encuentra más estrechamente ligada al agua, pues, por un lado, se necesita en un gran número de operaciones y, por

otro, se generan grandes volúmenes. Los efectos hidrológicos que pueden provocar las explotaciones mineras se resumen en:

- Disminución de la calidad del agua. Hacen inadecuada el agua para el consumo humano, industrial, recreativo y cualquier otro uso o aprovechamiento que tenga el curso del agua y el acuífero afectado.
- Puede causar daños ecológicos, alterando o eliminando las comunidades biológicas naturales presentes en los cursos de agua, y disminuyendo la diversidad de los organismos.
- Deterioro del paisaje. La restauración paisajística de las áreas afectadas por la minería debe abarcar a todos y cada uno de los elementos del medio, y al agua en particular como componente que caracteriza y modela dicho paisaje.

IMPACTOS SOBRE LA ATMÓSFERA

La polución del aire en minería es debida a distintas sustancias que, según su estado físico, pueden clasificarse en:

- Partículas sólidas y líquidas.
- Gases y vapores.

Las partículas contaminantes en estado sólido, conocidas por el nombre genérico de polvo, tienen diámetros comprendidos entre 1 μm 1.000 μm . Se depositan por acción de la gravedad y tienen una composición química muy variable según su procedencia. Constituyen la principal fuente de polución del aire en minería, encontrándose su origen en la acción del viento sobre las superficies escavadas, en la manipulación de los materiales, en el tráfico de vehículos, etc.

IMPACTOS VISUALES. INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

El paisaje debe considerarse como un recurso natural más. En el estudio del mismo, fundamental para el diseño de las explotaciones mineras, han de tenerse en cuenta los siguientes conceptos:

- La visibilidad: Se refiere al territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinado. Esta visibilidad suele estudiarse mediante datos topográficos tales como altitud, orientación, pendiente, etc. Posteriormente puede corregirse en función de otros factores como altura de la vegetación y su densidad, las condiciones de transparencia atmosférica, distancia, etc.,.
- La calidad paisajística: Incluye tres elementos de percepción:
 - Las características intrínsecas del punto (morfología, vegetación, puntos de agua, etc.)

- La calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia entre 500m y 700m.
- La calidad del fondo escénico, es decir el fondo visual de cada territorio.
- La fragilidad del paisaje: Es la capacidad del mismo para absorber los cambios que se produzcan en él.

Otra variable importante a considerar es la frecuencia humana (carreteras, núcleos urbanos, puntos escénicos, etc.)

VEGETACIÓN

La importancia de la vegetación radica en el papel que desempeña este elemento como productor primario de casi todos los ecosistemas, así como en sus importantes relaciones con el resto los componentes bióticos y abióticos del medio. Debido a esto, la vegetación es un foco de interés tanto en sí misma como por ser un componente relevante de los ecosistemas y del paisaje.

FAUNA

La fauna junto con la flora pueden considerarse como dos de los factores ambientales más importantes, en cuanto pueden adoptarse como indicadores de las condiciones ambientales que operan en un territorio. La fauna juega un papel importante, en los estudios del medio, sea cual sea el entorno vegetal que ocupa.

LA OCUPACIÓN DEL TERRITORIO RIOJANO POR LAS EXPLOTACIONES MINERAS

De la información obtenida en el proceso de inventario, se deduce que la ocupación del territorio riojano por el conjunto de las explotaciones mineras inventariadas es de 4,72 km², es decir, el 0,09% del conjunto del territorio de la comunidad.

Para el conjunto de las explotaciones mineras de La Rioja la superficie ocupada por el hueco de la explotación, las escombreras, las balsas y las instalaciones mineras, se desglosa de la siguiente forma:

Tipo de labor	Superficie (m²)
Hueco explotación	4.654.324
Escombreras	23.200
Balsas	0
Instalaciones	39.243
TOTAL	4.716.767

Tabla 3.16 Superficie de las labores

De acuerdo con los subsectores en los que se clasifican las explotaciones la distribución es la siguiente:

Subsectores	Explotación	Escombreras	Balsas	Instalaciones	TOTAL
Rocas Ornamentales	30.200	7.200	0	50	37.450
Rocas y minerales industriales	1.979.295	16.000	0	0	1.995.295
Áridos	2.644	0	0	39.193	2.684.022
TOTAL	4.654.324	23.200	0	39.243	4.716.767

Tabla 3.17 Distribución de las explotaciones por subsectores.

La restauración minera

La normativa que afecta a la obligatoriedad en la realización de labores de restauración, a parte de las propias derivadas de la Declaración de Impacto Ambiental, se encuentra en el Real Decreto 2.994/1982, de 15 de Octubre, sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras.

En orden a lo anterior, los avales depositados por los explotadores a requerimiento de la Administración Minera ascienden en el conjunto de La Rioja a 3.232.690,90 €

Si se relacionan las superficies afectadas por las explotaciones y la cifra de avales depositados, podemos obtener el importe medio garantizado por unidad de superficie afectada, en torno al año 2005, que asciende a 6.854 €/ha. Un hecho a destacar es la actualización en los procedimientos aplicados a partir del año 2001, año en el que se transfieren las competencias en materia de minería a la Comunidad de La Rioja, en el cálculo de los avales a depositar. Como consecuencia de ello, se produce un incremento medio del 84% del aval exigido por hectárea, a partir de dicho año.

3.4.4.5 ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Con la información obtenida en las visitas a las explotaciones, se ha elaborado una síntesis, clasificado la información por subsectores. El análisis se ha extendido a los impactos siguientes:

- Impacto sobre el suelo
- Impacto sobre las aguas
- Impacto sobre la atmósfera
- Impacto visual
- Impacto paisajístico

- Impacto sobre la fauna y la vegetación

Impacto sobre el suelo: Aquí se ve reflejado el número de explotaciones que impactan sobre el suelo, produciendo algún tipo de alteración.

Nº de explotaciones y tipo de impactos sobre el suelo						
	Erosión	Eliminación	Contaminación	Salinización	Estabilidad	Compactación
Áridos	58	58	0	0	0	15
Rocas y Minerales industriales	21	21	1	0	0	6
TOTAL	79	79	1	0	0	21

Tabla 3.18 Número de explotaciones y tipo de impactos sobre el suelo

Los impactos más significativos son los referidos a la eliminación y erosión del suelo, que afectan a 98,7 % de las explotaciones

Impacto sobre las aguas: El número de explotaciones mineras que afectan tanto a las aguas superficiales como a las subterráneas son:

	Aguas Superficiales						Aguas Subterráneas	
	Contaminación Química	Partículas Suspensión	Alteración drenaje superficial	Alteración aportación	Alteración flujo caudales	Olores	Contaminación Acuífero	Depresión acuífero
Áridos	0	0	49	58	58	0	0	0
Rocas y Minerales industriales	0	0	1	21	21	0	0	1
TOTAL	0	0	50	79	79	0	0	1

Tabla 3.19 Tipos de impacto en el agua

La alteración de los drenajes superficiales, afecta al 60,2% de las explotaciones inventariadas, suponiendo el impacto mayor, alterando la aportación y el flujo de los caudales en el 98,7% de los casos.

Impacto sobre la atmósfera: El número de explotaciones mineras que afectan a la atmósfera son:

Nº de explotaciones que producen				
	Humos	Polvos	Olores	Voladuras
Áridos	0	52	0	7
Rocas y Minerales industriales	2	21	0	7
TOTAL	2	73	0	14

Tabla 3.20 Impactos que se producen en la atmósfera.

El mayor impacto producido es el referente a la generación del polvo, que afecta al 91,6% de las explotaciones, seguido de las voladuras con el 18,1%.

Impacto visual: En el cuadro siguiente se recoge la distribución de impactos visuales.

Impacto visual. Nº de explotaciones visibles desde					
Núcleos urbanos	Carretera 1 ^{er} orden	Carretera 2 ^{er} orden	Espacios de Ocio	Monumentos históricos	Espacios naturales
17	13	32	0	1	0

Tabla 3.21 Impacto visual que producen las explotaciones

Impacto paisajístico: La distribución de la afección al paisaje se desglosa en el cuadro siguiente, pudiendo observarse que prácticamente los tres tipos de impactos tienen el mismo peso, siendo prácticamente el 100% del conjunto de las explotaciones.

Afección paisajística en contraste		
Cromático	Cubierta vegetal	Formas naturalizadas
82	82	82

Tabla 3.22 Tipos de afección paisajística.

Impacto sobre fauna y flora:

Subsectores	Fauna	Flora
	Modificación hábitat	Formas Naturalizadas
Áridos	58	58
Rocas y Minerales industriales	21	21
TOTAL	79	

Tabla 3.23 Impactos en la fauna y flora

El mayor impacto producido es el referente a la generación del polvo, que afecta al 91,6% de las explotaciones, seguido de las voladuras con el 18,1%.

3.4.4.6 LA SITUACIÓN MINERA

La estabilidad de las explotaciones.

Dado que todas las explotaciones mineras riojanas son a cielo abierto, se ha analizado cuál es la situación existente en relación con los diversos componentes que pueden afectar a su seguridad y, cuantitativamente, medirla. Para ello se ha agrupado la información relativa a la estabilidad obtenida en la visita a la explotación, que ha sido calificada en alta, media y baja, así como la existencia de grietas, deslizamientos locales, deslizamientos generales y subsidencia.

Nº Explotación minera cielo abierto	Estabilidad de los taludes			Grietas	Deslizamientos locales	Deslizamientos generales	Subsidencia	Otros
	Alta	Media	Baja					
83	58 (69%)	19 (22%)	0	5 (6,02%)	22 (26,5%)	1 (1,2%)	0	0

Tabla 3.24 Estabilidad de las explotaciones

El estado de conservación de las explotaciones y los sistemas de control.

Subsectores	Estado de conservación			Sistemas de drenaje (NO)	Sistema control corta (SÍ)	Cortan nivel freático (SÍ)	Estudio geotécnico
	Bueno	Regular	Malo				
Áridos	44	9	1	58	0	1	1
Rocas y Minerales industriales	19	2	0	18	1	1	0
TOTAL	63	11	0	67	1	2	1

Tabla 3.25 Estado de conservación de las explotaciones.

El estado de conservación es bueno en el 79,5% de los casos, regular en el 13,3% de ellos y malos en el 1,2%. El porcentaje restante hasta llegar al 100%, se corresponde con aquellas explotaciones que todavía no se han iniciado o que se encuentran en restauración.

Normalmente no existe sistema de drenaje y la presencia de sistema de drenaje únicamente aparece en el 6,0 % de los casos.

No existe un sistema establecido de control de la corta. La existencia de este únicamente se ha constatado en una de las explotaciones de mayor tamaño.

Cortan el nivel freático el 2,4% de las explotaciones y únicamente el 1,2% de las mismas tiene realizado un estudio geotécnico.

El documento de seguridad y salud

En el momento de realizar el inventario la situación de presentación de los Documentos de Seguridad y Salud, era:

- Nº de explotaciones. 83
- Nº de documentos de Seguridad y Salud. 78

Las direcciones facultativas

Las direcciones facultativas de las explotaciones están desarrolladas, en el conjunto de La Rioja por 18 profesionales diferentes.

En el registro de dichas direcciones facultativas, se ha podido constatar que el número de las direcciones facultativas desarrolladas por estos profesionales, en algunos casos superan la cifra de 10, (cifra máxima de acuerdo con la ITC 02.0.01); apareciendo situaciones anómalas:

- 1 Director Facultativo lleva 14 de las explotaciones registradas
- 2 Directores Facultativos llevan 11 de las explotaciones.
- Los 15 restantes directores llevan menos de 10 cada uno.

3.4.5 LA PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS

Las operaciones extractivas deben considerarse como un uso transitorio del suelo, por lo que es necesario, después de su utilización, acondicionar los terrenos afectados; para que así, los impactos negativos corregidos, se equilibren con el desarrollo económico que la minería genera. Los efectos negativos, que las actividades extractivas tienen sobre el medio natural, afectan al medio físico (morfología del terreno, recursos hídricos, atmósfera), al medio biológico (fauna y flora) y al medio social (patrimonio histórico).

En la siguiente tabla se expresan los impactos sobre el terreno y las medidas que se deberían realizar para su minimización.

Medios afectados	Impactos	Medidas	
Medio inerte	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupación irreversible del suelo fértil • Alteración del tipo de desprendimientos en los alrededores de la explotación 	<ul style="list-style-type: none"> • Retirada y acopio de la tierra vegetal de las zonas ocupadas por la explotación • Diseño de un modelo que permita la utilización productiva y ecológica del terreno, una vez explotado
	Rocas	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del tipo de desprendimientos, deslizamientos o hundimientos de tierras • Aumento de la erosión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer la estabilidad y drenaje de las escombreras • Revegetación rápida
	Aguas superficiales	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración permanente de los drenajes superficiales • Contaminación de las aguas superficiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de sistemas de drenaje • Recogida y canalización de las aguas contaminadas hacia balsas decantadoras
	Aguas subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración temporal del régimen de los caudales • Contaminación de acuíferos por lixiviados 	<ul style="list-style-type: none"> • La recogida de cualquier lixiviado

Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> •Contaminación por partículas sólidas y gases •Contaminación sónica 	<ul style="list-style-type: none"> •Riego de pistas •Revegetación de los terrenos •Construir barreras sónicas perimetrales
Medio biótico	<ul style="list-style-type: none"> •Eliminación o alteración de hábitats vegetales •Cambio de las pautas de comportamientos de la fauna 	<ul style="list-style-type: none"> •Revegetación con especies autóctonas •Adecuar medidas para disminución de ruidos
Medio perceptual	<ul style="list-style-type: none"> •Perturbación de carácter global del paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> •Reducir el tamaño de excavaciones y vertederos •Remodelas la topografía alterada •Revegetación general con especies autóctonas
Medio sociocultural	<ul style="list-style-type: none"> •Alteración de lugares significativos, con valor singular (histórico, artístico, científico,...) •Mejora de carreteras ya existentes 	<ul style="list-style-type: none"> •Aplicación rigurosa de la legislación vigente
Medio socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> •Creación de empleo (impacto positivo) •Monocultivo laboral (impacto negativo) 	<ul style="list-style-type: none"> •Diversificación económica en el área minera.

Tabla 3.26 Resumen de impactos y medidas de los trabajos de minería

3.4.6 DIAGNOSTICO Y CONCLUSIONES

Como se ha podido observar, el sector minero riojano está compuesto por las explotaciones de rocas ornamentales, las explotaciones de rocas y minerales industriales y las explotaciones de áridos que son la mayoría, un 70% del total. El volumen de producción anual alcanza los 5,2 Mt que se reparten:

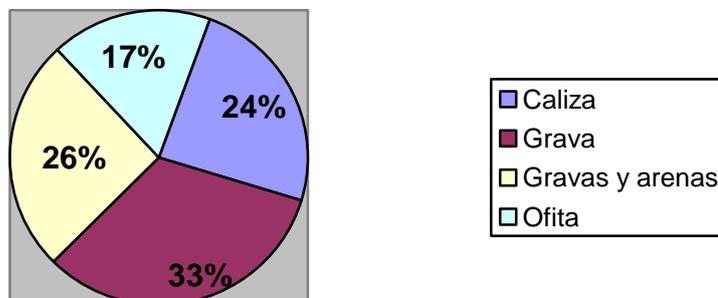


Gráfico 3.12 Distribución del volumen total de producción

La producción por habitante y año es de casi 18 t, que es casi el doble de las 10 t de producción por habitante en la media de España, supone un incremento en la comunidad de

casi un 80% sobre la media española, lo que sitúa a La Rioja en cabeza de las Comunidades Autónomas españolas en producción per cápita.

Sin embargo si analizamos las explotaciones, tanto las explotaciones de ofita como las de caliza tienen una producción muy superior a la producción media de las explotaciones de gravas y de gravas y arenas. La producción media por explotación de caliza y ofita es de 267.846 t, lo que supone cuatro veces y media más que las de gravas y arenas. Esto mismo ocurre con la productividad media medida en t/trabajador/año.

El dimensionamiento de las explotaciones es muy variado, conviviendo explotaciones y plantas de pequeño tamaño, junto con explotaciones de amplia economía de escala.

Distribución de las explotaciones de áridos por intervalos de producción.

Miles t/año	Nº de Explotaciones		Producción (t)		Nº trabajadores	Productividad (t/trab/año)
0-25	32	55,17%	239.786	4,64%	69	3.476
25-50	7	12,07%	239.279	4,63%	14	17.091
50-250	13	22,41%	1.785.846	34,54%	36	43.279
250-500	5	8,62%	1.630.250	31,53%	36	45.285
>500	1	1,73%	1.275.000	24,66%	35	36.485
TOTAL	58	100,00%	5.170.254	100,00%	190	27.211

Tabla 3.27 Distribución de la producción de las explotaciones

Como puede comprobarse, existe una correlación clara entre el dimensionamiento, en volumen de las explotaciones con la productividad obtenida en su explotación.

Las explotaciones de áridos se encuentran dispersas a lo largo de toda la geografía de la Comunidad Autónoma, concentrándose las de áridos detríticos en las terrazas y cercanías de los ríos.

Los recursos de los áridos son elevados aunque no se conoce suficientemente sus calidades, punto importante considerando las especificaciones que para estos materiales han comenzado a exigirse como consecuencia de la aplicación de nuevas normativas sobre los productos de la construcción, que había sido retrasada durante varios años ante la inexistencia de normas técnicas comunes, pero que finalmente ha iniciado su aplicación, como consecuencia de los trabajos del Comité Europeo de Normalización y a los de la comisión española en este campo.

Como consecuencia de la aplicación de las nuevas directivas, los productos de la construcción, y entre ellos los áridos, podrán circular por todo el territorio de la Unión Europea,

siempre que se adecuen a los requisitos esenciales de seguridad y salud, así como a otros requisitos que deberán ser exigidos para garantizar la seguridad en los mismos. El Mercado CE, indica que los áridos son conformes con “normas armonizadas” (EN). El productor de áridos deberá disponer de un sistema de “Control de la Producción” en la cantera y en la planta de tratamiento. Dentro de este Control de la Producción, se debe garantizar el aseguramiento de la calidad.

3.4.6.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN EN RELACIÓN CON MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD

Se entiende como caracterización en Seguridad Minera y Medio Ambiente, a la determinación de los atributos de las explotaciones mineras en esos campos, de modo que esta acción permita particularizar a cada explotación en función del régimen aplicado para su beneficio, en relación con la seguridad en el proceso productivo y las repercusiones que éste tiene en el Medio Ambiente.

Los parámetros de seguridad minera

En sucesivas visitas realizadas por miembros de los comités especializados a las explotaciones mineras se recogió detallada información minera y medioambiental. Como consecuencia de estos datos recogidos se efectúa un análisis de los problemas geomecánicos (que afectan a las condiciones de seguridad) observados, y de la evaluación de estabildades de las diferentes estructuras, con objeto de caracterizar a las mismas desde el punto de vista de las Seguridad Minera.

De una forma general, la Caracterización en Seguridad Minera (CSM) de una explotación (a), puede representarse por una función:

$$CSMa = f (P_1^n)$$

En la que el valor de caracterización es el resultado de la valoración del conjunto de parámetros técnicos (P), de 1 a n, que, afectados por las condiciones de seguridad, forman parte del modelo de explotación.

Estos parámetros han sido los siguientes:

- **Tipo de explotación (subterránea, cielo abierto, mixta) (TE)**
- **Escombreras (ES)**
- **Planta de tratamiento e instalaciones (PT)**
- **Riesgo pulvígeno (RP)**
- **Arranque (AR)**

- **Accidentabilidad** **(AC)**

De este modo particular, la caracterización se puede establecer como:

$$\text{CSMa} = \text{S (TE+ES+PT+RP+AR+AC)}$$

Para poder utilizar la fórmula ha sido necesario la asignación de un valor numérico o peso relativo a cada factor, este valor se ha dado después de un estudio pormenorizado de cada parámetro, y del análisis de la importancia global recogida en el inventario.

Los valores numéricos o pesos relativos asignados a cada factor dependiendo de la importancia, que se ha concedido a los diferentes tipos de labor minera es la siguiente:

<u>PARAMETROS</u>	<u>VALORES</u>
Tipos de explotación	400 puntos
Escombreras	400 puntos
Planta de tratamiento e instalaciones	210 puntos
Riesgo pulverígeno	80 puntos
Arranque	80 puntos
Siniestralidad	20 puntos
TOTAL	1.000 puntos

Los parámetros medioambientales

Respecto al medioambiente los parámetros estudiados, y los pesos relativos, asignados a cada a factor, en función de la importancia de los impactos concedida a los diferentes medios son los siguientes:

<u>PARAMETROS</u>	<u>VALORES</u>
Impactos sobre el suelo	160 puntos
Impactos sobre las aguas	160 puntos
Impactos sobre la atmósfera	160 puntos
Impacto visual	160 puntos
Impacto paisajístico	160 puntos
Modificación hábitat (fauna)	100 puntos
Alteración cubierta vegetal	100 puntos
TOTAL	1.000 puntos

La metodología utilizada se encuentra recogida en los tomos correspondientes al Inventario de las Explotaciones Activas.

Resultados de la valoración

Aplicados los valores numéricos descritos en la metodología, a cada uno de los factores que afectan a las explotaciones, se ha obtenido la valoración de las mismas en función de las condiciones de seguridad.

Los valores mínimos y máximos obtenidos para el conjunto de La Rioja están comprendidos entre 80 y 410 puntos.

En el cuadro adjunto quedan reflejadas las valoraciones asignadas a cada uno de los tres tramos que se han diferenciado, así como el número de explotaciones existentes dentro de cada tramo.

Tramos	Puntuaciones	Nº explotaciones	%
Superior	De 301 a 410	1	1,2
Medio	De 191 a 300	18	21,7
Inferior	De 80 a 190	64	77,1
Total explotaciones		83	100,0

Tabla 3.28 Tabla de valoraciones

Las valoraciones totales obtenidas por subsectores, y los valores medios obtenidos en función del número de explotaciones queda reflejado en el cuadro conjunto.

Subsectores	Nº explotaciones	Media
Áridos	59	155,73
Rocas ornamentales	3	173,00
Rocas y minerales industriales	21	156,71
Total	83	156,00

Tabla 3.29 Valoración media de las explotaciones

Como puede comprobarse, los valores medios obtenidos en los tres subsectores en los que se ha dividido el sector extractivo presentan valores muy similares.

En relación con la situación puesta de manifiesto en la valoración realizada, se pueden concluir que, globalmente la valoración de los riesgos de las explotaciones mineras analizadas se encuentra a un nivel muy bajo, no presentando situaciones anómalas significativas. La ausencia de explotaciones subterráneas en la Comunidad, unido a que una parte de considerable de las explotaciones son de tamaño reducido y los problemas geomecánicos que

las mismas presentes son de naturaleza no compleja, hacen que el nivel de riesgo medio alcanzado en el momento de la valoración sea reducido.

Valoración medioambiental

La valoración realizada sobre todas las explotaciones mineras presenta unos resultados con una horquilla entre 460 y 665 puntos.

En el conjunto de la minería en La Rioja se han diferenciado tres tramos cuyos valores y número de explotaciones se relacionan en el cuadro adjunto. Los tramos son lineales y resultado de dividir la puntuación máxima obtenida entre tres.

Tramos	Puntuaciones	Nº explotaciones	%
Superior	>600	4	4,8
Medio	De 531 a 600	37	44,6
Inferior	De 460 a 530	42	50,6
Total explotaciones		83	100,0

Tabla 3.30 Puntuación medioambiental de las explotaciones

El 4,8% de las explotaciones se encuentra comprendido dentro del segmento más alto de la valoración realizada, mientras que el 44,6% de las mismas se sitúa en el nivel medio

Los valores medio de la valoración realizada por subsectores, se recogen en el cuadro siguiente.

Subsectores	Nº explotaciones	Media
Áridos	52	516,86
Rocas ornamentales	3	531,67
Rocas y minerales industriales	28	549,52
Total	83	525,66

Tabla 3.31 Valores medios de las explotaciones

La valoración realizada pone de manifiesto que no existe ninguna explotación minera activa en la Comunidad cuya afección medioambiental pueda considerarse significativa y relevante. Que la valoración media de las explotaciones se encuentra situada en niveles muy aceptables, como consecuencia de la ubicación de las mismas, del grado reducido de los impactos generados por su actividad productiva, así como por las características propias de los recursos explotados y de los métodos de explotación.

Como resumen de lo anterior, y en relación con el diagnóstico por subsectores, se recoge la valoración media del impacto medioambiental y de la seguridad en el cuadro siguiente:

Subsectores	Valoración media medioambiental	Valoración media seguridad
Rocas ornamentales	531,67	173,00
Rocas y minerales industriales	549,52	156,71
Áridos	516,86	155,73

Tabla 3.32 Valoración media de impacto medioambiental y de seguridad.

Como puede comprobarse, la valoración media medioambiental por subsectores, se encuentra situado en unos intervalos muy próximos, de tal manera que la valoración del subsector que tienen la menor valoración (áridos) y el que tiene la mayor valoración (rocas y minerales industriales) es inferior a 33 puntos, lo que supone el 6% sobre el subsector con menor valoración. Este resultado indica que la afección medioambiental de las diversas explotaciones clasificadas en los tres subsectores tienen un nivel muy cercano entre ellas.

Conclusiones de la situación administrativa

Las conclusiones que se obtuvieron en los trabajos realizados durante este "Plan Director de Minas de La Rioja", sirvieron para realizar la programación de actuaciones de la Administración respecto a la industria de la minería.

La información que se obtuvo, referente a la comunidad les sirvió para afirmar que:

- No existen criterios homogéneos a la hora de determinar cuáles son los avales a depositar por los explotadores para asegurar los trabajos de restauración. Esta falta de criterio se extiende tanto a los procedimientos como a los importes.
- Esta situación da lugar a que los avales depositados no sean representativos con la superficie afectada o autorizada para afectar
- No ha existido una coordinación efectiva a la hora de aprobar el Plan de Labores, entre la confrontación técnica y la medioambiental, dadas las insuficiencias informativas del actual formulario del Plan de Labores, y, en algunos casos, por la insuficiencia de medios técnicos de la propia administración.

Ante esto se considera necesario actuar, por lo que se deciden siguientes medidas que se deberían tomar:

- Es necesario dotar al Área de Minas del Servicio de Ordenación del Territorio de los necesarios asesores técnicos para desarrollar las funciones de control medioambiental, comprendidas en la atribución de las competencias sustantivas del mismo.
- Es necesario realizar un estudio completo y detallado de las inversiones a efectuar para restauración, determinando el coste de las mismas según la sustancia, el sistema de explotación, tipología de yacimiento, área a explotar, duración de la explotación, etc. Los resultados obtenidos permitirían cuantificar los costes de restauración unitarios, que deberían ser aplicados y adecuadamente publicitados mediante instrucción de la Dirección General, debiendo considerarse de obligado cumplimiento en la elaboración de presupuestos y su aprobación.
- Es necesario actuar para conseguir que no exista ninguna explotación activa, o que figure como paralizada, en los registros correspondientes, que no tenga asegurada su restauración. Las que figuren como paralizadas, y que por diversas razones no se encuentren caducadas, habrá que exigir la restauración pertinente antes de proceder a su cancelación.
- Es necesario actuar, a la hora de confrontar los Planes de Labores, coordinando los parámetros técnicos a aprobar en la explotación y los medioambientales, para ello hay que proceder a una nueva formulación del Plan, ya que la información requerida era ineficaz en ese sentido.

Seguridad Minera

Todas las explotaciones en las que se realizó el inventario disponían de la documentación obligatoria, el Documento de Seguridad y Salud. Este documento es absolutamente necesario para todas las explotaciones.

Dirección Facultativa

Se registró que determinados Directores Facultativos en el ejercicio libre de su profesión superan el número de las explotaciones permitidas por la ITC que regula las direcciones facultativas.

Para evitar situaciones como la presente, y en orden a controlar la misma, sería necesaria la creación de un Libro de Registro de Directores Facultativos y la solicitud a los mismos de una declaración responsable de las explotaciones que dirigen en otras comunidades Autónomas.

Modelo de gestión global minera de La Rioja

Como consecuencia de los trabajos del Inventario realizado, se dispone por primera vez de un conocimiento global de las explotaciones existentes unido a la caracterización, individualizada en sus aspectos medioambientales y técnicos, de cada una de ellas.

Necesidad de implementar un nuevo Plan de Labores en la Comunidad

En el conjunto del apartado minero de nuestro país, ya sea en la propia Ley de Minas citada, como en el Reglamento General para el Régimen de la Minería, en la Ley de Fomento de la Minería, en la modificación de la Ley de Minas o en el Reglamento General de Normas básicas de Seguridad Minera, se hace referencia continua a los Planes de Labores, como instrumento para la relación entre Administración-Administrado, estableciéndose la obligación de su presentación a la Autoridad Minera, fijándose plazos para su entrega y condicionando su autorización pertinente para la ejecución de los trabajos proyectados en las labores de investigación, de aprovechamiento o de explotación de los correspondientes derechos mineros.

La importancia que tienen los PLANES DE LABORES, como instrumento para la correcta administración de estos bienes, es pues capital.

El formulario del PLAN DE LABORES, actualmente vigente en la Comunidad Autónoma de La Rioja está basado, prácticamente en su totalidad, en los antiguos formularios editados por la administración central.

El desfase existente entre la información requerida en los PLANES DE LABORES que estaban vigentes a fecha de enero de 2005, en la Comunidad de LA Rioja; y el desarrollo normativo, los nuevos requerimientos derivados de una mayor exigencia en el tratamiento de los problemas ecológicos y demás circunstancias que concurren en la actualidad, hacían necesaria la adecuación de estos PLANES DE LABORES a las necesidades existentes del momento.

Para conseguir esta adecuación se propone la elaboración de un nuevo documento para el Plan de Labores de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Paralelamente a la implantación de este nuevo Plan de Labores, habría que proceder a su informatización, tanto para su cumplimiento, como para su tratamiento a nivel comunitario, en el camino de aplicar un modelo de gestión global para la minería en La Rioja.

Para obtener una información más verídica en el momento de la elaboración del Plamincar se hizo una encuesta a las empresas productoras en relación con aspectos diferenciados de sus objetivos para el futuro, una referida a la explotación y el beneficio minero y otra a las actuaciones proyectadas en los campos de investigación minera, desarrollo tecnológico y medio ambiente.

Para ello se envió esta encuesta a los Directores Facultativos responsables de las explotaciones, obteniéndose respuesta para 82 de las 83 explotaciones encuestadas que estaban en activo, y tres de las explotaciones con reservas agotadas y cuatro que esperan comenzar su funcionamiento en el periodo de vigencia del Plamincar 2005-2010.

PRODUCCIÓN

Las respuestas recibidas a las consultas de producción, clasificadas por producto han sido:

Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Arcilla	11	10	10	7	6	7	6
Áridos	55	52	44	38	33	32	32
Yesos	6	6	6	4	4	4	4
Otros	2	2	2	2	1	1	1

Tabla 3.33 Respuestas a la encuesta del Plamincar

Fuente Plamincar 2005

Estas previsiones de producción por toneladas

Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Arcilla	671.113	500.363	439.763	302.313	251.140	272.540	250.840
Áridos	5.195.250	5.809.421	5.680.073	5.678.833	5.341.953	5.236.943	5.340.961
Yesos	722.205	737.575	835.250	763.900	777.000	790.500	806.500
Otros	31	34	39	41	33	35	37

Tabla 3.34 Previsión realizada en el año 2005 de producción.

Fuente Plamincar 2005

Estos datos no son reales ya que por la escasez de datos para los últimos años se han tenido que ponderar los números. También tener en cuenta que estos datos eran las previsiones realizadas en el año 2005. En la actualidad se ha podido comprobar que estos datos distan de la realidad y que la producción ha caído bruscamente.

EMPLEO

Las respuestas recibidas a las consultas de producción, clasificadas por producto han sido:

Concepto	2004	2006	2007	2008	2009	2010
Explotación y beneficio minero	72	62	53	47	47	47
Investigación, Dº Tecnológico y Medio Ambiente	14	12	12	10	9	9

Tabla 3.35 Número de respuestas según concepto

El personal total ocupado de acuerdo con la proyección realizada con base en las respuestas recibidas, se situaba en el año 2005 en torno a los 400 trabajadores. Según la estimación que se hacía la situación del empleo iba a pasar de los 404 trabajadores en 2005 a los 471 trabajadores en el año 2010. En este número iban incluidos todos los asalariados de las empresas explotadoras, es decir, tanto aquellos que desarrollan su trabajo dentro de las plantas de tratamiento como el personal de oficina.

Número de trabajadores previstos

Concepto	2004	2006	2007	2008	2009	2010
Explotación y beneficio minero	383	417	460	433	438	440
Investigación, Dº Tecnológico y Medio Ambiente	21	22	25	25	28	31
Total	404	439	485	458	466	471

Tabla 3.36 Número de trabajadores previstos

Igual que ha ocurrido con la estimación de la producción, el número de trabajadores ha descendido, el número de empresas ha disminuido, y las que todavía existen han reducido su plantilla.

INVERSIONES

Las respuestas obtenidas en el cuestionario de “Explotación y beneficio minero” a las inversiones a realizar, así como el volumen de inversiones consignado en las mismas, en miles de euros, en función de su naturaleza en el siguiente.

Concepto	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Encuestas recibidas	44	26	22	19	18	19
Labores de preparación e infraestructura	1.667	357	583	267	239	244

Bienes de equipo extracción	3.298	1.997	1.685	1.055	1.148	1.374
Bienes de equipo de instalaciones de beneficio	2.836	1.075	1.072	782	385	594
Seguridad minera	253	181	182	131	125	148
Otras inversiones	904	775	745	476	461	215
Total inversiones	8.958	4.385	4.267	2.711	2.158	2.575

Tabla 3.37 Inversión prevista hasta el año 2010

En relación con el cuestionario de “investigación minera, desarrollo tecnológico y mejora del medio ambiente” las respuestas obtenidas, así como las inversiones consignadas en los mismos, en miles de euros, son las siguientes.

Tipo	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Encuestas recibidas	38	23	22	20	15	16
Total inversiones previstas en investigación minera	83	89	88	0	0	63
Total inversiones previstas en desarrollo tecnológico	2.024	1.098	998	412	380	193
Total inversiones previstas en mejora del medio ambiente	566	504	519	279	262	292
Total inversiones, excluidas las de explotaciones	2.073	1.691	1.0605	691	642	548

Tabla 3.38 Inversión prevista para investigación y desarrollo.

AYUDAS

En relación con las ayudas solicitadas para las inversiones en “Explotación y beneficio minero” y en Investigación minera, desarrollo tecnológico y medio ambiente” el volumen de peticiones se recoge en el siguiente cuadro.

Tipo	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total de inversiones previstas en explotación y beneficio minero	9.048	4.468	4.267	2.711	2.158	2.575
Total ayudas requeridas en explotación y beneficio minero	1.854	1.429	996	1.141	533	768
Total de inversiones previstas en Dº TCN y Medio ambiente	2.703	1.691	1.605	691	642	548
Total ayudas requeridas en INV.,	333	666	833	637	439	236

C°TCO y Medio Ambiente						
Total ayudas requeridas	2.187	2.095	1.829	1.778	972	1.004

Tabla 3.39 Ayudas previstas para investigación y desarrollo

3.4.6.2 Objetivos fijados en el Plan Director 2005-2010

Este plan buscaba establecer unos objetivos y programas que permitirán compatibilizar la disminución de los efectos adversos que las explotaciones mineras provocan en el medio ambiente, junto con un aprovechamiento ordenado, eficiente y en condiciones laborales y de seguridad adecuadas de los recursos geológicos, y yacimientos naturales al tiempo que se contribuye al desarrollo económico, al bienestar social y al creación de empleo de forma sostenible y racional.

Los objetivos de este Plan se estructuraron en cuatro niveles:

- Propiciar el aprovechamiento ordenado y eficiente de los recursos minerales de la Comunidad, contribuyendo con ello al desarrollo económico, al bienestar social y a la creación de empleo en La Rioja.
- Impulsar que la explotación de los recursos minerales se realice con las mejores condiciones posibles de seguridad para los trabajadores.
- Disminuir los efectos adversos que las explotaciones mineras pueden provocar en el medio ambiente, favoreciendo la introducción de las mejores tecnologías de producción que sean a la vez las más respetuosas con el medio ambiente.
- Adecuar a la Administración Minera para responder a los retos que una administración moderna requiere.

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

3.5.1 LA EVOLUCIÓN DEL MERCADO.

Los precios de los áridos han ido variando, en parte por la evolución del sector de la construcción. Este sector ha experimentado un gran auge en muy poco tiempo, hasta el año 2007 aproximadamente, lo que implicó un aumento en la venta de áridos aunque este aumento solo queda constatado en los áridos naturales, ya que de los áridos reciclados hay menos información debido a que su uso y comercialización comenzó más tarde.

En el año 2006 el consumo de los áridos para la construcción marcó un hecho histórico con un consumo de 485 millones toneladas. Esto situaba el consumo per cápita en 11

toneladas por habitante y año, mientras que la media europea estaba en 7 toneladas por habitante y año. En La Rioja ese año el consumo por habitante y año fue de 13,3 toneladas.

En el gráfico a continuación se puede observar el consumo de áridos para la construcción en España y en La Rioja.

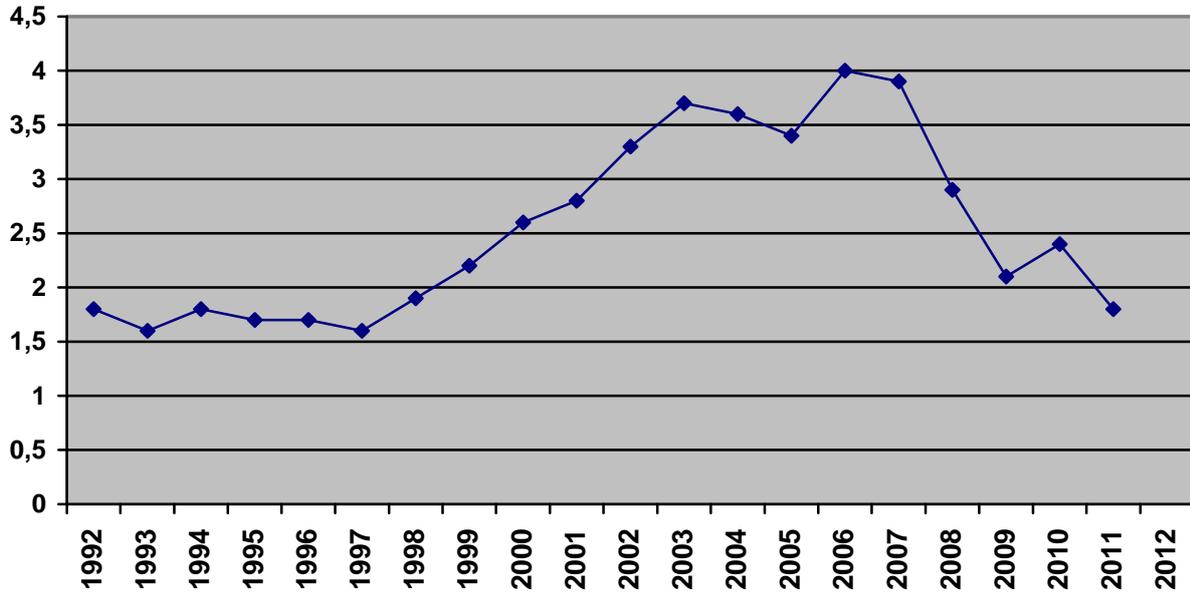


Gráfico 3.13 Consumo en millones de toneladas de árido para la construcción en La Rioja.

Fuente: Estadísticas ANEFA

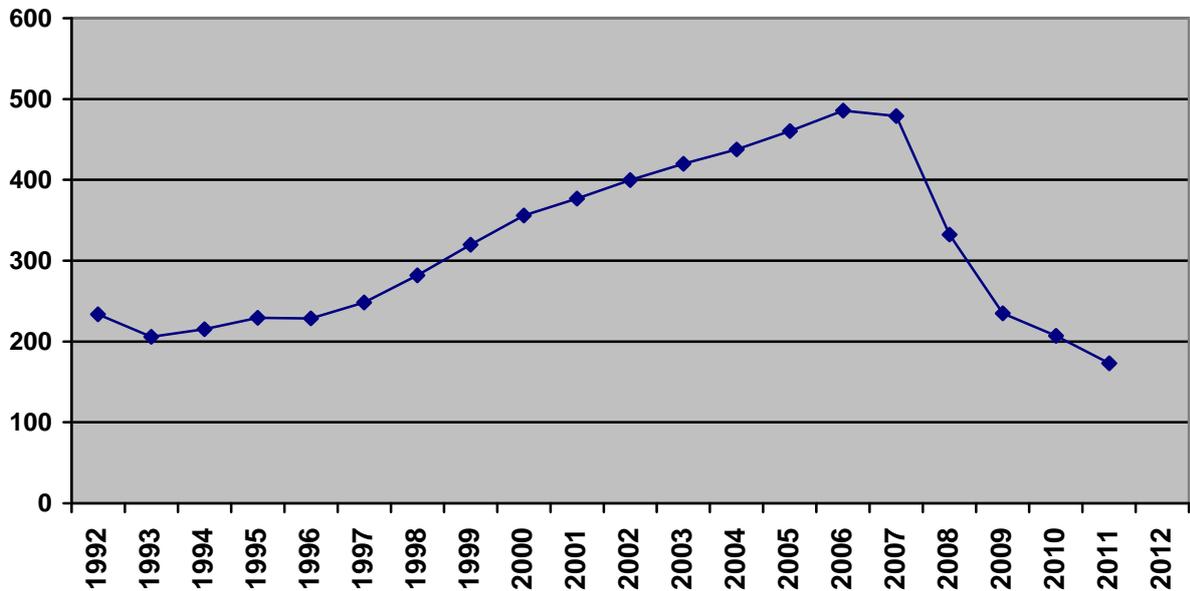


Gráfico 3.14 Consumo en millones de toneladas de árido para la construcción en España

Fuente: Estadísticas ANEFA

En el año 2006 más del 65% del de los áridos para construcción que se produjeron en las canteras y graveras se emplearon con cemento para hormigón, mortero o prefabricados. Y el 21% se destinó a la ejecución de carreteras, siendo este año cuando se alcanzó el máximo previo a la caída de consumo. En la tabla 3.40 se puede ver como quedaron las aplicaciones de los áridos en los años 2006 y 2008, en ellas se puede apreciar como el peso al descenso sustancial del árido que se comercializó, los usos a los que se destinaron apenas han cambiado, y donde se produce un mayor descenso en la aplicación para hormigones, morteros y prefabricados con un 3% de descenso

Aplicaciones de los áridos		2006	2008
Áridos para la construcción.	Hormigones, morteros y prefabricados	67,3 %	64,3%
	Carreteras	20,9 %	22,5%
	Balastro	1,7 %	2,2%
	Escollera	5,1 %	4,4%
	Otros usos	5,1 %	6,6%
		100,0 %	100,0%
Áridos para usos industriales	Fabricación de cementos	81,3 %	80,1%
	Fabricación de cales y yesos	4,9 %	5%
	Industrias del vidrio	3,7 %	3,6%
	Industria química Básica	2,3 %	2,5%
	Metalurgia básica	3,8 %	3,3%
	Arenas de moldeo	1,1 %	1%
	Cargas	2,9%	2,9%
	Industria cerámica	-	0,3%
	Otras aplicaciones	-	1,3%
		100,0%	100,0%

Tabla 3.40 Aplicaciones de los áridos

3.5.2 LOS PRECIOS DE MERCADO

3.5.2.1 LOS PRECIOS EN LA RIOJA

Los precios de los áridos son fijados por cada empresa de explotación, dada la gran cantidad de plantas de extracción existentes se realiza el estudio con unas muestras significativas que sirvan de representación para todas. Pese a que se puede considerar que la rioja está dividido en tres zonas, Rioja baja, Rioja centro y Rioja alta, tomaremos unas muestras en las que las conclusiones que obtengamos sirvan en general para toda la comunidad.

Una de las peculiaridades de estos precios es que en muy pocos aparecen el precio del árido reciclado, sin embargo sí que aparece la zahorra reciclada, quizás porque su uso está algo más extendido y aceptado.

	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Precio medio
Material	Precio €/m ³				
Arena lavada	23,00	18,76	15,50	17,00	18,57
Arena Mortero	24,00	22,36			23,18
Arena Machacada	23,00	20,12	15,50	19,00	19,41
Arena tubos	13,00	8,68	4,00	10,00	8,92
Gravilla Lavada 12-20	15,50	12,30	10,00	11,00	12,20
Gravilla lavada 20-40	13,50	8,82	9,00	9,50	10,21
Gravilla lavada 6-12	15,50	12,30	10,00	11,00	12,20
Piedra machacada 12-18	16,50		10,50	12,00	13,00
Piedra machacada 6-12	16,50		10,50	12,00	13,00
Piedra rechazo	10,00			8,00	9,00
Revoltón lavado	21,00	22,08	16,00	16,00	18,77
Zahorra artificial 0-40	14,50	11,10	8,50	10,00	11,03
Zahorra bruta	10,00	7,00	5,00	5,50	6,88
Zahorra cribada	12,00	8,10	6,50	7,00	8,40
Tierra Vegetal Cribada	12,00	10,80	8,50	10,00	10,33
Zahorra triturada Reciclada	9,50	7,00		6,00	7,50

Tabla 3.41 Comparativa de precios de empresas de La Rioja en el año 2012

Fuente (propias empresas)

En la siguiente tabla se puede observar el precio de la recogida de los residuos de la construcción y la demolición. Si estos precios se comparan con algunos de los precios de la zahorra triturada reciclada se puede observar como los beneficios aunque varían de una empresa a otra no son muy abundantes en el caso de los productos reciclados ya que sólo el tratamiento mínimo para los casos de escombros limpios hace que este se encarezca más que la zahorra natural en este caso.

Precio por recogida de residuos en planta.	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Materiales	€/m ³	€/m ³	€/m ³
Escombros limpios por separado (hormigón, ladrillos maderas, cartón, etc...).	6,00	9,00	
Escombros mezclados (hormigón con ladrillo, morteros, yesos) Exentos de otros materiales.	8,00		12,00
Plásticos reciclables limpios.	12,00		
Plásticos reciclables mezclados.	22,00		
Residuos mezclados (hormigón, ladrillos, mortero, yesos todo eso mezclado con cualquier tipo de material no peligroso).	12,00	14,00	14,00
Tierras y arcillas procedentes de excavaciones.	1,50		

Tabla 3.42 Precio por recogida de residuos en planta.

Los precios en España

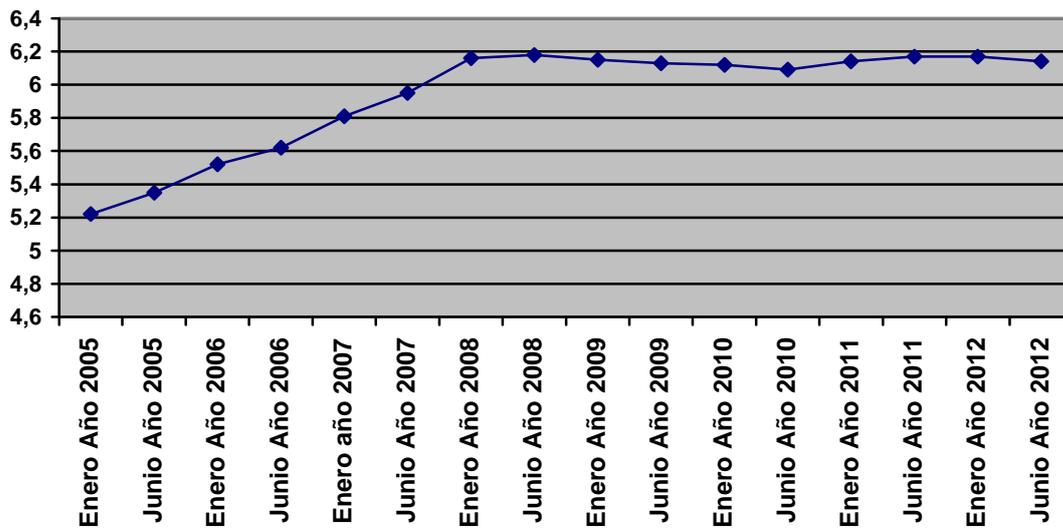


Gráfico 3.15 Índice de precios del árido en España 2005-2011 (€)

Fuente Ministerio de Fomento.

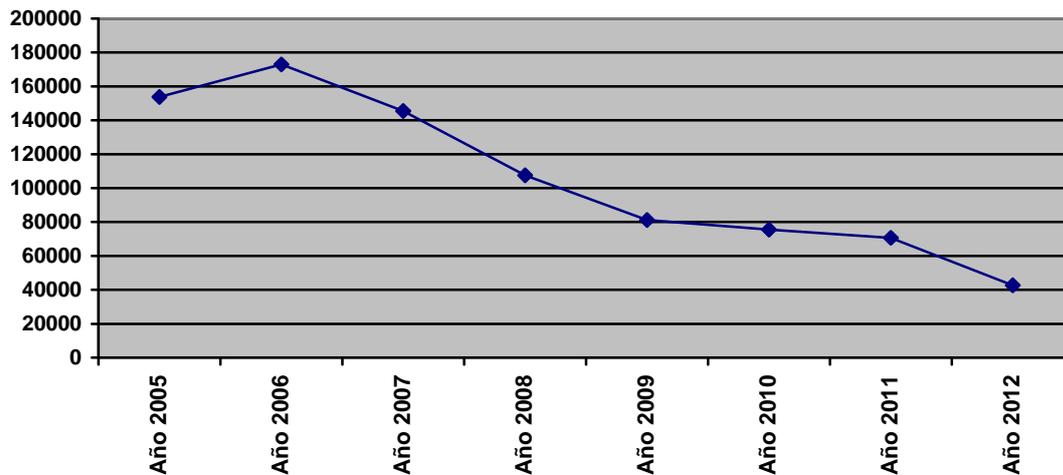


Gráfico 3.16 Evolución de la construcción en España (por número de licencias)
(Las cifras del año 2012 son hasta Septiembre del 2012)

Como podemos ver en estos datos se observa la evolución del precio del árido, donde se identifica claramente el fuerte incremento de precio que se produjo entre los años 2005 y 2008, debido al auge que sufrió la construcción en esos años.

Sin embargo si comparamos esta gráfica con la siguiente nos damos cuenta de cómo el número de licencias ha ido disminuyendo, pero que no ha ocurrido lo mismo con el precio medio del árido que se ha mantenido dentro de unos márgenes desde el año 2008 hasta ahora. Si bien es cierto que aunque las licencias hayan sido concedidas un año la obra puede haber comenzado más tarde lo que explicaría en parte que el precio del árido continuara incrementándose hasta el año 2008, mientras que el momento en el que más licencias se concedieron fue en el año 2006.

Licencias municipales de obra en la rioja. Datos generales

	2006	2007	2008	2009	2010
Edificación de nueva planta					
Edificios a construir					
Residenciales	2.100	1.479	455	233	179
No residenciales	149	164	176	124	109
Obras de rehabilitación					
Edificios	121	64	127	174	107
Obras de demolición					
Edificios	209	126	149	89	48

Tabla 3.43 Licencias municipales en La Rioja

Fuente. Gobierno de La Rioja

Construcción de viviendas en La Rioja					
	2007	2008	2009	2010	2011
Viviendas protegidas					
Iniciadas	488	843	434	1.406	57
Terminadas	803	724	964	519	251
Viviendas libres					
Iniciadas	5.048	2.449	794	1.119	573
Terminadas	5.208	6.379	4.240	2.893	2.147
Total Viviendas					
Iniciadas	5.536	3.292	1.228	2.525	630
Terminadas	6.011	7.100	5.204	3.412	2.398

Tabla 3.44 Construcción de viviendas en La Rioja

Fuente: Estadística de Vivienda Protegida y Libre. Ministerio de Fomento.

3.5.2.2 LOS PRECIOS EN ESPAÑA

La diferencia de precios de los áridos naturales en España es considerable, y puede haber diferencias de más de 5 euros de una provincia a otra, por diversos motivos, mayor demanda, escasez de materia prima,...

Esta diferencia de precios se también se da en los productos obtenidos en las plantas de valorización, en el coste de vertido de los residuos en las plantas de reciclado y en las tarifas de vertido de cada comunidad.

En la imagen 3.19 se puede observar la diferencia de precio en origen del árido en la mitad de del ascenso de su precio (año 2007) y la diferencia que existe de unas comunidades a otras con una diferencia entre algunas de ellas de más del doble de precio. Estando en un extremo Gerona con un precio medio de 8,85€ y en el opuesto Albacete con 3,59€. Estos precios sería necesario relacionarlos con el volumen de construcción de cada zona y con la disponibilidad para conseguir árido natural. Mientras el árido reciclado no aparece en la mayoría de las empresas o comunidades y no hay datos fiables de consumo o de precios en esos años.

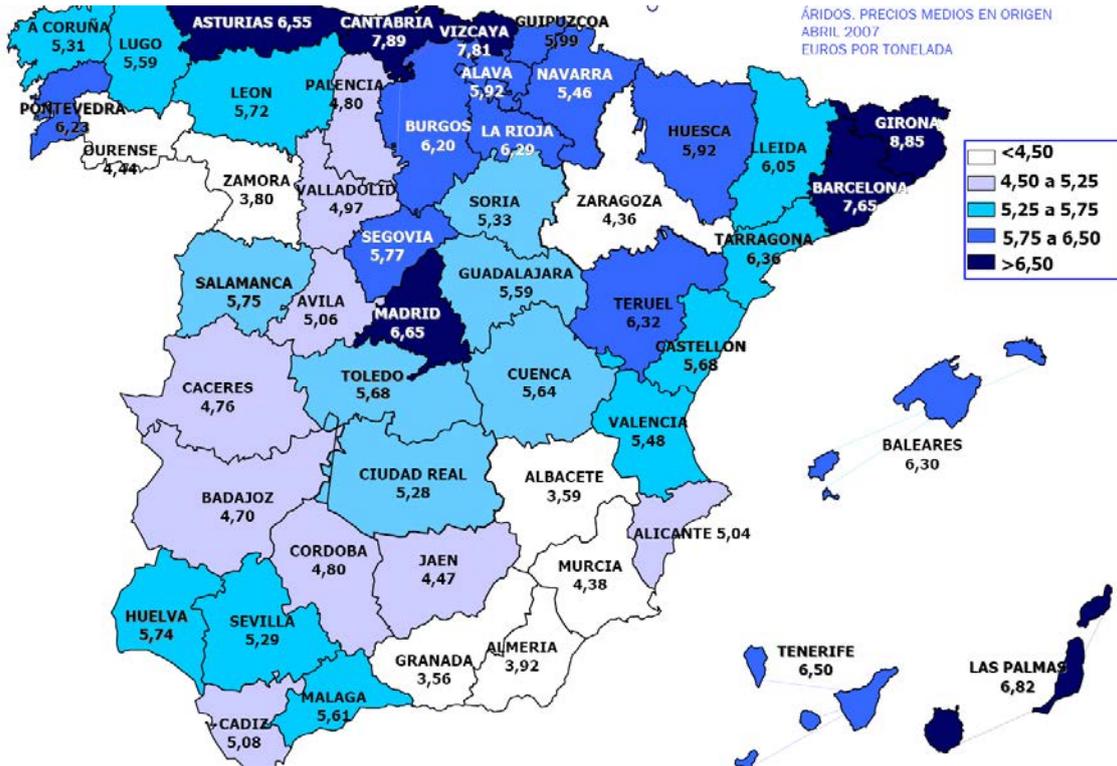


Imagen 3.19 Precio medio del árido en origen en el año 2007.

Fuente ANEFA.

En posteriores estudios comienza a investigarse los precios de los áridos reciclados y el coste de vertido y se obtienen algunos datos.

Tarifa de ventas de áridos reciclados

	Madrid	Córdoba
Zahorra de hormigón 0-20 mm	3,00 €/t	2,40 €/t
Zahorra de hormigón 0-40 mm	4,00 €/t	4,20 €/t
Grava de hormigón 20-40 mm	4,00 €/t	4,20 €/t
Cerámico- hormigón 0-40 mm	3,50 €/t	3,00 €/t
Cerámico- hormigón 20-40	1,00 €/t	3,00 €/t
Material para relleno 0-6 mm	2,00 €/t	1,80 €/t

Tabla 3.45 Tarifas de venta de áridos reciclados.

Fuente: CEDEX

Como se puede observar en esta tabla y en la siguiente los precios varían mucho. Por otra parte si comparamos los precios de los áridos naturales con los de los áridos reciclados, para el caso de las gravas naturales pueden variar entre 6 y 12 €/t y entre 5 y 13€/t para las arenas. Como se ve en estos casos en precio de los materiales reciclados es inferior. Sin embargo esta diferencia no es tan grande en La Rioja.

Coste de vertido de residuos en las plantas de reciclado			
	Madrid	Albacete	Córdoba
RCD's mezclados	10,00 €/t	16,00 €/t	8,50 €/t
RCD's de hormigón armado	5,00 €/t	20,00 €/t	6,70 €/t
Hormigón limpio en masa	3,50 €/t	9,00 €/t	4,00 €/t
Escombros muy sucios	-	25,00 €/t	30,05 €/t

Tabla 3.46 Coste de vertido de residuos en las plantas de reciclado

Fuente: CEDEX

Además de estos precios algunas comunidades tienen tasas de vertido de residuos sólidos inertes, que al ser de competencia municipal varían, por ejemplo, existen municipios que aplican una única tarifa de vertido, mientras que otros aplican diferentes tasas según la naturaleza del residuo.

Entre los que tienen una única tarifa de vertido, se pueden encontrar precios que varían entre 1€/t (Pamplona) y los 25,20 €/t (Madrid).

3.6 OBRAS REALIZADAS

3.6.1 ÁRIDO RECICLADO PROCEDENTE DE HORMIGÓN

3.6.1.1 EXPERIENCIAS EN ESPAÑA

Aunque a nivel práctico el uso de este árido es muy reducido en España existen algunos casos en los que se ha utilizado.

Carreteras

Anillo verde ciclista en Madrid (2006). En la segunda fase del anillo, se utilizó zahorra procedente del reciclaje de demoliciones de hormigón.

Conexión de la A-36 con la A-357 en Málaga. Al igual que el caso anterior forma parte de un proyecto de investigación para el desarrollo de nuevos materiales de construcción de firmes de carreteras, utilizándose RCD en zahorras y gravacemento.

Nueva ronda de circunvalación oeste de Málaga. Tramo: Conexión carretera C-3310-Autovía del Mediterráneo A-7. En este caso, se utilizaron Residuos de Construcción y Demolición mixtos, es decir, formados por una mezcla de hormigón y otros materiales.

Ramal de acceso a la C-35 en Videres (2008). Se utilizaron RCD limpios procedentes de hormigón para la formación de una capa de suelo cemento en un tramo del ramal de acceso a la C-35 en Videres. Los resultados obtenidos de esta experiencia han sido totalmente satisfactorios. Respecto a la caracterización del material para su empleo en suelo cemento en capas de firmes se observa que el árido reciclado utilizado cumple con todas las exigencias del PG-3. Por otro lado, los ensayos realizados a la unidad terminada arrojan resultados de densidad in situ, resistencia mecánica y capacidad soporte que están por encima de los exigidos para un suelo cemento.

Autovía Murcia- Albacete – Dragado construcción P.O. (2000): en este proyecto se utilizaron áridos reciclados limpios provenientes de hormigón como zahorra en capas de formes para la ejecución de un tramo de autovía Murcia- Albacete. Los resultados obtenidos de esta experiencia fueron satisfactorios. Respecto a la puesta en obra de este material, se concluye que garantizando la homogeneidad y la humedad óptima del mismo, se obtienen fácilmente densidades próximas a la máxima del ensayo próctor modificado, empleando los medios de compactación habituales.

Puente de Marina Seca del Forum 2004 de Barcelona.

El puente de Marina Seca, una de las obras más emblemáticas del FORUM 2004 de Barcelona, fue construido utilizando hormigón reciclado en alguno de sus elementos. Se utilizó un árido reciclado de un único origen (fracción 4/25mm), con una absorción media de 6,7%, exento de cloruros, y sulfatos. Más del 95% del árido reciclado eran partículas de hormigón. La cantidad de finos inferiores a 0,063 mm fue del 10% y el aporte de finos menores de 4 mm fue del 10%, lo que obligó a una ligera corrección en la cantidad de arena.

Se utilizó una sustitución del 20% de árido reciclado previamente presaturado, con un grado de saturación entre el 80% y el 90%.

La resistencia obtenida fue de 47,8N/mm², y los resultados de los ensayos de penetración de agua fueron adecuados. La puesta en obra de este hormigón tampoco presentó ninguna dificultad.

Puente atirantado sobre el río Turia

La experiencia piloto, que finalizó en el año 2008, proponía la utilización de hormigón reciclado en un puente atirantado de hormigón armado, situado sobre Manises (Valencia), propiedad de la Diputación de Valencia.

Este puente se ejecutará como sustitución de una estructura de hormigón ya existente. El objetivo del proyecto es reciclar el material de hormigón procedente de esta estructura para la fabricación de parte del hormigón de la nueva estructura, utilizando una sustitución del 20% del árido natural por árido reciclado en el hormigón de un tramo de losa.

Las condiciones de utilización de los áridos reciclados y del hormigón eran las siguientes:

- El árido reciclado así producido se utilizará como sustitución de una parte del árido grueso natural, en un porcentaje no superior al 20%. El árido mezcla así utilizado deberá cumplir las especificaciones que establece la EHE para los áridos naturales.
- Calidad del hormigón de origen f_{cm} deberá ser superior a 25N/mm^2 .
- Resistencia máxima del hormigón reciclado $f_{cm} < 50\text{N/mm}^2$.
- Estudios específicos en ambientes distintos al I y IIb.

3.6.1.2 EXPERIENCIAS EN PAÍSES BAJOS

En 1998 se empleó aproximadamente 500m^3 de hormigón reciclado en la construcción de los estribos de un viaducto en la carretera RW 32 cerca de Meppel.

En 1990 se construyó un segundo viaducto en esa misma zona. En este caso se utilizó árido grueso reciclado (en un porcentaje del 20%) para todas las parte de hormigón del viaducto. La cantidad total de hormigón reciclado que se uso fue de 11.000 m^3 .

En las obras de la compuerta del puerto en las proximidades de Almelo (en 1998) se emplearon unas 2.000 t de hormigón reciclado para la construcción de la losa de hormigón bajo el agua.

Debido a los buenos resultados obtenidos en la utilización de hormigón reciclado, desde 1991 se exige la utilización de árido de hormigón reciclado en un porcentaje del 20% de la fracción gruesa en todos los proyectos de hormigón, con excepción de las estructuras de hormigón pretensado.

3.6.1.3 EXPERIENCIAS EN REINO UNIDO

La primera experiencia práctica en la que se utilizó hormigón con áridos reciclados en el Reino Unido se llevó a cabo en Watford en el año 1995 durante la construcción de un bloque de oficinas. Se empleó hormigón triturado procedente de la demolición de un edificio de 12

plantas en el centro de Londres. El árido grueso se utilizó para la construcción de cimentaciones, pilares y forjados.

3.6.1.4 EXPERIENCIAS EN BÉLGICA.

Para la ampliación del puerto de Antwerp, se procedió en 1987 a la demolición de varios muros del puerto y la construcción de una compuerta mayor. La demolición se realizó con explosivos, originando unos 80.000 m³ de escombros. Por consideraciones tanto ambientales como económicas se optó por la utilización de los escombros de hormigón para la fabricación de hormigón reciclado.

EL hormigón producido disponía de suficiente resistencia a compresión (f_c de 35 N/mm²) y retracción aceptable (<150 μ m/m). Para mejorar la trabajabilidad del hormigón se optó por presaturar los áridos reciclados antes de incorporarlos a la mezcla, corrigiendo así la cantidad de agua añadida.

Después de más de 15 años de servicio la estructura no ha presentado problemas de durabilidad.

3.6.1.5 EXPERIENCIAS EN ALEMANIA

En Alemania se usó árido reciclado para la construcción de grandes bloques de hormigón como elementos decorativos en el Centro de Exposiciones de Magdeburg (1999). En estos bloques se encuentran en el exterior y en contacto con agua. En este caso, solo se empleó árido grueso reciclado.

En 1993-1994 se construyó la sede de la Fundación Alemana para el Medioambiente (Deutsche Bundesstiftung Umwelt). Se empleó árido reciclado en la construcción de los elementos estructurales de hormigón, realizándose una estricta selección de los áridos reciclados y exhaustivo control de calidad. Se utilizaron 290 kg/m³ de cemento Portland CEM I 42,5 R; el árido grueso era reciclado (con tamaños comprendidos entre 4 y 32 mm) y el árido fino arena natural. La mezcla contenía además 70 kg/m³ de cenizas volantes y plastificante. Con un contenido de agua de 201 kg/m³ se consiguió una resistencia cúbica de 35 N/mm².

3.6.1.6 EXPERIENCIAS EN DINAMARCA

Uno de los proyectos más significativos sobre reutilización de escombros de demolición para la fabricación de hormigón ha tenido lugar en Dinamarca. La construcción del "Great Belt Link" una gran red de enlace entre Dinamarca y Suecia, suponía la modificación de la red de carreteras existentes y la demolición de un puente de hormigón armado. En esta demolición se

llevaron a cabo distintas investigaciones sobre técnicas de demolición y utilización del hormigón triturado como árido para un nuevo hormigón. Finalmente los escombros fueron procesados y empleados en la fabricación de hormigón, que se utilizó para la construcción de “La casa reciclada”, en Odense y las cimentaciones de pantallas acústicas. Esta casa reciclada consiste en un bloque de 14 apartamentos de tres pisos con sótano.

3.6.1.7 EXPERIENCIAS EN JAPÓN

En Japón se emplean los áridos reciclados como material para la fabricación de bloques de hormigón prefabricados.

3.6.2 ÁRIDO RECICLADO PROCEDENTE DE RESIDUOS MIXTOS

La experiencia práctica en la utilización de hormigón reciclado con áridos procedentes de escombros de albañilería es escasa, aunque se han llevado a cabo algunos proyectos que se resumen a continuación.

3.6.2.1 EXPERIENCIAS EN PAÍSES BAJOS

En los países Bajos es habitual la utilización de árido reciclado procedente de hormigón (se exige su empleo en un porcentaje del 20% de la fracción gruesa en todos los proyectos de hormigón, con excepción de las estructuras de hormigón pretensado). Debido a la falta de disponibilidad de este tipo de árido reciclado ya se han llevado a cabo varios proyectos piloto donde se ha reemplazado el 20% del árido grueso por una mezcla de hormigón y ladrillo triturado.

En 1992 se empleó árido reciclado (mezcla de hormigón y ladrillo en la construcción de los estribos de un viaducto cerca de Helmond.

En las obras de la compuerta del puerto en las proximidades de Schijndel (en 1992), se emplearon unos 300m³ de hormigón con árido reciclado procedente de una mezcla de hormigón y ladrillo.

Desde 1994 el Gobierno holandés permite el uso de este tipo de árido reciclado (mezcla de hormigón y ladrillo) en hormigón estructural, con un reemplazo máximo del 20% del árido grueso. A pesar de esta restricción se han llevado a cabo varios proyectos piloto que han demostrado la posibilidad de utilizar cantidades mayores de árido reciclado, siempre y cuando se tomen las precauciones necesarias.

Entre 1997 y 1998 se construyeron 272 casas unifamiliares empleando un 100% de árido reciclado. Se utilizó para la construcción de muros de carga de hormigón en masa y elementos de hormigón para fachadas y suelos.

3.6.2.2 EXPERIENCIAS EN ALEMANIA

El uso del árido en Alemania data desde aproximadamente 1950 y se ha usado principalmente para la construcción de viviendas.

En 1996-1997, se desmanteló una zona militar de las afueras de Itzehoe que produjo aproximadamente unas 50.000 t de escombros mixtos y unas 20.000 t de escombros de hormigón. Estos se utilizaron para la edificación nuevamente de esa misma zona.

3.6.2.3 EXPERIENCIAS EN REINO UNIDO

La primera experiencia práctica en la se utilizó hormigón con áridos reciclado mezcla de hormigón y ladrillos se llevó a cabo en Cardington (1996), para la construcción de la losa de la segunda planta de un edificio de esta ciudad. La losa estaba fuertemente armada y tenía 0,5m de espesor.

Se optó por una sustitución del 20% del árido grueso y se emplearon unas 100t de árido reciclado (que contenía hasta un 50% de ladrillo). La dosificación del hormigón empleado fue la misma que la de la losa construida en la primera planta de ese mismo edificio, y para ambos hormigones se obtuvieron unas resistencias similares (60N/mm^2 a los 91 días). El uso de árido reciclado no afectó al bombeo ni a la puesta en obra del hormigón.

3.6.2.4 EXPERIENCIAS EN ESPAÑA

Una de las pocas experiencias de las que se tiene constancia fue la construcción de la ciudad olímpica de Barcelona. Las construcciones situadas en esta zona fueron demolidas (alcanzando una cantidad aproximada de escombros de 1,5 millones de toneladas), para ello se utilizaron procedimientos selectivos de demolición, realizando in situ una primera eliminación de impurezas. Solo se trataron materiales inertes como hormigón, piedra, cerámicas y ladrillos, procedentes de la demolición de estructuras, cerramientos y cimentaciones. Otros materiales mezclados o aquellos que contenían impurezas como madera, plásticos o acero se rechazaron. Los materiales reciclados se utilizaron para construir las calles y carreteras de la Ciudad Olímpica y estructuras de escollera en la línea litoral.

3.7 ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN

3.7.1 CEMENTO

El cemento es el componente del hormigón que tiene por objeto conglomerar entre sí a los áridos de modo que junto a éstos contribuya a conferir al material sus características, principalmente las mecánicas.

No es objeto de este capítulo profundizar sobre los principios básicos de fabricación de hormigón, sino dar unos conceptos generales sobre este componente.

En líneas generales, se puede decir que el cemento actual procede en su mayor proporción de la molienda del clinker; a su vez este se fabrica, por lo general en un horno tubular rotatorio a partir de la sinterización a altas temperaturas, de una mezcla de caliza y arcilla molidas.

El cemento así obtenido se denomina convencionalmente Portland y está compuesto casi exclusivamente por silicatos bicálcico y tricálcico, aluminato tricálcico y aluminio-ferrito tetracálcico, junto a otros productos que aparecen en proporciones muy bajas.

Estos cuatro componentes tienen la capacidad de hidratarse en presencia de agua, y cristalizar en formas anfractuosas de modo que sus cristales se traban estrechamente entre sí y con otros cuerpos inertes que se encuentren en su proximidad, dando lugar a un material de apariencia y características pétreas.

3.7.2 AGUA DE HIDRATACIÓN

Para que se dé la reacción entre los distintos componentes del hormigón es necesaria el agua, aunque el porcentaje de esta varía en función de la proporción de los componentes y el tipo de tipo de masa que se quiere obtener. Por ejemplo solo para la hidratación del cemento Portland es necesario un 23,5% del peso del cemento.

Pero para que se pueda fabricar un mortero u hormigón no es posible hacerlo solo con la proporción mínima de agua, ya que de esta manera la masa no sería manejable y se requiere una cantidad de agua suplementaria para darle plasticidad a la masa. Pero esta agua tampoco debe de ser excesiva porque aquella que no se utilice para la hidratación de los materiales será eliminada dejando en su lugar poros y capilares, que por una parte favorecerán la retracción del material, y por otra, contribuirán a crear discontinuidades en la red cristalina, en detrimento de sus características resistentes.

Para el cálculo del agua necesaria existen fórmulas para la dosificación de esta, siempre referidas al peso del cemento, pero que no son precisas ya que se presentan variables respecto a la naturaleza, tamaño y granulometría del árido, es necesario apoyarse normalmente en experiencias previas o si esta es escasa proceder a la realización de ensayos.

Aunque existen unas medidas orientativas en función de los diferentes tipos de arenas, la Instrucción EHE 08 introduce unos límites en la relación agua-cemento para la confección de hormigones.

Parámetros de dosificación	Tipo de Hormigón	Clase de exposición												
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	C
Máxima relación A/C	Masa	0,66	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armado	0,66	0,60	0,55	0,50	350	300	325	300	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Pretensado	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Mínimo contenido de cemento (kg/m ³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	Armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	Pretensado	275	300	300	300	352	350	325	325	350	350	300	325	300

Tabla 3.47 Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento (Reproducción de la tabla 37.3.2.a de la EHE Instrucción de Hormigón Estructural)

Así mismo en la Instrucción vienen especificadas las condiciones del agua que es utilizada tanto en para el amasado como para el curado del hormigón en obra. Esta agua no debe contener ningún ingrediente perjudicial en cantidades tales que afecten a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y para obtener una justificación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Exponente de hidrógeno pH (UNE 7234) **5**
- Sustancias disueltas (UNE 7130) **15 gramos por litro (15.000 p.p.m)**
- Sulfatos expresados en SO₄⁼ (UNE7131) **1 gramo por litro (1.000 p.p.m)** excepto para el cemento SR que se eleva este límite a **5 gramos por litro (5.000 p.p.m)**
- Ión cloruro, Cl⁻ (UNE 7178):
 - Hormigón pretensado **1 gramo por litro (1.000 p.p.m)**
 - Hormigón armado u hormigón en masa que contenga armaduras para reducir la fisuración **3 gramos por litro (3.000 p.p.m)**
- Hidratos de carbono (UNE 7132) **0**

- Sustancias orgánicas solubles en éter (UNE 7235) **15 gramos por litro (15.000 p.p.m)**

Estas muestras de realizaran según la norma UNE 7236 y los análisis por los métodos de las normas indicadas.

Se permite el empleo de aguas recicladas procedentes de lavado de cubas en la propia central de hormigonado, siempre y cuando cumplan con las especificaciones anteriormente definidas en la Instrucción. Además se deberá cumplir que el valor de densidad del agua reciclado no supere el valor $1,3 \text{ g/cm}^3$ y que la densidad del agua total no supere el valor de $1,1 \text{ g/cm}^3$.

La densidad del agua reciclado está directamente relacionada con el contenido en finos que aportan al hormigón, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$M = \frac{1 d_a}{1 d_f} \cdot d_f$$

Donde:

M	Masa de finos presento en el agua, en cm^3
d_a	Densidad del agua en g/cm^3
d_f	Densidad del fino, en g/cm^3

En relación con el contenido de finos aportado al hormigón se tendrá en cuenta el contenido de finos que se aporta en el agua reciclada, se puede considerar un valor de d_f igual a $2,1 \text{ g/cm}^3$, salvo valor experimental obtenido mediante determinación en el volumenómetro de Le Chatelier, a partir de una muestra desecada en estufa y posteriormente pulverizada hasta pasar por el tamiz 200 *m*.

3.7.3 ÁRIDOS

Los áridos se conocen normalmente como materiales que, formando parte de la composición de los hormigones, no intervienen o intervienen de un modo mínimo en las reacciones de hidratación que se dan. Por lo tanto una de sus características es que es inerte.

Su segunda característica fundamental en los hormigones normales es su resistencia. Por lo que su misión es bajar la dosificación de cemento y cooperar con él en la resistencia final del hormigón.

Existen varios posibles modos de clasificación de los áridos, según se haga preponderar unas u otras de sus características.

- Por su tamaño
- Por su forma
- Por su densidad
- Por sus características mecánicas
- Por su resistencia al fuego

3.7.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ÁRIDOS

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TAMAÑO

- Arena: es la fracción del árido que pasa por un tamiz de 5mm de luz de malla. La arena normal se encuentra comprendida entre dicho tamiz y otro de 0,08mm de luz de malla. A las fracciones inferiores al diámetro correspondiente a este último tamiz se les llama "finos".
- Grava, o árido grueso: es la fracción retenida por el tamiz de 5mm. En hormigones estructurales, la máxima dimensión admitida es de 80mm.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU EXPLOTACIÓN

- Árido de canto rodado: se obtiene directamente, sin manipulación salvo ocasional lavado, de minas o yacimientos naturales (graveras) y de lecho de ríos o playas.
- Sus formas son por lo general, redondeada, y carece de aristas o cavidades. Han sufrido alguna erosión, normalmente por agua. Cuando la materia de procedencia no hubiese sido isótropa es posible encontrar formas laminares.
- Árido de machaqueo: procede de la molienda artificial de rocas. Por ello, su forma es irregular y anfractuosa. Si la roca madre no es isótropa es posible que presenten formas aciculares o laminares.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU DENSIDAD

- Árido normal: es el que con mayor frecuencia se utiliza en la fabricación de hormigones.
- Su densidad real oscila entre los 2.450 y 2.700 Kg/m³. Su densidad aparente oscila entre los 1.900 y los 1.600 Kg/m³, según el carácter el tamaño máximo de la clase granulométrica considerada.

- Árido pesado: se emplea en la fabricación de hormigones pesados. Los más corrientes son la baritina, la magnetita, el corindón y la galena, cuyas densidades reales están entre los 3.700 y los 7.600 Kg/m³.
- Árido ligero: se emplea en la fabricación de hormigones de baja densidad. Hay diversas clasificaciones, y dentro de ellas una extensa gama de densidades.
- La densidad aparente de los granos de árido ligero de estos tipos, oscila entre los 300 y los 1.200 Kg/m³.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Calizas blandas y áridos ligeros en general, cuya resistencia de grano está comprendida entre 100 y 500 Kg/cm².
- Calizas duras y areniscas, cuya resistencia oscila entre los 500 y los 1.500 Kg/cm².
- Gneis, gabros, granitos, pórfidos, cuya resistencia está comprendida entre los 1.000 y los 2.500 Kg/cm².
- Cuarzos y basaltos, con resistencias superiores a los 2.500 Kg/cm².

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU RESISTENCIA AL FUEGO

- El árido normal resiste aceptablemente hasta los 300° C.
- El ladrillo machacado y la escoria de alto horno resiste entre los 300 y los 800° C.
- Los áridos con mayor proporción de aluminio en su composición, resisten entre los 800° C y los 1.300° C. Entre éstos se cuentan las arcillas expandidas.
- Entre los 1.300° C y los 1.600° C pueden resistir los áridos como la sillimanita, el corindón y la cromita.

3.7.3.2 DESIGNACIÓN DE LOS ÁRIDOS

Según la Instrucción, los áridos se designarán, de acuerdo con el siguiente formato:

d/D – IL

donde:

d/D Fracción granulométrica, comprendida entre un tamaño, d, y un tamaño máximo, D, en mm.

IL Forma de presentación: R, rodado; T, triturado (de machaqueo), M, Mezcla

Preferentemente se indicará también la naturaleza del árido (C, calizo; S, silíceo; G, granito; O, ofita; D, dolomítico; Q, tranquila; I, fonolita; V, varios; A, artificial; R, reciclado), en cuyo caso, la designación sería:

$$d/D - IL - N$$

En la fase de proyecto, efectos de la especificación del hormigón, es necesario únicamente establecer para el árido su tamaño en mm, de acuerdo con el artículo 39.2 de la Instrucción y, en su caso, especificar el empleo de árido reciclado y su porcentaje de utilización.

3.7.3.3 TAMAÑO MÁXIMO Y MÍNIMO DE UN ÁRIDO

Se denomina tamaño máximo "D" de un árido grueso o fino, la mínima abertura de tamiz UNE EN 933- que cumple los requisitos generales recogidos en la tabla 28.3^a, en función del tamaño del árido

Se denomina tamaño mínimo "d" de un árido grueso o fino, la máxima abertura de tamiz UNE-EN 933-2 que cumple los requisitos generales recogidos en la 28.3.a, en función del tipo y del tamaño del árido.

Los tamaños mínimo d y máximo D de los áridos deben especificarse por medio de un par de tamices de la serie básica, o de la serie básica más la serie 1, o de la serie básica más la serie 2 de la tabla 28.3.b. No se podrán combinar los tamices de la serie 1 con los de la serie 2.

Los tamaños de los áridos no deben tener un d/D menor que 1,4.

		Porcentaje que pasa (en masa)				
		D	1,4 D ^{a)}	D	D	(D/2) ^{a)}
Árido grueso	D > 11,2 ó D/d > 2	00	8 a 100	90 a 99	8 a 15	(8 a 5
	D ≤ 11,2 ó D/d ≤ 2	00	8 a 100	5 a 99	8 a 20	(8 a 5
Árido fino	D ≤ 4 y d=0	00	5 a 100	5 a 99	8	.

a) Como tamices 1,4 D y d/2 se tomarán de la serie elegida o el siguiente tamaño del tamiz más próximo de la serie

b) El porcentaje en masa que pase por el tamiz D podrá ser superior al 99%, pero en tales casos el suministrador deberá documentar y declarar la granulometría

representativa, incluyendo los tamices D,d, d/2 y los tamices intermedios entre d y D de al serie básica más la serie 1, o de la serie básica mas la serie 2. Se podrán excluir los tamices con una relación menor a 1,4 veces el siguiente tamiz más abajo.

Tabla 3.48 Requisitos generales de los tamaños máximo D y mínimo d.

Serie Básica mm	Serie Básica + Serie 1 mm	Serie Básica + Serie 2 mm
0,063	0,063	0,063
0,125	0,125	0,125
0,250	0,250	0,125
0,500	0,500	0,500
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63
125	125	125

NOTA. Por simplificación, se podrían emplear los tamaños redondeados ente paréntesis para describir el tamaño de los áridos.

Tabla 3.49 Series de tamices.

3.7.3.4 LIMITACIONES DEL ÁRIDO GRUESO PARA LA FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN.

A efectos de la fabricación del hormigón, se denomina grava o árido grueso total, a la mezcla de las distintas fracciones de árido grueso que se utilicen; arena o árido fino total a la mezcla de las distintas fracciones de árido fino que se utilicen; y árido total (cuando no haya

lugar a confusiones, simplemente árido) aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para la fabricación del hormigón necesario en el caso particular que se considere.

El tamaño máximo del árido grueso utilizado para la fabricación del hormigón será menor que las dimensiones siguientes:

- 0,8 veces la distancia horizontal libre entre vainas o armaduras que no formen grupo, o entre un borde de la pieza y una vaina o armadura que forme un ángulo mayor que 45° con la dirección de hormigonado.
- 1,25 veces la distancia entre un borde de la pieza y una vaina o armadura que forme un ángulo no mayor que 45° con la dirección de hormigonado.
- 0,25 veces la dimensión mínima de la pieza, excepto en los casos siguientes
- Losa superior de los forjados, donde el tamaño máximo del árido será menor que 0,4 veces el espesor mínimo.
- Piezas de ejecución muy cuidada y aquellos elementos en los que el efecto pared del encofrado sea reducido, en cuyo caso será menos que 0,33 veces el espesor mínimo.

El árido se podrá componer como suma de una o varias fracciones granulométricas. Cuando el hormigón deba pasar entre varias capas de armaduras, convendrá emplear un tamaño de árido más pequeño que el que corresponde a los límites a) ó b) si fuese determinante.

3.7.3.5 GRANULOMETRÍA DE LOS ÁRIDOS

La granulometría de los áridos estará determinada de acuerdo a la norma UNE-EN 933-1, y debe cumplir los requisitos correspondientes a su tamaño de árido d/D.

Condiciones granulométricas del árido fino total

La cantidad de finos que pasan por el tamiz 0,063 UNE-EN 933-1, expresada en porcentaje del peso de la muestra del árido grueso total o de árido fino total, no excederá los valores de la tabla siguiente. En caso contrario, deberá comprobarse que se cumple la especificación relativa a la limitación del contenido total de finos en el hormigón.

Árido	Porcentaje máximo que pasa por el tamiz 0,063 mm	Tipo de áridos
Grueso	1,5%	-Cualquiera
Fino	6%	-Áridos recondeados -Áridos de machaqueo no calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición IIIa, IIIb, IV o bien a alguna de las específicas de exposición Qa, Qb, Qc, E, H y F
	10%	-Áridos de machaqueo calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición LLLa, LLLb, IV o bien alguna de las clases generales específicas de exposición Qa, Qb, Qc, E y F. -Áridos de machaqueo no calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición I, IIa o IIb y no sometidas a ninguna de las clases específicas de exposición Qa, Ab, Ac, E, H y F.
	16%	-Áridos de machaqueo calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición I, IIa o IIb y no sometidas a ninguna de las clases específicas de exposición Qa, Qb, Qc, E, H y F.

Tabla 3.50 condiciones granulométricas de los áridos

Calidad de los finos de los áridos

Salvo lo indicado no se utilizarán áridos finos cuyo equivalente de arena (SE_4), determinado sobre la fracción 0/4, de conformidad con el anexo A de la norma UNE EN 933-8 sea inferior a:

- 70 para obras sometidas a la clase general de exposición I, IIa ó IIb y que no estén sometidas a ninguna clase específica de exposición.
- 75 en el resto de los casos

No obstante lo anterior, aquellas arenas procedentes del machaqueo de rocas calizas o dolomías (entendiendo como tales aquellas rocas sedimentarias carbonáticas que contienen al menos un 70% de calcita, dolomita o de ambas, que no cumplan las especificación del equivalente de arena, podrán ser aceptadas como válidas cuando se cumplan las condiciones siguientes:

Para obras sometidas a las clases generales de exposición I, IIa ó IIb, que no estén sometidas a ninguna clase específica de exposición,

$$AM \leq 0,6 \cdot \frac{f}{100}$$

Donde AM es el valor de azul de metileno, según UNE EN 933-9, expresado en gramos de azul por cada kilogramo de fracción granulométricas 0/2 mm y f es el contenido de finos de la fracción 0/2, expresado en g/KG y determinado de acuerdo con UNE EN 933-1.

Para los restantes casos,

$$AM \leq 0,3 \cdot \frac{f}{100}$$

Cuando para la clase de exposición de que se trate, el valor azul de metileno sea superior al valor límite establecido en el párrafo anterior y se tenga duda sobre la existencia de arcilla en los finos, se podrá identificar y valorar cualitativamente su presencia en dichos finos mediante el ensayo de difracción de rayos X. Sólo se podrá utilizar el árido fino si las arcillas son del tipo caolinita o illita y si las propiedades mecánicas y de penetración de agua a presión de los hormigones fabricados con esta arena son, al menos, iguales que las de un hormigón fabricado con los mismos componentes, pero utilizando la arena sin finos. El estudio correspondiente deberá ir acompañado de documentación fehaciente que contendrá en todos los casos el análisis mineralógico del árido y en particular, su contenido en arcilla.

3.7.3.6 FORMA DEL ÁRIDO GRUESO

La forma del árido grueso se expresará mediante su índice de lajas, entendiendo como el porcentaje en peso de áridos considerados como lajas según UNE EN 933-3, y su valor deber ser inferior a 35.

3.7.3.7 REQUISITOS FÍSICO-MECÁNICOS

Se cumplirán las siguientes limitaciones:

- Resistencia a la fragmentación del árido grueso determinada con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE EN 1097-2 (ensayo de Los Ángeles) **40**

- Absorción de agua por los áridos, determinada con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE EN 1097-6 **5%**

Para la fabricación de hormigón en masa o armado, de resistencia característica especificada no superior a 30N/mm², podrán utilizarse áridos gruesos con una resistencia a la fragmentación entre 40 y 50 en el ensayo de Los Ángeles (UNE EN 1097-2) si existe experiencia previa en su empleo y hay estudios experimentales específicos que avalen su utilización sin perjuicio de las prestaciones del hormigón.

Cuando el hormigón esté sometido a una clase de exposición H o F y los áridos tengan una absorción de agua superior al 1%, estos deberán presentar una pérdida de peso al ser sometidos a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato magnésico (método de ensayo UNE EN 1367-2) que no será superior al 18% en el caso del árido grueso.

Un resumen de las limitaciones de carácter cuantitativo se recoge en la siguiente tabla.

Propiedades del árido	Cantidad máxima en % del peso total de la muestra	
	Árido fino	Árido grueso
Absorción de agua % Determinada con arreglo al método de ensayo indicado en UNE EN 1097-6	5%	5%
Resistencia a la fragmentación del árido grueso, determinada con arreglo al método de ensayo indicado en UNE en 1097-2	-	40(*)
Pérdida de peso % con cinco ciclos de sulfato magnésico Determinada con arreglo al método de ensayo indicado en UNE EN 1367-2	-	18%

Tabla 3.51 Limitaciones de los áridos

(*)50, en el caso indicado en el Articulado.

3.7.3.8 REQUISITOS QUÍMICOS

Estos son los requisitos mínimos que deben cumplir los áridos para hormigones.

3.7.3.8.1 CLORUROS

El contenido en ión cloruro (CL⁻) soluble en agua de los áridos grueso y fino para hormigón, determinado de conformidad con el artículo / de la UNE-EN 1744-1, no podrá exceder en masa del árido, cuando se utilice en hormigón armado u hormigón en masa que contenga armaduras para reducir la fisuración, y no podrá exceder del 0,03% en masa del árido, cuando se utilice en hormigón pretensado, de acuerdo con lo indicado en la tabla.

3.7.3.8.2 SULFATOS SOLUBLES

El contenido en sulfatos solubles en ácido, expresados en SO_3 de los áridos gruesos y finos, determinado de conformidad con el artículo 12 de la Norma UNE-EN 1744-1, no podrá exceder de 0,8% en masa del árido, tal y como se indica en la tabla 4.6. En el caso de escorias de alto horno enfriadas por aire, la anterior especificación será del 1%.

3.7.3.8.3 COMPUESTOS TOTALES DE AZUFRE

Los compuestos totales de azufre de los áridos grueso y fino, determinados de conformidad con el artículo 11 de la norma UNE-EN1744-1, no podrá exceder del 1% en masa del peso total de la muestra. En el caso de escorias de alto horno enfriadas por aire, la anterior especificación será del 2%.

En el caso de que se detecte la presencia de sulfuros de hierro oxidables en forma de pirrotina, el contenido de azufre aportado por estos, expresado en S, será inferior al 0,1%.

3.7.3.8.4 MATERIA ORGÁNICA. COMPUESTOS QUE ALTERAN LA VELOCIDAD DE FRAGUADO Y EL ENDURECIMIENTO DEL HORMIGÓN.

En el caso de detectarse la presencia de sustancias orgánicas, de acuerdo con el apartado 15.1 de la UNE EN 1744-1, se determinará su efecto sobre el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión, de conformidad con el apartado 15.3 de la norma UNE-EN 1744-1. El mortero preparado con estos áridos deberá cumplir que:

- El aumento del tiempo de fraguado de las muestras de ensayo de mortero será inferior a 120 minutos.
- La disminución de la resistencia a la compresión de las muestras de ensayo de mortero a los 28 días será inferior al 20%.

No se emplearán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método de ensayo indicado en el apartado 15.1 de la UNE-EN 1744-1, produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón. Asimismo, el contenido de partículas orgánicas ligeras que flotan en un líquido de peso específico 2 determinadas según el apartado 14.2 de la norma 1744-1 no será superior al valor de 0,5% para áridos fino y 1% para áridos gruesos. En el caso de áridos gruesos, antes de proceder a su ensayo, se procederá a reducir su tamaño mediante machaqueo hasta tamaños inferiores a 4mm.

3.7.3.8.5 ESTABILIDAD DE VOLUMEN DE LAS ESCORIAS DE ALTO HORNO ENFRIADAS POR AIRE

Las escorias de alto horno enfriadas por aire deben permanecer estables:

- Frente a la transformación del silicato bicálcico inestable que entren en su composición, determinada según el ensayo descrito en el apartado 19.1 de UNA-EN1744-1
- Frente a la hidrólisis de los sulfuros de hierro y de manganeso que entren en su composición, determinada según el ensayo descrito en el apartado 19.2 de UNE-EN 1744-1.

3.7.3.8.6 REACTIVIDAD ÁLCALI-ÁRIDO

Los áridos no presentarán reactividad potencial con los compuestos alcalinos del hormigón, ya sean procedentes del cemento o de otros componentes

Para su comprobación se realizará, en primer lugar, un estudio petrográfico, del cual se obtendrá información sobre el tipo de reactividad que, en su caso, puedan presentar.

Si en el estudio petrográfico del árido se deduce la posibilidad de que presente reactividad álcali-sílice o álcali-silicato, se debe realizar el ensayo descrito en la UNE 146508 EX (método acelerado en probetas de mortero).

Si del estudio petrográfico del árido se deduce la posibilidad de que presente reactividad álcali-carbonato, se debe realizar el ensayo descrito en la UNE 146507-2 EX. En el caso de mezcla, natural o artificial, de áridos calizos y silíceos, este ensayo se realizará sobre la fracción calizo-dolomítica del árido.

Si a partir de los resultados de algunos de los ensayos prescritos para determinar la reactividad se deduce que el material es potencialmente reactivo, el árido no se podrá utilizar en condiciones favorables al desarrollo de la reacción álcali-árido. En otros casos se podrá emplear el árido calificado a priori como potencialmente reactivo sólo si son satisfactorios los resultados del ensayo de reactividad potencial a largo plazo sobre prismas de hormigón, según UNE146509 EX, presentando una expansión al finalizar el ensayo menor o igual al 0,4%.

Sustancias perjudiciales	Cantidad máxima en % del peso total de la muestra		
	Árido fino	Árido grueso	
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE EN 933-2 y que flota en un líquido de peso específico 2, determinado con arreglo al método de ensayo indicado en el apartado 14.2 de UNE EN 1744-1.	0,50	1,00	
Compuestos totales de azufre expresado en S y referidos al árido seco, determinados con arreglo al método de ensayo indicado en el apartado 11 de UNE EN 1744-1	1,00	1,00 ^(*)	
Sulfatos solubles en ácidos, expresados en SO ₃ y referidos el árido seco, determinados según el método de ensayo indicado en el apartado 12 de UNE EN 1744-1	0,80	0,80 ^(**)	
Cloruros expresados en Cl ⁻ y referidos al árido seco, determinados con arreglo al método de ensayo indicado en el apartado 7 de UNE EN 1744-1	Hormigón armado y hormigón que contenga armaduras para reducir la fisuración	0,05	0,05
	Hormigón pretensado	0,03	0,03

(*) Este valor será del 2% en el caso e escorias de alto horno enfriadas al aire.

(**) Este valor será del 1% en el caso de escorias de alto horno enfriadas al aire.

Tabla 3.52 Resumen requisitos químicos

3.7.4 ADITIVOS

Aditivos se llama a los productos generalmente químicos que se añaden al hormigón en pequeñas dosis para modificar determinadas características. Su efecto debe ser permanente y las dosis utilizadas varían entre el 2 y el 5% del peso del cemento normalmente se utilizan disueltos en el agua del amasado aunque en ocasiones se pueden mezclar con el cemento en seco antes el amasado.

Según el campo de acción, los aditivos se clasifican en:

- Aditivos que modifican la reología y el contenido de aire.
- Plastificantes
- Reductores de agua
- Agentes de retención de agua
- Agentes inclusores de aire
- Aditivos que modifican el fraguado y el endurecimiento.
- Acelerantes
- Retardadores

- Aditivos que modifican la resistencia a las acciones físicas y químicas.
- Anticongelantes y antiheladizos.
- Hidrófugos en masa.
- Expansivos.
- Cementos expansivos.
- Polvos metálicos oxidables.
- Agentes generadores de gases.
- Aditivos de cohesión.
- Aditivos varios.

3.7.4.1 ADITIVOS QUE MODIFICAN LA REOLOGIA Y EL CONTENIDO DE AIRE

Plastificantes reductores de agua o fluidificantes.

Se tratan de productos orgánicos de molécula muy compleja con una extremidad hidrófuga y otra hidrófila. Actúan como lubricantes de la pasta, produciendo en los granos un efecto como de cepillo, que facilita el deslizamiento y evita la formación de grumos al individualizar a los granos de cemento. El efecto general es una disminución de la tensión superficial del agua y por consiguiente, de la relación A/C para una misma plasticidad.

Los productos que se suelen utilizar como base son jabones de resina o de abietato sódico o potásico, lignosulfato, etc. Suelen coincidir con los inclusores de aire con alguna excepción.

Estos aditivos se suelen usar en hormigonados que requieren fluidez inicial y buena resistencia final. Las dosificaciones han de ser muy cuidadosas porque pueden actuar como retardadores de fraguado.

Plastificantes, agentes de retención de agua.

Son productos químicos inertes, finos que vienen a completar la granulometría de los cementos y mejorar la impermeabilidad del hormigón (cooperan a una mayor compacidad). Requiere mayor cantidad de agua en el amasado y la cohesión es más enérgica y mayor la homogeneidad.

Como base se suelen utilizar polvos finos como son los Fieselgurh, bentonita, puzolanas molidas y pulverizadas, calizas molidas y pulverizadas...

Su utilización se suele dar en el hormigonado de grandes masas porque disminuyen la proporción de cemento manteniendo la de finos y así se rebaja el desprendimiento de calor.

También se utiliza para inyecciones de postesado, pues mejora la capacidad de inyección de las pastas puras o micromorteros. Y en aquellas aplicaciones en las que se debe evitar la pérdida de agua o la falta de homogeneidad.

Hay que tener en cuenta que una dosificación excesiva podría hacer que disminuyesen las resistencias mecánicas.

Agentes inclusores de aire

Son aditivos que producen burbujas esféricas de aire de diámetro comprendido entre 10 y 1000 micras, separadas entre sí, entre 100 y 200 micras y una granulometría similar a la del cemento. No es un producto espumante ya que la resistencia de su membrana es elevada y la burbuja es elásticamente deformable.

Reemplaza a parte del agua, actúa a modo de rótula elevando la plasticidad y por lo tanto, la trabajabilidad.

Reemplaza a parte de los finos, por su granulometría, pero con ventajas, porque tiene mejor coeficiente de forma, es elástica y se desliza sin rozamiento.

En el hormigón endurecido, corta la red de fisuras y mejora la impermeabilidad, actúa así mismo, de cámara de expansión para agua y hielo y permite un mejor reparto de los esfuerzos.

La cantidad de aire depende del tipo de aditivo y del cemento; cuando menos álcalis tenga el cemento, hace falta más aditivo para una misma cantidad de aire, y cuando más fino sea el cemento pasa lo mismo. Si se produce una vibración intensa se pierde mucho aire, empezando por las burbujas mayores.

Los inclusores de aire actúan en dosis muy débiles.

Los productos base que se utilizan sin lignosulfito o lignosulfonato, abietato sódico (resina Vinsol), jabones sódicos de ácido polihidroxicarboxílicos, jabones alcalinos de ácidos grasos naturales...

Como consecuencia de usar estos aditivos se obtiene una masa con mejor plasticidad y homogeneidad, con una pérdida de resistencia relativamente débil. El hormigón adquiere gran resistencia a las heladas, y a las aguas selenitosas, al disminuir la absorción capilar. Es recomendable para hormigones ligeros porque mejora su granulometría y trabajabilidad. Con el empleo de inclusores de aire hay que revisar la granulometría.

Este aditivo se usa para la confección del hormigón normal armado y si armar, para la confección de hormigón ligero, para hormigones de proyección, para hormigones que van a quedar vistos, en hormigones de carreteras autopistas y aeropuertos y en hormigones expuesto a ambientes agresivos.

3.7.4.2 ADITIVOS QUE MODIFICAN EL FRAGUADO Y EL ENDURECIMIENTO

Acelerantes

Los productos que usan de base este tipo de productos son los cloruros, las bases alcalinas (sosa, potasa) y sales alcalinas que se emplean en dosis del 2 al 5% del peso de cemento.

Los acelerantes más conocidos son los alcalinos que disminuyen las resistencias mecánicas en proporción a la dosis, y aumentan los efectos de la retracción hidráulica a largo plazo. Su utilización con cementos aluminosos han dado excelentes resultados.

Un efecto fundamental del empleo de acelerantes es el aumento de calor producido en la reacción, más rápida, de hidratación de los cementos.

Se utilizan para hormigonados en tiempo frío, para un desencofrado rápido (muy útil en prefabricados), para trabajos rápidos, para sellado y para hormigones y morteros proyectados.

Retardadores

Los productos base que se utilizan son los lignosulfatos (de calcio, sodio, amonio), las sales de ácidos hidroxicarboxílicos, hidratos de carbono (glucosas, sacarosas, almidón, celulosa), y ácidos fosfórico, húmico, fluorhídrico, glicerina, fosfatos, fluoruros, óxido de zinc y plomo.

Los efectos que produce son una disminución del calor desprendido. Presentan al principio un ligero efecto de acelerador respecto a algunos constituyentes del cemento.

Las resistencias a compresión se mantienen o aumentan ligeramente mientras que las de flexotracción disminuyen ligeramente.

Todas poseen acción fluidificante y es posible una vibración retardada.

Con este tipo de aditivos hay que tener mucha precaución en la dosificación y que nunca supere el 6% en volumen del hormigón para que no decrezcan las resistencias.

La utilización de estos aditivos se da en épocas de calor, cuando son grades masas en las que hay que interrumpir el hormigonado, para que al continuar quede garantizada la junta, para hormigón transportado a largas distancias y para retrasar el fraguado superficialmente.

3.7.4.3 ADITIVOS QUE MODIFICAN LA RESISTENCIA A LAS ACCIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

Anticongelantes y antiheladizos

Los anticongelantes coinciden con los acelerantes y los antiheladizos coinciden con los agentes inclusores de aire. Ambos tratados anteriormente.

Hidrófugos en masa

Actúan de forma que colmatan los poros del hormigón, o bien porque se trate de partículas muy finas, de elevada superficie específica, o porque sean productos precipitables. Son útiles siempre que sea un buen hormigón.

Los productos que se usan son materias finas; tierra de infusorios, bentonita, cal grasa, puzolana, o caliza molida... y sales de ácidos grasos: estearatos, oleatos, palmitatos.

Se utilizan de 0,5 a 5% del peso del cemento en hormigones para obras hidráulicas y morteros de estanqueidad.

Normalmente estos productos se combinan con otros aditivos para conseguir un reparto más homogéneo en el hormigón.

3.7.4.4 ADITIVOS EXPANSIVOS

No son de gran interés para el tema que tratamos ya que no se suelen usar en el uso estructural, si no como aislante térmico en donde presenta buenas características.

3.7.4.5 ADITIVOS VARIOS

Dentro de estos se encuentran los colorantes, inhibidores de corrosión y aditivos de superficie como son los productos de desmolde, los retardadores de superficie y los productos

de tratamiento del hormigón endurecido. Estos productos no se detallan porque no modifican ninguna de las características de la masa que están siendo tratadas en este texto.

3.7.5 INSTRUCCIÓN EHE 08

Los aditivos según vienen definidos en la EHE 08 se entiende como aquellas sustancias o productos que, incorporados al hormigón antes del amasado (o durante el mismo o en el transcurso de un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada, en estado fresco o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o pretensados o de su comportamiento.

La normativa regula el uso de los aditivos y da unos porcentajes máximos de uso permitido según el tipo de hormigón del que se trate.

En los hormigones armados o pretensados no podrán utilizarse como aditivos el cloruro cálcico, ni en general, productos en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros componentes químicos que pueden ocasionar o favorecer la corrosión de las armaduras. Sin embargo esto no afecta al hormigón reciclado ya que según la misma norma, el árido reciclado no está permitido dentro de la fabricación de hormigón pretensado.

En los elementos pretensados mediante armaduras ancladas exclusivamente por adherencia, no podrán utilizarse aditivos que tengan carácter de aireantes.

Sin embargo, en la prefabricación de elementos como armaduras pretensas elaborados con máquinas de fabricación continua si se podrán usar aditivos plastificantes que tengan un efecto secundario de inclusión de aire, siempre que se compruebe que no perjudica sensiblemente la adherencia entre el hormigón y la armadura, afectando al anclaje de esta. En cualquier caso, la cantidad total de aire ocluido no excederá el 6% en volumen, medido según la UNE EN 12350-7.

En esta Instrucción se trata principalmente los aditivos que se recogen a continuación, siendo alguno de ellos de especial interés para nosotros.

TIPO DE ADITIVO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Reductores de agua/Plastificantes	Disminuir el contenido de agua de un hormigón para una misma trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Reductores de agua de alta actividad/ Superplastificantes	Disminuir significativamente el contenido de agua de un hormigón sin modificar la trabajabilidad o aumentar significativamente la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Modificadores de fraguado/ Aceleradores, retardadores	Modificar el tiempo de fraguado de un hormigón.
Inclusores de aire	Producir en el hormigón un volumen controlado de finas burbujas de aire, uniformemente repartidas, para mejorar su comportamiento frente a las heladas.
Multifuncionales	Modificar más de una de las funciones principales definidas con anterioridad.

Tabla 3.53 Tipos y función de los aditivos

Los aditivos descritos en la anterior tabla deberán de cumplir la norma UNE EN 934-2.

La Instrucción regula como deben estar marcados los productos, en los documentos de origen figurará la designación del aditivo de acuerdo con lo indicado en la UNE EN 934-2 así como el certificado del fabricante que garantiza que el producto satisface los requisitos de la norma, el intervalo de eficacia (proporción a emplear) y su función principal.

El suministrador podrá emplear cualquiera de los aditivos citados anteriormente, salvo indicación previa en contra de la Dirección Facultativa. Sin embargo la utilización de otros aditivos distintos a los contemplados en este artículo, requiere la aprobación previa de la Dirección Facultativa.

La utilización de aditivos en el hormigón, una vez en la obra y antes de su colocación en la misma, requiere de la autorización de la Dirección Facultativa y el conocimiento del Suministrador de hormigón.

En el Anejo 15 de la Instrucción referido el uso de hormigones reciclados, especifica que en hormigones reciclados con sustitución mayor al 20%, la utilización de aditivos que modifiquen la reología es recomendable para la mejora de la trabajabilidad compensando la mayor absorción de agua del árido reciclado si éste se utiliza en estado seco. En este apartado debemos recordar que si la sustitución del árido reciclado es mayor del 20% no será para uso de hormigón estructural.

3.7.6 ADICIONES

Los aditivos recomendados para mejorar la calidad del hormigón son principalmente los aditivos reductores de agua, los plastificantes y los superplastificantes.

Las adiciones también vienen definidos en la Instrucción EHE 08 en el artículo 30º, como materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finamente dividido, pueden ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle características especiales. Sólo recoge la utilización de las cenizas volantes y el humo de sílice como adiciones al hormigón en el momento de su fabricación.

Las adiciones que se consideran en esta Instrucción son las cenizas volantes y el humo de sílice.

Las adiciones pueden utilizarse como componentes del hormigón siempre que se justifique su idoneidad para su uso, produciendo el efecto deseado sin modificar negativamente las características del hormigón, ni presentar peligro para la durabilidad del hormigón, ni para la corrosión de las armaduras.

Para utilizar estas adiciones deberá emplearse un cemento tipo CEM I. Además, en el caso de la adición de cenizas volantes, el hormigón deberá presentar un nivel de garantía conforme a lo indicado en el artículo 81º de la Instrucción EHE 08, por ejemplo mediante un distintivo de calidad reconocido.

En el tema que tratamos para elementos no pretensados en estructuras de edificación, la cantidad máxima de cenizas volantes adicionadas no excederá del 35% del peso del cemento, mientras que la cantidad máxima de humo de sílice adicionado no excederá del 10% del peso de cemento. La cantidad mínima de cemento se especifica en el artículo 37.3.2.

PRECRIPCIONES Y ENSAYOS DE LAS CENIZAS VOLANTES

Las cenizas volantes no podrán contener elementos perjudiciales en cantidades tales que puedan afectar a la durabilidad del hormigón o causar fenómenos de corrosión de las armaduras. Además deberán cumplir las siguientes especificaciones de acuerdo con la UNE EN 450-1:

- Anhídrido sulfúrico (SO ₃), según la UNE EN 196-2	3%
- Cloruros (Cl ⁻), según UNE EN 196-2	0,10%
- Óxido de calcio libre, según la UNE EN 451-1	1%
- Pérdida al fuego, según la UNE EN 196-2	5%

- Finura, según la UNE EN 451-2
- Cantidad retenida por el tamiz 45µm 40%
- Índice de actividad, según la UNE EN 196-1 a los 28 días 75%
- a los 90 días 85%
- Expansión por el método de las agujas, según la UNE EN 196-3 <10 mm

La especificación relativa a la expansión sólo deberá tenerse en cuenta si el contenido en óxido de calcio libre supera el 1% sin sobrepasar el 2,5%.

Los resultados de los análisis y de los ensayos previos estarán a disposición de la Dirección Facultativa.

PRECRIPCIONES Y ENSAYOS DEL HUMO DE SILICE

El humo de sílice no podrá contener elementos perjudiciales en cantidades tales que pueden afectar a la durabilidad del hormigón o causar fenómenos de corrosión de las armaduras. Deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- Óxido de silicio (SiO₂), según la UNE EN 196-2 85%
- Cloruros (Cl-) según la UNE 80213 <0,10%
- Pérdida al fuego, según la UNE EN 196-2 <5%
- Índice de actividad, según la UNE EN 13263-1 >100%

Los resultados de los análisis y de los ensayos previos estarán a disposición de la Dirección de Obra.

3.7.7 USO DE ADICIONES

El uso de adiciones se plantea como el método para mejorar el hormigón reciclado de uso estructural en las posibles desventajas que puede tener sobre el hormigón fabricado con árido natural.

El principal problema de este hormigón es la porosidad derivada de que en el machaqueo de los materiales reciclados siempre quedan impurezas. El uso de estas adiciones ya es habitual en la fabricación de cualquier tipo de hormigón y conociendo sus ventajas y su uso adecuado, es una herramienta de mejora de fácil aplicación.

Las empresas especializadas ponen a disposición de los clientes gran variedad de productos y sus fichas técnicas para poder elegir el producto que mejor se adecue para dar a nuestro hormigón las características requeridas.

En el caso del hormigón que tratamos los aditivos a usar son los aditivos reductores de agua y los plastificantes y superplastificantes. El uso de estos aditivos conlleva un aumento de su impermeabilidad lo que reduce su absorción de agua y los daños que esta pueda causar a la masa del hormigón.

3.7.8 USO DE ADICIONES EN LOS ÁRIDOS RECICLADOS

A tenor de los estudios realizados tanto en hormigón estructural como en hormigón no estructural realizado con áridos reciclados se puede observar que la proporción de aditivos es la misma para los distintos tipos de hormigones. Los dos tipos de hormigones usan los mismos aditivos y no es necesario el uso de aditivos especiales.

3.8 ENSAYOS REALIZADOS

3.8.1 INTRODUCCIÓN

Con estos ensayos se pretende analizar el comportamiento de los diferentes tipos de hormigón con áridos reciclados respecto a sus propiedades mecánicas, para valorar su posible uso en la Comunidad Autónoma de La Rioja.

En el desarrollo de los estudios se han estudiado las propiedades del hormigón con cinco porcentajes de sustitución de árido grueso por árido reciclado, 0%, 15%, 20%, 30%, 50%. Se ha evaluado la trabajabilidad de estas mezclas en estado fresco y en estado endurecido se ha valorado la resistencia a tracción y la resistencia a compresión.

Para el estudio se van a utilizar los materiales básicos que constituyen el hormigón y áridos reciclados procedentes de residuos de la construcción y la demolición.

Los áridos convencionales, gravas y arenas, procedentes de machaqueo que se han utilizado para la fabricación del hormigón, han sido suministrados por empresas riojanas cuyas plantas de extracción están situadas en La Rioja. El origen de estos es calizo y son los empleados de forma habitual por dicha empresa.

Las fracciones de árido empleadas han sido, grava (12/20), gravilla (12/6) y arena (6/0).

Los áridos reciclados que se han utilizado proceden de diferentes plantas y el porcentaje de sustitución se ha realizado en la fracción gruesa (12/20). Las plantas de las que proceden son:

- Áridos procedentes de restos de cubas de hormigón.
- Áridos procedentes de una planta de reciclaje.
- Áridos procedentes de la planta de hormigones

El cemento empleado ha sido el 32,5 R, ya que es el cemento habitual utilizado para la fabricación del hormigón convencional por las plantas colaboradoras de este ensayo.

3.8.2. Estudio de los áridos

3.8.2.1 PROCEDENCIA DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS:

Los áridos son procedentes de tres plantas de reciclaje diferentes y se les ha sometido a un estudio para comprobar que cumplen los requisitos que se les exige a los áridos reciclados de acuerdo a la normativa existente, la Instrucción EHE 08, el anejo 15 referente a los áridos reciclados.

Los áridos son procedentes de restos de cubas de hormigón, de la planta de reciclaje y de áridos procedentes de la planta de hormigones.



Imagen 3.20 Imagen de los áridos reciclados usados para los ensayos

3.8.2.2 COMPONENTES DEL HORMIGÓN RECICLADO.

Los tipos de cemento utilizados para la realización del hormigón reciclado son los mismos que se utilizan para el hormigón convencional para las mismas aplicaciones.

Lo mismo ocurre con el agua de hidratación que tiene que cumplir los mismos requisitos y las mismas cualidades que para la realización del hormigón convencional.

Según la Instrucción EHE 08 en el Anejo 15 Capítulo VI Materiales, el artículo 28º nos especifica las características que tienen que cumplir los áridos reciclados. Así aquí quedan descritos los requisitos que deben cumplir los áridos gruesos reciclados, así como aquellas especificaciones que se deben exigir a los áridos naturales para que la mezcla de ambos cumpla las obligaciones de la Instrucción.

En general se emplearán los mismos métodos de ensayo citados anteriormente para los áridos normales, aunque en algunos casos pueden ser necesarias algunas modificaciones, tal como se va a ver a continuación.

En la fabricación de hormigones reciclados se podrán emplear áridos naturales rodados o procedentes de rocas machacadas.

Se considera que los áridos obtenidos a partir de hormigones estructurales sanos, o bien de hormigones de resistencia elevada, son adecuados para la fabricación de hormigón reciclado estructural, aunque deberá comprobarse que cumplen las especificaciones exigidas en los siguientes apartados.

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

- Naturaleza del material (hormigón en masa, armado, mezcla de hormigón, etc)
- Planta productora del árido y empresa transportista del escombros
- Presencia de impurezas (cerámico, madera, asfalto)
- Detalles sobre su procedencia (origen o el tipo de estructura de la que procede)
- Cualquier otra información que resulte de interés (causa de la demolición, contaminación de cloruros, hormigón afectado por reacciones álcali-árido, etc)

Se deberán establecer acopios separados e identificados para los áridos reciclados o para los áridos naturales.

Es aconsejable que los áridos reciclados procedentes de hormigones de muy distintas cualidades se almacenen separadamente, debido a que la calidad del hormigón de origen influye en la calidad del árido reciclado, obteniéndose áridos con mejores propiedades a partir de hormigones de buena calidad. Una posible distinción puede ser almacenar en acopios separados los escombros procedentes de hormigón estructural o de elevada resistencia y los

procedentes de hormigones no estructurales, permitiendo así una mayor uniformidad en las propiedades de los áridos producidos.



Imagen 3.21 Separación del material recibido para tratamiento en planta de reciclaje.

3.8.2.2.1 DESIGNACIÓN DE LOS ÁRIDOS

Los áridos reciclados se designarán con el formato que se recoge en el Artículo 28º de la Instrucción, y en el apartado “Naturaleza” se denominarán “R”.

3.8.2.2.2 TAMAÑOS MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS ÁRIDOS

El tamaño mínimo permitido de árido reciclado es de 4mm.

3.8.2.3 ENSAYOS A REALIZAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES.

3.8.2.3.1 GRANULOMETRÍA DE LOS ÁRIDOS

Las plantas productoras de árido reciclado consiguen en general una fracción gruesa con un coeficiente de forma, índice de lajas, y una granulometría adecuadas dentro de los husos recomendables para su empleo en hormigón estructural.

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

El contenido de desclasificados inferiores del árido reciclado suele ser superior al de los áridos naturales, debido a que éstos pueden generarse después del tamizado, durante el almacenamiento y transporte, por su mayor friabilidad. Además, la fracción fina reciclada se caracteriza por presentar un elevado contenido de mortero, lo cual origina unas peores propiedades que afectan negativamente a la calidad del hormigón. Esta es la principal causa de restringir su uso en la aplicación de hormigón estructural.

3.8.2.3.2 REQUISITOS FÍSICO MECÁNICOS

En hormigón reciclado con un contenido no superior al 20% de árido reciclado, el contenido de terrones de arcilla de éste no será superior al 0,6%, y el del árido grueso natural superior al 0,15%.

Si el hormigón reciclado incorpora cantidades de árido reciclado superiores al 20%, habrá que extremar las precauciones durante su producción para eliminar al máximo las impurezas de tierras que lleve la materia prima, y así facilitar que el árido combinado cumpla la especificación de la Instrucción. En el caso extremo de utilizar un 100% de árido grueso reciclado, éste debe cumplir la especificación máxima del 0,25% de terrones de arcilla.

3.8.2.3.3 CONDICIONES FÍSICO-MECÁNICAS

En el hormigón reciclado con un contenido de árido reciclado no superior al 20%, éste deberá tener una absorción no superior al 7%. Adicionalmente, el árido grueso natural deberá tener una absorción no superior al 4,5%.

Para la resistencia al desgaste de la grava se mantiene el mismo requisito que para los áridos naturales (coeficiente de Los Ángeles no superior al 40%)

En hormigones reciclados con más del 20% de árido reciclado, la combinación de árido grueso natural y reciclado debería cumplir la especificación que establece la Instrucción, presentando un coeficiente de absorción no superior al 5%.

Como control rápido en la planta de producción, que permita estimar la absorción del árido reciclado, se puede realizar un ensayo de absorción a los 10 minutos, que debería ser inferior a 5,5%, para aplicaciones de árido reciclado no superiores al 20%.

En el caso de hormigones sometidos a ambientes de helada, para determinar la pérdida de peso máxima experimentada por los áridos reciclados al ser sometidos a ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato magnésico, se deberá realizar una preparación previa de la muestra, que consistirá en un lavado y tamizado energético por el tamiz de abertura 10mm,

para eliminar todas las partículas friables, previamente al procedimiento de ensayo descrito en la norma UNE-EN 1367 Parte 2. El límite al resultado del ensayo que establece la Instrucción para los áridos naturales será también de aplicación para los áridos gruesos reciclados.

3.8.2.3.4 REQUISITOS QUÍMICOS

Se mantienen las especificaciones del Articulado relativas al contenido en cloruros, contenido en sulfatos.

Los áridos reciclados pueden incorporar impurezas y contaminantes que influyen negativamente en las propiedades del hormigón. Estos contaminantes pueden ser muy variados, como plástico, madera, yeso, ladrillo, vidrio, materia orgánica, aluminio, asfalto, ect. Estas impurezas producen en todos los casos un descenso de resistencia en el hormigón. Además, y dependiendo del tipo de impureza, se pueden presentar otros problemas como reacciones álcali-árido (vidrio), ataque por sulfatos (yeso), desconchados superficiales (madera o papel), elevada retracción (tierras arcillosas) o mal comportamiento hielo-deshielo (algunos cerámicos).

Se deberá controlar en el árido reciclado el contenido de impurezas, estableciendo los valores máximos recogidos en la siguiente tabla.

Elementos	Max. contenido de impurezas % del peso total de la muestra
Material cerámico	5,0
Partículas ligeras	1,0
Asfalto	1,0
Otros materiales (vidrio, plásticos, metales, etc)	1,0

Tabla 3.54 Impurezas máximas en el árido reciclado.

3.8.2.3.5 CLORUROS

Los áridos reciclados pueden presentar un contenido apreciable de cloruros, en función de la procedencia del hormigón usado como materia prima, especialmente en hormigones procedentes de obras marítimas, puentes o pavimentos expuestos a las sales para el deshielo. Asimismo, los hormigones en los que se hayan utilizado aditivos acelerantes pueden también contener una elevada cantidad de cloruros.

Se recomienda determinar el contenido de cloruros totales en vez del contenido de cloruros solubles en agua, aplicando al mismo límite que establece la Instrucción para este último. Esto es debido a la posibilidad de que haya ciertos cloruros combinados que en ciertas

circunstancias puedan ser reactivos y atacar las armaduras. Para la determinación de los cloruros totales en el árido reciclado puede utilizarse la UNE-EN 196-2.

3.8.2.3.6 MATERIA ORGÁNICA. COMPUESTOS QUE ALTERAN LA VELOCIDAD DE FRAGUADO Y EL ENDURECIMIENTO DEL HORMIGÓN.

El método de ensayo de UNE-EN 1744-1, para la determinación del contenido de partículas ligeras, presenta diversos problemas cuando se utiliza en áridos reciclados, al enturbiarse la solución con partículas de tierra y variar su densidad, debiéndose proceder a un lavado previo de la muestra y posterior desecado antes de la realización del ensayo.

3.8.2.3.7 REACTIVIDAD ÁLCALI-ÁRIDO

Los áridos reciclados no presentarán reactividad potencial con los alcalinos del hormigón. Para el caso de los áridos reciclados procedentes de un único origen controlado, entendiéndose como tales hormigones de composición y características conocidas, de deberán realizar las comprobaciones indicadas en el articulado de la Instrucción. En el caso de áridos reciclados procedentes de distintos hormigones de origen, estos deben considerarse potencialmente reactivos.

	Árido reciclado	Restos de cubas de hormigón	Áridos reciclados	Árido natural	EHE
Finos	1,7% (después de lavarlo y tamizarlo por 2mm, 0,1%)	Exento	0,10 %	0,40%	< 1,5%
Absorción	5%	4,7%	3,3%	0,90%	AR<20%absorción<7% (A.G natural <4,5%) AR>20%absorción<5% (AG natural + AG reciclado)
Terrones de arcilla	0,23 %	0,08%	0,11%	0,11%	AR< 20% t. arcilla<6% (AG natural<0,15%) Especif. Máxima 0,25%
Resistencia al desgaste	31%	35%	24%	24%	<40%
*Contenido de impurezas (partículas ligeras)	0,03%	Exento	0,14%	Exento	<1%
Contenidos cloruros totales	0,017%	0,015%	0,039%	0,006	H.A (Árido grueso) <0,05%
Reactividad álcali-árido	Árido no reactivo	Árido no reactivo		Árido no reactivo	Los áridos reciclados no presentaran reactividad con los alcalinos del

					hormigón.
Pérdida de peso% sulfato magnésico	9,40%	8,20%	1,00%	0,30%	<18% (A.G)
Compuestos totales de azufre	0,21	0,49	0,20	<0,10%	< 1%
Sulfatos solubles en ácido	0,40%	0,28%	0,25%	0,02%	<0,80%

*La determinación del contenido de partículas ligeras, presenta diversos problemas cuando se utilizan áridos reciclados, al enturbiarse la solución con partículas de tierra y variar su densidad, debiéndose proceder a un lavado previo de la muestra y posterior desecado antes de la realización del ensayo.
H Rioja. Tiene árido procedente de demoliciones (ha realizado 2 cribas) y ha obtenido arena 0/6, gravilla 6/12 y grava 12/20.

Tabla 5.2 Resumen de las características de los áridos reciclados estudiados.

Como se puede comprobar en la tabla anterior, las pruebas realizadas a los áridos reciclados que se va a usar para los ensayos cumplen los requisitos exigidos por la Instrucción de EHE para el hormigón. Algunos de ellos tienen que ser sometidos a algún paso más previo a su uso como árido para el hormigón, siendo el árido reciclado obtenido de restos de cubas de hormigón uno de los que mejor encajan en para este uso recibiendo menos tratamiento, probablemente por el origen de los residuos que no han sido mezclados con otro tipo de materiales que no sea hormigón.



Imagen 3.22 Árido reciclado usado para los ensayos

3.8.3 PROGRAMA DE ENSAYOS

La dosificación del hormigón reciclado se realiza con los métodos empleados en hormigones convencionales aunque se realicen pequeñas correcciones, como un aumento de

las cantidades de agua y cemento para conseguir la misma consistencia y resistencia o el empleo de un aditivo superplastificante.

Saturando los áridos antes del amasado se evita el aumento de la consistencia derivado de la mayor absorción que presenta el árido reciclado

Las primeras amasadas se realizan sin incorporación alguna de árido reciclado (PATRONES).

Como ya se ha comentado, los áridos convencionales para la dosificación del hormigón proceden de la cantera situada en La Rioja.

Arena 0/6

Gravilla 6/12

Grava 12/20

A continuación se realizan las distintas amasadas con incorporación del árido reciclado (grava 12/20), en la proporción 15%, 20%, 30% y 50%.

El volumen de hormigón necesario en cada amasada es de 60l. De esta forma se dispone en cada amasada de hormigón suficiente para realizar 2 medidas de consistencia mediante el cono de Abrams, una medida de aire ocluido y fabricar 7 probetas cilíndricas para realizar los siguientes ensayos:

AMASADA		
PROBETA	ENSAYO	En cada amasada 2 consistencias 1 Aire ocluido
1	Rc a 7 días	
2,3,4	Densidad, absorción y Rc a 28 días	
5,6,7	Densidad, tracción indirecta, penetración de agua	

Tabla 3.56 Ensayos realizados

3.8.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

Se pesarán por separado, con ayuda de capazos, las distintas fracciones de árido utilizadas: en este caso, Grava natural (12/20), gravilla (12/6), arena (0/6) y grava reciclada (12/20). Se empleará una balanza calibrada, con una resolución en la medida de 1 g y una

tolerancia +- 3g. A continuación se pesa el cemento y el agua. El recipiente de agua utilizado se tara una vez humedecido.

Para el amasado se emplea una amasadora portátil tipo, con una capacidad de 60l. Antes de introducir los materiales en la amasadora se humedece con agua el interior del tambor. El orden de vertido de las materias primas al interior de la hormigonera será el siguiente:

- 1º Aporte de la grava natural y giro de la amasadora durante tres segundos para facilitar su extendido.
- 2º Añadido de la gravilla y giro de la amasadora durante tres segundos para facilitar su mezclado
- 3º Vertido de la arena y giro de la amasadora durante tres segundos para lograr su mezclado con el resto del material
- 4º Aporte del cemento, extendido manual, arranque de la amasadora y giro durante dos segundos.
- 5º Por último se añade la mitad de agua y comienza el amasado.
- 6º Con la hormigonera en marcha se añade el resto de agua, durante un periodo de tiempo no superior a 30 segundos. Esta primera fase del amasado finaliza a los 3 minutos y medio del comienzo del amasado.
- 7º Se deja reposar la mezcla durante tres minutos con la tapa de la mezcladora bajada. Al finalizar dicho periodo se añaden los aditivos, plastificantes y superplastificantes.
- 8º Después de 2 minutos de amasado finaliza el proceso. Se miden la temperatura y humedad ambientales así como la temperatura de la masa del hormigón.

3.8.5 ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN

3.8.5.1 DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LOS HORMIGONES ENDURECIDOS

Para determinar la densidad del hormigón se seguirá el procedimiento descrito en la norma UNE-EN 12390-7 "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 7: Densidad del Hormigón endurecido"

3.8.5.2 DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN

Determinando la diferencia de peso existente en una probeta cilíndrica de 15x30 cm secada en estufa hasta masa constante (M_s) y después de permanecer sumergida 24 horas en agua (M_w) y secarse superficialmente. El valor de la absorción:

$$A = \frac{100 (M_w - M_S)}{M_S}$$

3.8.5.3 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN

La resistencia a compresión del hormigón se determina según el procedimiento establecido en la Norma UNE-EN 12390-3 “Ensayos de hormigón endurecido Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas”

El tiempo máximo que transcurre, una vez que las probetas abandonen la cámara húmeda, hasta la realización del ensayo no será superior a 3 horas.

3.8.5.4 DETERMINACIÓN DE LA PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN

Para determinar la penetración de agua bajo presión, se lleva a cabo el procedimiento establecido en la Norma UNE-EN 12390-8 “Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión”.

El agua es aplicada bajo presión a la superficie de hormigón endurecido. A continuación se divide la probeta por rotura en dos mitades y se mide la profundidad de penetración del frente de agua.

La rotura en dos mitades de las probetas ensayadas para medir la penetración del agua se realiza mediante el ensayo de tracción indirecta también denominado ensayo brasileño.

3.8.6.5 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN.

La resistencia a tracción del hormigón se determina a partir del ensayo de tracción indirecta, también denominado ensayo brasileño, según la norma UNE-EN 12390-6 “Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6: Resistencia a tracción indirecta de las probetas. La probeta cilíndrica de 15x30 cm se coloca ente los platos de la prensa con su eje en posición horizontal. A continuación se somete a compresión según un plano diametral. La resistencia a tracción indirecta viene dada por la expresión:

$$F_{\text{ort}} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot d \cdot l}$$

P es la carga de diámetro

d es el diámetro de la probeta en mm.

l es la longitud de la probeta en mm.

Capítulo IV

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

A continuación se detallan los resultados de los estudios obtenidos, tanto de los áridos reciclados como del hormigón realizado con el árido reciclado y la comparativa respecto al árido patrón. Estos estudios se han realizado para comprobar que los materiales con los que se han realizado los ensayos cumplían las exigencias.

4.1.1 ÁRIDO RECICLADO USADO EN LOS ENSAYOS

Árido lavado reciclado 12/20

Determinación de la granulometría de las partículas. Método de Tamizado (UNE-EN 933-1:1998/A1:2006)

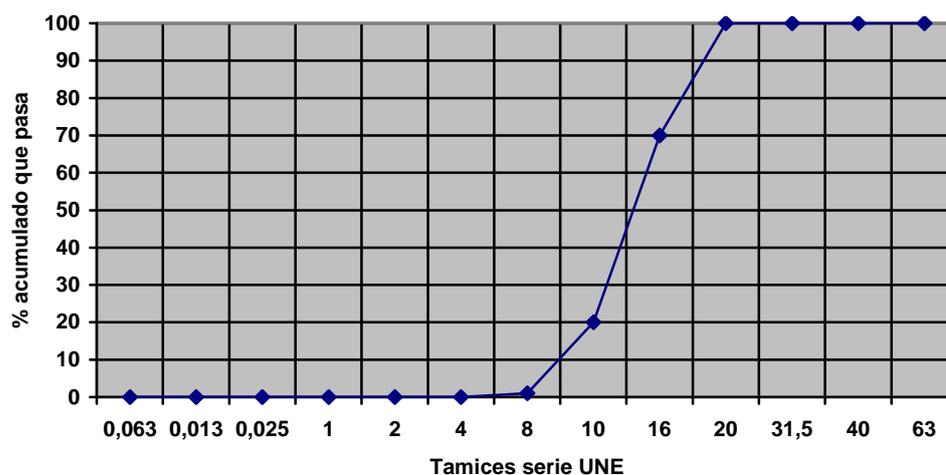


Gráfico 4.1 Granulometría del árido reciclado 12/20

Determinación de los sulfatos solubles en ácido.

Determinación	Contenido en sulfatos solubles en ácido (SO ₃)
Nº1	0.28
Nº2	0.27
Valor medio	0.27

Tabla 4.1 Determinación de los cloruros solubles en ácido

Determinación de los cloruros solubles en agua por el método de Volhard.

Determinación	Contenido en iones cloruro en masa (%CL ⁻)
Nº1	0.002
Nº2	0.002
Valor medio	0.002

Tabla 4.2 Determinación de los cloruros solubles en agua

Determinación de la granulometría de las partículas. Método de Tamizado (UNE-EN 933-1:1998/A1:2006)

Fracción del árido (tamices UNE 7050)	Pasa 10	Pasa 20	Pasa 40	Retiene 40
	Retiene 5	Retiene 10	Retiene 20	
Granulometría:% Parcial retenido	75.4	7.9	---	---
Masa de muestra seca (g)	965.0	101.0	---	---
Masa de material arcilloso (G)	2.0	0	---	---
Terrones de arcilla (%)	0.2	---	---	---
(%) Terrones de arcilla de la muestra original				
Referido a la granulometría original : 0.16%				

Tabla 4.3 Determinación de la granulometría de las partículas.

Determinación de la resistencia a la fragmentación por el método de ensayo de los ángeles

Fraciones granulométricas ensayadas		
Tamices serie UNE (mm)	Pasa	Retiene
	11.2	8
	---	---

Masa muestra original	5000.0 g
Masa final retenida por tamiz 1.6 mm	3604. 0 g
Masa desgastada	1396.0 g
Coefficiente de los ángeles (LA)	28%

Tabla 4.4 Determinación de la resistencia a la fragmentación.

Determinación de las partículas y de la absorción de agua

Método del picnómetro para las partículas de árido comprendidas entre 4mm y 31,5 mm	
Masa de la muestra ensayada	1011.8 g
Densidad aparente de las partículas	2.62 Mg/m ³
Densidad de partículas tras secado en estufa	2.41 Mg/m ³
Densidad de partículas saturadas con la superficie seca	2.49 Mg/m ³
Absorción de agua	3.4 %

Tabla 4.5 Determinación de las partículas y de la absorción de agua

Determinación de la estabilidad de áridos frente a disoluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico

Fración granulométrica ensayada					
Pasa	tamiz	UNE	Retiene	Tamiz	UNE
(mm)			(mm)		
	8		12.5		
				Submuestra 1	Submuestra 2
Masa inicial				252.7	258.5
Masa final retenida en tamiz (g)				225.5	227.6
Valor del sulfato de magnesio				10.8	11.9
Valor medio del sulfato de magnesio (MS)				11.4	

Tabla 4.6 Determinación de la estabilidad de áridos frente a disoluciones

Determinación de la reactividad potencial.

	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
Sílice (SiO₂) mmol/l	3,83	4,99	5,49	
Óxido de sodio (Na₂O) mmol/l	369,48	434,02	4425,95	
Relación molar (SiO₂/Na₂O)	0,01	0,01	0,01	
Clasificación	Zona A	Zona A	Zona A	

Tabla 4.7 Determinación de la reactividad potencial

Como se ha podido comprobar en los resultados de estos ensayos el material obtenido cumple los requisitos exigidos a los áridos reciclados para su uso en hormigones estructurales. De la misma manera cumple los requisitos para otros usos, rellenos, caminos,...

4.1.2 ENSAYOS DEL HORMIGÓN

Las tablas de los ensayos realizados se pueden ver en el anexo A de este trabajo. En él se ven los resultados obtenidos con las diferentes sustituciones, 15%, 20%, 30%, 50% y las realizadas con el hormigón patrón. Se observa que en las sustituciones cumple sin problemas la resistencia requerida.

4.2 ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS RESPECTO A LOS MUNICIPIOS RIOJANOS

4.2.1 Minas y áreas de influencia

Como parte de la investigación realizada, se buscaron todas aquellas minas con licencia válida como mínimo hasta el año 2013 como medio para calcular la viabilidad del uso del árido natural o del árido reciclado, tomando en estas últimas como referencia la localización dada por la empresa, para calcular así el tipo de árido con mayor disponibilidad dentro del territorio y poder obtener que tipo de árido es más accesible dentro de cada comunidad.

Para ello se han calculado las distancias desde estas minas a los municipios de la comunidad, la distancia máxima que se ha calculado es de 20 kilómetros, porque se considera que con una distancia mayor deja de ser viable el desplazamiento en relación con los gastos que esto supone y más teniendo en cuenta la gran cantidad de minas de extracción existentes en la comunidad y la mínima 5 kilómetros, porque aunque no es una distancia muy grande, dada la abundancia de minas y el tamaño de la comunidad es suficiente para poder obtener resultados.

En lo referente a las plantas de tratamiento de residuos de la construcción y la demolición, las distancias han sido las mismas, es decir, 5, 10 y 20 kilómetros como referencia, si bien es cierto que estas son menos abundantes y están concentradas en algunas zonas de la comunidad, quedando otras con poca disponibilidad.

En el plano (imagen 4.1) se puede ver la localización de las plantas y minas existentes, y en la tabla siguiente la lista con la referencia de cada una de las minas. En la imagen se observa como la mayor parte de las minas están situadas en la mitad superior de la comunidad, y eso es debido a que esta zona es el valle del Ebro, cuyas características tan adecuadas para la extracción de áridos explican el porqué se da esa situación. En el anexo B se encuentra la lista de los derechos mineros en La Rioja y en el anexo C las fichas existentes de minas y canteras de árido natural.

LISTADO DE MINAS EN LA RIOJA		
Nº	Nº REF	NOMBRE
1	AAA-0007600	Benito
2	AAA-0009400	La llana
3	AAA-0010100	Larrate
4	AAA-0013200	García
5	AAA-0014300	Murillo a.
6	AAA-0014900	Cabrerías
7	AAA-0017600	Mendiguerra
8	AAA-0019900	Nieva
9	AAA-0020100	Pascual
10	AAA-0021500	La unión
11	AAA-0022200	Vallejo viejo
12	AAA-0023200	Pajares I
13	AAA-0023300	Pajares II
14	AAA-0023400	Pajares III
15	AAA-0023800	Reinares ii
16	AAA-0023900	El espinal
17	AAA-0024400	Mapilo
18	AAA-0024600	Otin
19	AAA-0024800	Palancar
20	AAA-0025400	Cofin
21	AAA-0025600	Tocones
22	AAA-0026000	Esecabo
23	AAA-0026400	Díaz Nicolás
24	AAA-0026500	Hernández I
25	AAA-0026700	El rincón I
26	AAA-0026800	El rincón II
27	AAA-0027100	García III
28	AAA-0027800	Bustal de blanca

Nº	Nº REF	NOMBRE
29	AAA-0028600	Tambarria 2
30	AAA-0029700	El espinal I
31	AAA-0030100	La birgotilla
32	AAA-0030300	La dehesa
33	AAA-0030600	Jupesa
34	AAA-0030700	La guerra
35	AAA-0030900	La dehesa 2
36	AAA-0031600	Carracarros 3
37	AAA-0031800	Valdecernero
38	AAA-0032200	Carracarros
39	AAA-0032400	Valderete
40	AAA-0032600	Sanchisnal
41	AAA-0032700	Sanchisnal 2
42	AAA-0033600	Cascajal -2
43	AAA-0033800	La linde
44	AAA-0033900	La sesmilla
45	AAA-0034300	Carracarros 4
46	AAA-0034500	Marta 2
47	AAA-0034700	El cantarral
48	AAA-0034800	Somadilla
49	AAA-0035100	Valpierre
50	AAA-0035200	Cascajal 3
51	AAA-0035300	Los rasillos
52	AAA-0036100	La garena
53	AAA-0036200	Las bargas
54	AAA-0036700	Cenicero II
55	AAA-0036800	Valderrin
56	AAA-0036900	Igate II
57	AAA-0037000	Camino Tarazona
58	AAA-0037300	Monte abajo
59	AAA-0037400	Zarraton
60	AAA-0037700	Los prados
61	AAA-0038300	Cihuri
62	AAA-0038400	Lucia
63	AAA-0038500	Gromo
64	AAA-0038700	Cenicero III
65	AAA-0039300	Castañares
66	AAA-0039500	La mesilla
67	AAA-0039700	La barca
68	AAA-0039900	Piedrahincada
69	AAA-0040200	Navalcuerve

Tabla 4.8 Lista de las minas con licencia actualmente en la comunidad de La Rioja.

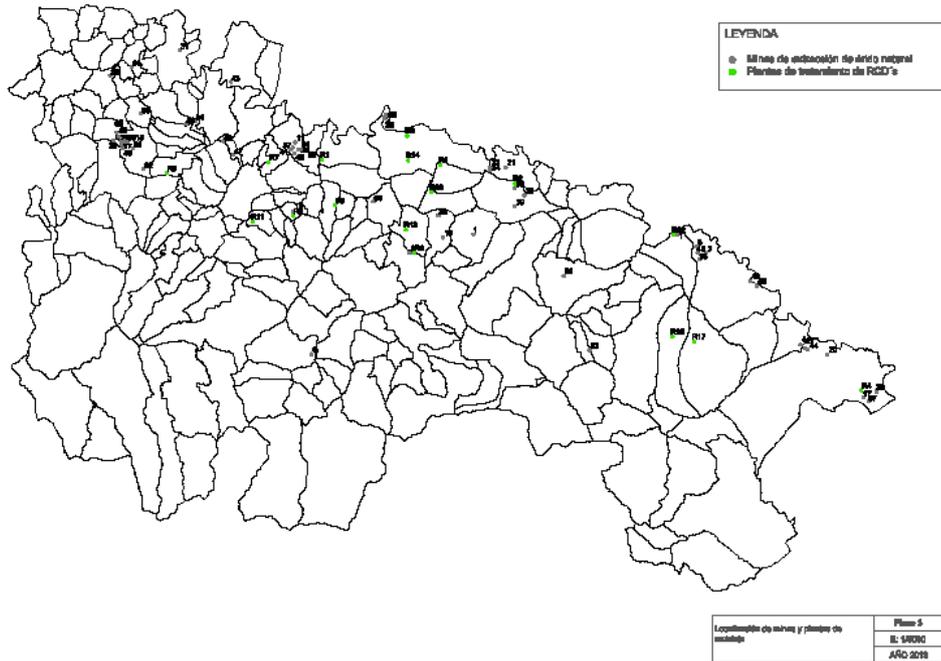


Imagen 4.1 Localización de minas y plantas de reciclaje.

Los resultados de la localización de los municipios respecto al árido natural han sido estos:

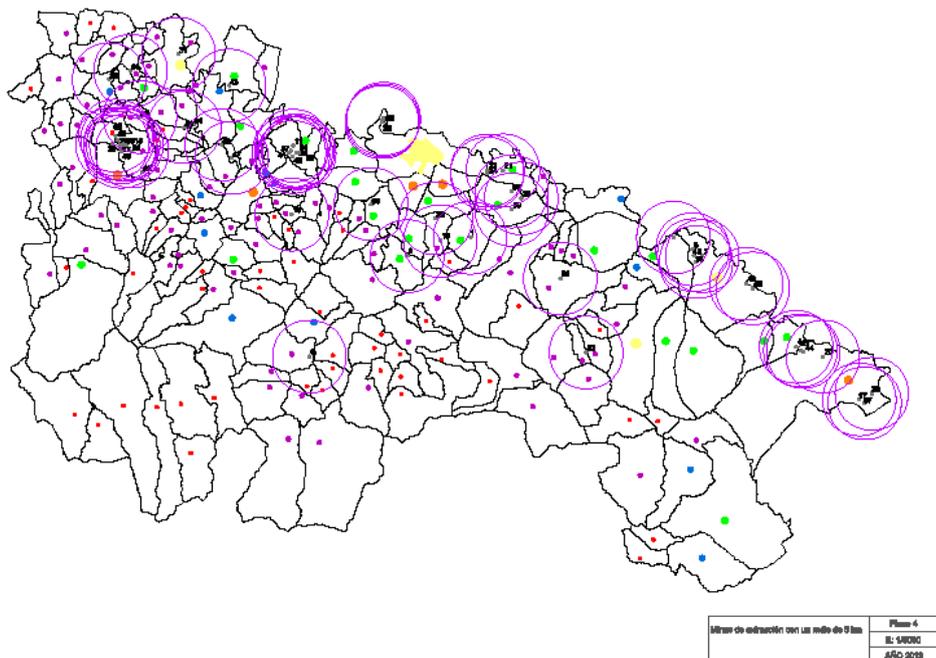


Imagen 4.2 Minas de extracción de árido natural en un radio de 5km.

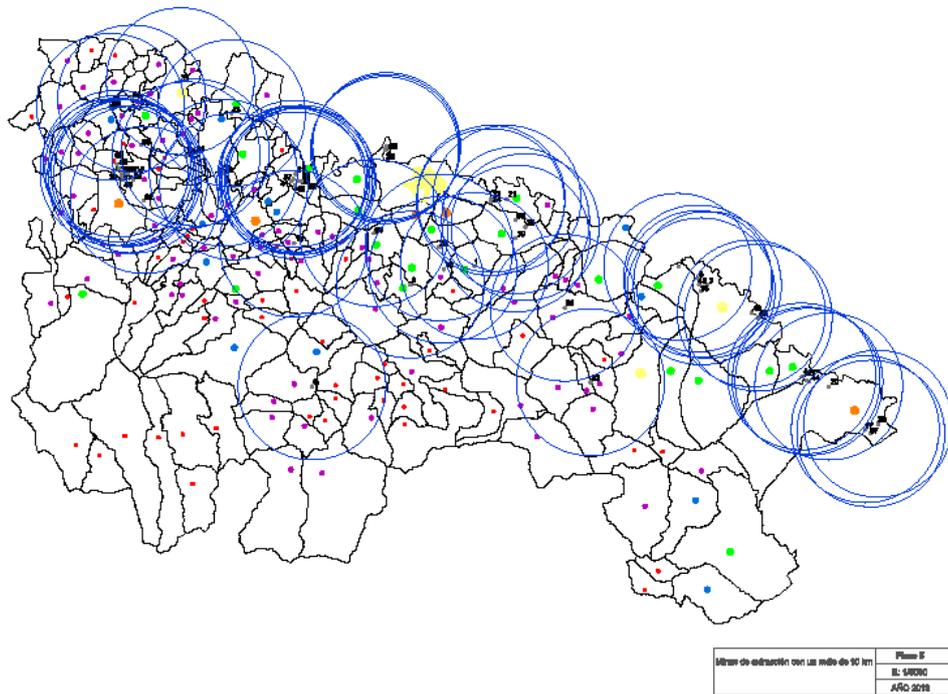


Imagen 4.3 Minas de extracción de árido natural en un radio de 10km.

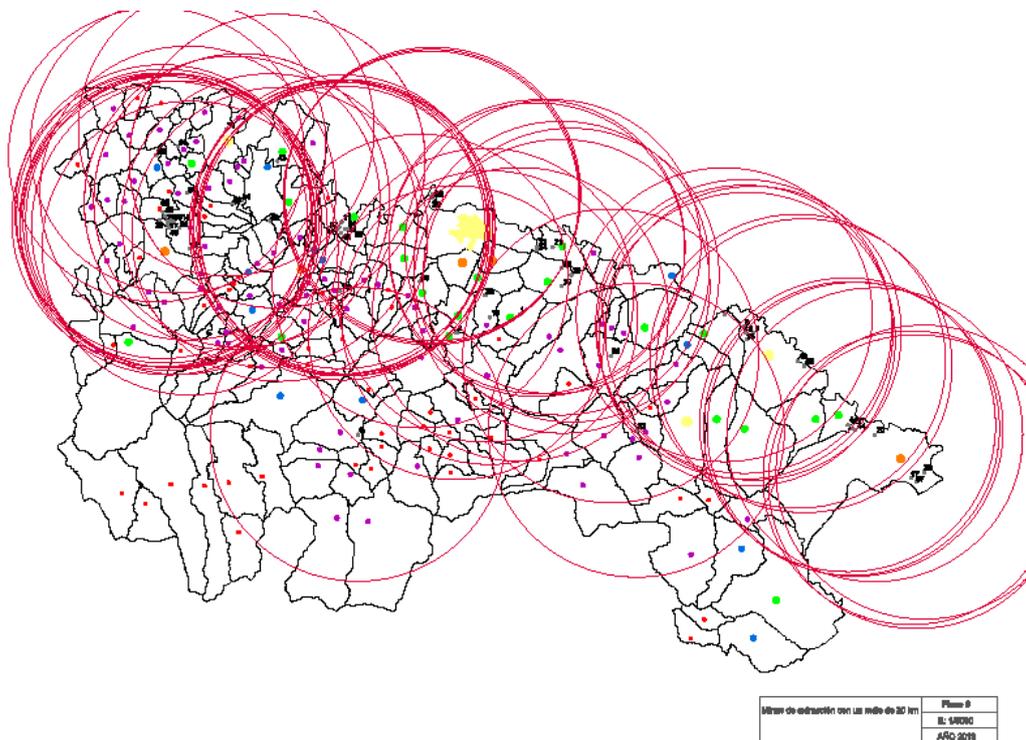


Imagen 4.4 Minas de extracción de árido natural en un radio de 20km.

4.2.2 Plantas de reciclaje de RCDs y áreas de influencia

Para la elaboración de los planos con la localización de las plantas de tratamiento se ha utilizado la información obtenida del Gobierno de La Rioja, para contar con información oficial igual que para las minas. Estas plantas son menos numerosas en total se han localizado 17, aunque sabemos que algunas de ellas no están trabajando al 100% de su capacidad.

TABLA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO		
R1	Excavaciones Asenjo	Fuenmayor, villamediana
R2	Excavaciones Angulo	Murillo de Rio leza
R3	Forjados Riojanos	Sotes
R4	Gestión de Residuos Alfaro	Alfaro
R5	Horaesa	Manjarres
R6	Hormigones y excavaciones Pascual	Nalda
R7	Julio Angulo	Uruñuela
R8	Hormigones Rioja	Hervías
R9	Lazaro Conextran	Logroño
R10	Odenor	Alberite
R11	Peraz Reciclados	Arenzana de abajo
R12	Rioja Baja Reciclados	Pradejón
R13	Mini excavadoras Huarte	Albelda
R14	Jose Maria Gaona Torres	Logroño
R15	Hermanos Rezola	Quel
R16	Contenedores Rioja	Solo transporte
R17	Reciclados del Cidacos	Autol

Tabla 4.9 Plantas de tratamiento de RCDs

A continuación el resultado de la localización de las plantas de tratamiento y sus áreas de influencia

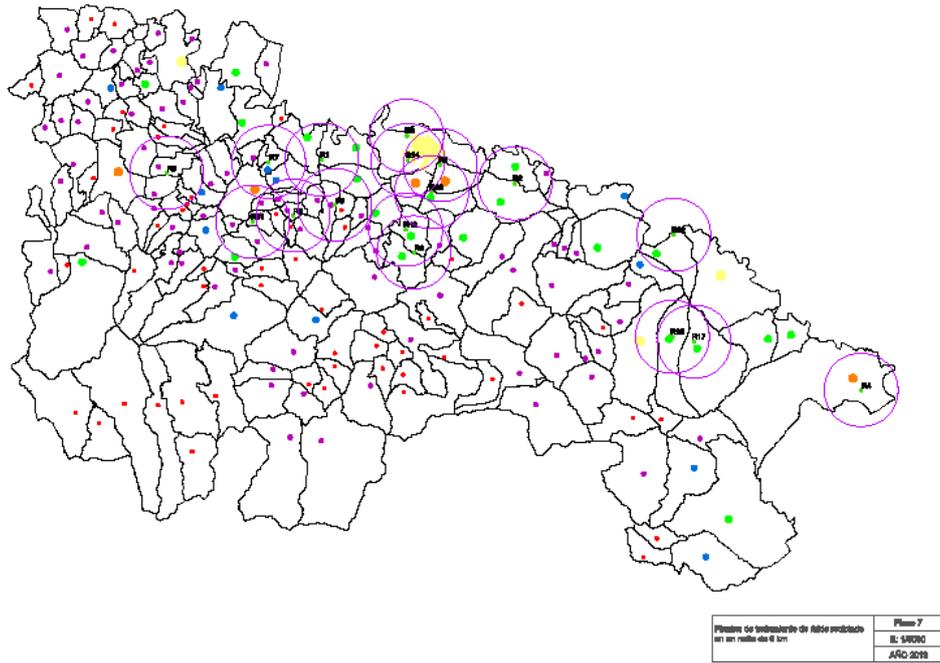


Imagen 4.5 Plantas de tratamiento de áridos reciclados en un radio de 5 km

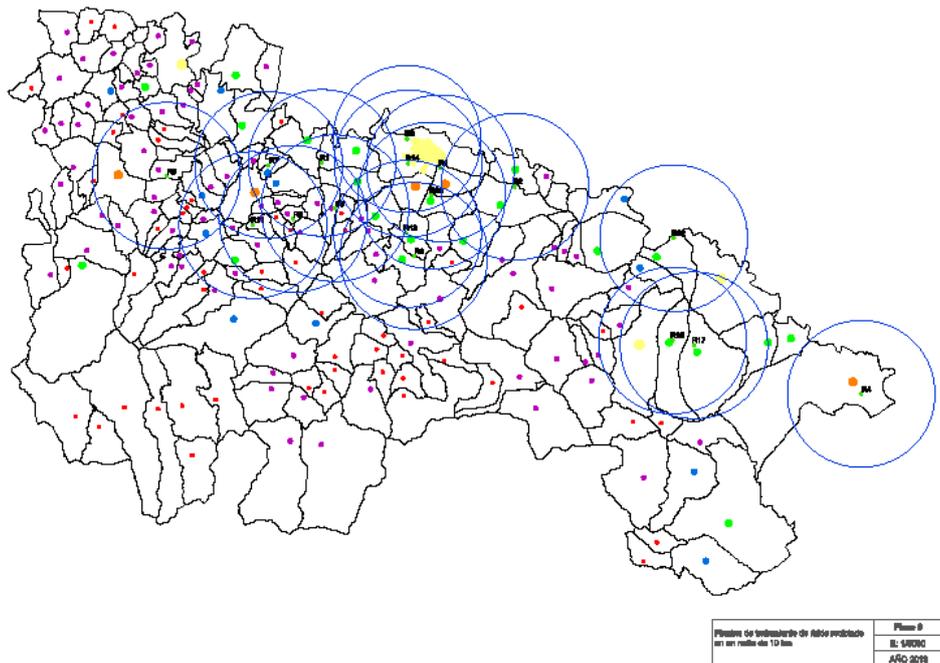


Imagen 4.6 Plantas de tratamiento de áridos reciclados en un radio de 10 km

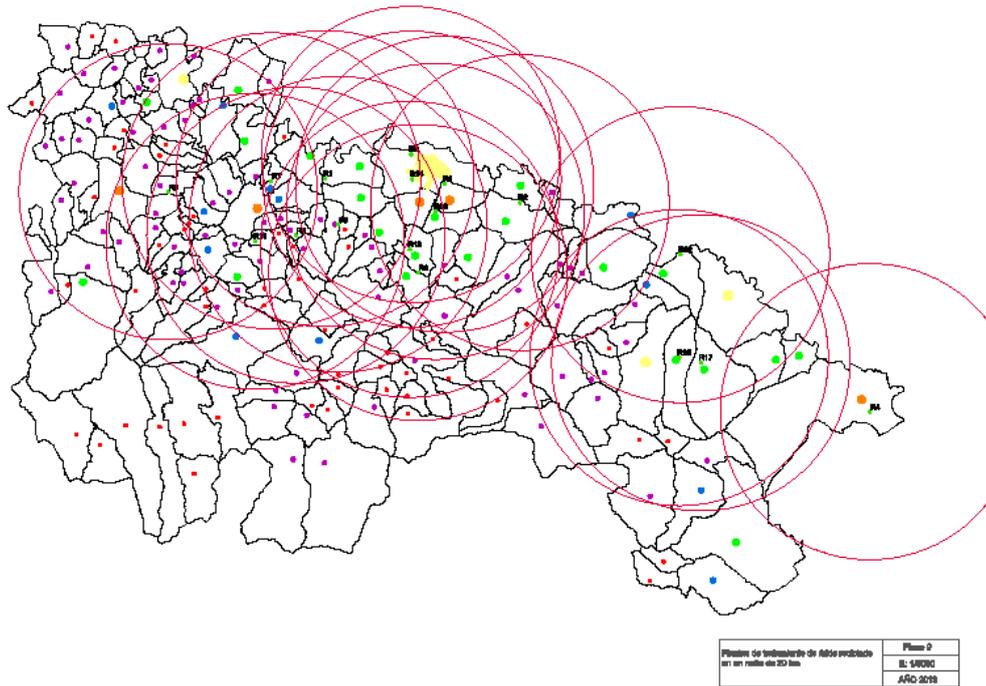


Imagen 4.7 Plantas de tratamiento de áridos reciclados en un radio de 20 km

4.2.3 Resultados del estudio

En el cuadro que está a continuación podemos ver la disponibilidad de áridos ya sean naturales o reciclados de cada municipio riojano. Así se puede obtener la disponibilidad que hay de cada uno de ellos y la distancia a la que se encuentran.

Municipio	0,6 0,3 0,1			0,6 0,3 0,1			4,6	5,7	-1,1
	Minas de árido natural			Plantas de reciclaje					
	d<5Km	d<10Km	d<20Km	d<5km	d<10km	d<20km			
Logroño	0	8	22	4	6	15	6,9	0,9	6
Calahorra	0	1	9	1	2	3	1,2	1,5	-0,3
Arnedo	1	6	29	0	0	2	5,3	0,2	5,1
Haro	3	7	9	1	1	1	4,8	1	3,8
Alfaro	0	9	31	2	5	6	5,8	3,3	2,5
Nájera	4	7	22	6	5	10	6,7	6,1	0,6
Lardero	1	8	17	6	4	9	4,7	5,7	-1
Villamediana de Iregua	8	9	19	1	1	2	9,4	1,1	8,3
St. Domingo de la Calzada	0	0	11	2	0	3	1,1	1,5	-0,4
Autol	1	5	9	1	1	3	3	1,2	1,8
Pradejón									

Rincón de soto	3	6	13	0	0	3	4,9	0,3	4,6
Albelda de Iregua	3	5	22	3	4	10	5,5	4	1,5
Fuenmayor	0	10	22	4	3	11	5,2	4,4	0,8
Navarrete	1	8	21	3	4	11	5,1	4,1	1
Aldeanueva de Ebro	2	6	14	0	0	4	4,4	0,4	4
Cervera del Río Alhama	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alberite	1	6	20	6	5	10	4,4	6,1	-1,7
Quel	0	0	12	2	0	3	1,2	1,5	-0,3
Ezcaray	0	0	10	0	0	1	1	0,1	0,9
Cenicero	7	7	21	2	5	10	8,4	3,7	4,7
Murillo de Río Leza	6	9	15	3	1	7	7,8	2,8	5
Baños de Río Tobía	0	0	19	1	1	6	1,9	1,5	0,4
Entrena	1	4	22	5	5	12	4	5,7	-1,7
Casalarreina	3	15	22	0	0	1	8,5	0,1	8,4
San Asensio	2	12	33	1	2	6	8,1	1,8	6,3
Agoncillo	5	6	15	1	0	7	6,3	1,3	5
S.Vicente de la Sonsierra	1	5	28	0	0	3	4,9	0,3	4,6
Ausejo	0	1	14	0	0	4	1,7	0,4	1,3
Nalda	1	5	20	3	2	10	4,1	3,4	0,7
Ribafrecha	3	9	15	3	3	8	6	3,5	2,5
Uruñuela	8	9	29	1	4	5	10,4	2,3	8,1
Huércanos	5	9	21	1	5	5	7,8	2,6	5,2
Briones	1	6	30	0	0	4	5,4	0,4	5
Alcanadre	0	1	12	0	1	1	1,5	0,4	1,1
Igea	0	0	0	0	0	2	0	0,2	-0,2
Villar de Arnedo	0	5	11	0	1	2	2,6	0,5	2,1
Badarán	0	0	25	0	1	6	2,5	0,9	1,6
Alesanco	0	5	29	0	1	6	4,4	0,9	3,5
Torrecilla en Cameros	1	1	4	0	0	5	1,3	0,5	0,8
Aguilar del Río Alhama	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuzcurrita de Río Tirón	2	10	22	0	0	1	6,4	0,1	6,3
Anguiano	0	0	2	0	0	2	0,2	0,2	0
Arrúbal	2	6	11	1	0	6	4,1	1,2	2,9
Castañares de Rioja	10	12	22	0	1	1	11,8	0,4	11,4
Arnedillo	1	1	2	0	0	2	1,1	0,2	0,9
Anguciana	2	3	22	0	0	1	4,3	0,1	4,2
Hormilla	2	7	29	0	3	0	6,2	0,9	5,3
Cornago	0	0	1	0	0	2	0,1	0,2	-0,1
Viguera	0	1	9	0	2	9	1,2	1,5	-0,3
Galilea	1	4	16	0	0	2	3,4	0,2	3,2
Tricio	1	10	19	2	3	6	5,5	2,7	2,8
Tudelilla	0	3	11	0	2	3	2	0,9	1,1
Herce	1	1	7	0	0	3	1,6	0,3	1,3
Villoslada de Cameros	0	0	1	0	0	0	0,1	0	0,1
Ábalos	0	1	15	0	0	2	1,8	0,2	1,6

Lagunilla del Jubera	1	6	13	0	0	6	3,7	0,6	3,1
Ocón	1	1	13	0	0	4	2,2	0,4	1,8
Santurde de Rioja	0	4	18	0	0	1	3	0,1	2,9
Zarratón	2	11	29	0	1	3	7,4	0,6	6,8
Rodezno	1	11	29	0	0	3	6,8	0,3	6,5
Clavijo	4	4	14	1	3	0	5	1,5	3,5
Bañares	10	11	24	1	1	2	11,7	1,1	10,6
Sotés	0	9	18	1	3	11	4,5	2,6	1,9
Ollauri	1	6	29	0	0	2	5,3	0,2	5,1
Grañon	0	9	17	0	0	1	4,4	0,1	4,3
Leiva	0	8	18	0	0	1	4,2	0,1	4,1
Medrano	1	3	20	1	5	11	3,5	3,2	0,3
Préjano	1	1	2	0	0	2	1,1	0,2	0,9
Ortigosa de Cameros	0	1	1	0	0	0	0,4	0	0,4
Corera	1	3	16	0	0	3	3,1	0,3	2,8
San Millán de la Cogolla	0	0	17	0	0	4	1,7	0,4	1,3
Arenzana de Abajo	1	4	19	2	3	6	3,7	2,7	1
Villar de Torre	0	1	21	0	1	4	2,4	0,7	1,7
Sorzano	1	4	20	0	3	11	3,8	2	1,8
Azófra	1	5	29	0	2	5	5	1,1	3,9
Briñas	1	4	25	0	0	1	4,3	0,1	4,2
Sojuela	1	4	20	0	3	11	3,8	2	1,8
Grávalos	0	0	4	0	0	2	0,4	0,2	0,2
Tirgo	3	11	22	0	0	1	7,3	0,1	7,2
Cihuri	2	9	22	0	0	1	6,1	0,1	6
Ojacastro	0	0	11	0	0	1	1,1	0,1	1
Treviana	0	2	16	0	0	1	2,2	0,1	2,1
Cordovín	0	1	26	0	2	6	2,9	1,2	1,7
Santa Engracia del Jubera	0	3	12	0	0	5	2,1	0,5	1,6
Cárdenas	0	2	28	1	2	6	3,4	1,8	1,6
Berceo	0	0	18	0	0	4	1,8	0,4	1,4
Camprovín	0	1	17	1	2	6	2	1,8	0,2
Hormilleja	2	10	31	1	3	6	7,3	2,1	5,2
Lumbreras	0	0	1	0	0	0	0,1	0	0,1
Gimileo	1	6	29	0	0	2	5,3	0,2	5,1
San Román de Cameros	0	0	6	0	0	2	0,6	0,2	0,4
Ventosa	0	9	23	2	5	11	5	3,8	1,2
Enciso	0	0	2	0	0	0	0,2	0	0,2
Villarta-Quintana	0	5	17	0	0	1	3,2	0,1	3,1
Soto en Cameros	0	3	13	0	1	7	2,2	1	1,2
Redal	1	1	16	0	0	3	2,5	0,3	2,2
Santurdejo	0	2	18	0	0	2	2,4	0,2	2,2
Tormantos	0	3	14	0	0	1	2,3	0,1	2,2
Bergasa	0	2	15	0	1	3	2,1	0,6	1,5
Manjarrés	1	8	22	1	5	9	5,2	3	2,2

Rasillo de Cameros	0	1	1	0	0	0	0,4	0	0,4
Fonzaleche	1	2	16	0	0	0	2,8	0	2,8
Villalba de Rioja	1	3	21	0	0	1	3,6	0,1	3,5
Hervías	1	13	30	1	1	4	7,5	1,3	6,2
Bobadilla	0	0	13	0	1	6	1,3	0,9	0,4
Laguna de Cameros	0	1	2	0	0	1	0,5	0,1	0,4
Matute	0	0	5	0	0	0	0,5	0	0,5
Sajazarra	2	3	21	0	0	1	4,2	0,1	4,1
Cirueña	0	9	26	1	1	4	5,3	1,3	4
Santa Eulalia Bajera	1	1	2	0	0	2	1,1	0,2	0,9
Valgañón	0	0	4	0	0	0	0,4	0	0,4
Santa Coloma	1	1	18	1	3	11	2,7	2,6	0,1
Munilla	0	1	2	0	0	0	0,5	0	0,5
Ochánduri	1	10	21	0	0	1	5,7	0,1	5,6
Alesón	1	9	22	2	5	9	5,5	3,6	1,9
Herramélluri	0	10	18	0	0	1	4,8	0,1	4,7
Estollo	0	0	17	0	0	4	1,7	0,4	1,3
Nieva de Cameros	1	1	2	0	0	1	1,1	0,1	1
Foncea	0	2	13	0	0	0	1,9	0	1,9
Villanueva de Cameros	0	1	1	0	0	0	0,4	0	0,4
Manzanares de Rioja	0	5	21	0	1	4	3,6	0,7	2,9
Viniegra de Abajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hornos de Moncalvillo	1	4	18	1	3	11	3,6	2,6	1
Canales de la Sierra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pedroso	0	0	10	0	1	5	1	0,8	0,2
Baños de Rioja	10	13	22	0	0	0	12,1	0	12,1
Cañas	0	1	26	0	2	3	2,9	0,9	2
Zorraquin	0	0	10	0	0	1	1	0,1	0,9
San Torcuato	7	12	29	0	1	3	10,7	0,6	10,1
Nestares	0	1	5	0	0	5	0,8	0,5	0,3
Ajamil	0	0	2	0	0	1	0,2	0,1	0,1
Villaverde de Rioja	0	0	10	0	1	5	1	0,8	0,2
Tobía	0	0	5	0	0	4	0,5	0,4	0,1
Villalobar de Rioja	10	12	22	0	0	1	11,8	0,1	11,7
Mansilla de la Sierra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventrosa	1	0	1	0	0	0	0,7	0	0,7
Rabanera	0	0	3	0	0	1	0,3	0,1	0,2
Castroviejo	0	1	12	0	3	7	1,5	1,6	-0,1
Muro de Aguas	0	0	1	0	0	2	0,1	0,2	-0,1
Pradillo	0	1	1	0	0	0	0,4	0	0,4
Galbárruli	0	3	19	0	0	0	2,8	0	2,8
Brieva de Cameros	0	0	1	0	0	0	0,1	0	0,1
Daroca de Rioja	0	3	17	1	0	11	2,6	1,7	0,9
Villavelayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Viniegra de Arriba	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Leza de Río Leza	2	4	12	0	2	8	3,6	1,4	2,2
Muro en Cameros	0	1	3	0	0	2	0,6	0,2	0,4
San Millán de Yécora	0	0	13	0	0	0	1,3	0	1,3
Corporales	0	9	19	0	0	1	4,6	0,1	4,5
Canillas de Río Tuerto	0	3	26	0	2	4	3,5	1	2,5
Terroba	0	1	8	0	1	3	1,1	0,6	0,5
Torrecilla sobre Alesanco	0	3	27	0	2	5	3,6	1,1	2,5
Cidamón	2	14	29	0	1	3	8,3	0,6	7,7
Pazuengos	0	1	10	0	0	0	1,3	0	1,3
Bergasillas Bajera	1	2	7	0	1	3	1,9	0,6	1,3
Arenzana de Arriba	1	9	20	2	4	9	5,3	3,3	2
Villarejo	0	1	18	0	1	4	2,1	0,7	1,4
Robres del Castillo	0	1	13	0	0	4	1,6	0,4	1,2
Gallinero de Cameros	0	1	1	0	0	0	0,4	0	0,4
Jalón de Cameros	0	0	5	0	0	2	0,5	0,2	0,3
Almarza de Cameros	0	1	2	0	0	3	0,5	0,3	0,2
Ledesma de la Cogolla	0	1	12	0	2	6	1,5	1,2	0,3
Cabezón de Cameros	0	1	3	0	0	2	0,6	0,2	0,4
Navajún	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bezares	1	2	16	1	4	9	2,8	2,7	0,1
Pinillos	0	1	2	0	0	1	0,5	0,1	0,4
Zarzosa	0	0	2	0	0	0	0,2	0	0,2
Hormillos de Cameros	0	0	5	0	0	2	0,5	0,2	0,3
Torremontalbo	7	10	22	0	2	8	9,4	1,4	8
Cellorigo	0	2	17	0	0	0	2,3	0	2,3
Torre en cameros	0	0	6	0	0	4	0,6	0,4	0,2
Valdemadera	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Villarroya	0	0	1	0	0	2	0,1	0,2	-0,1

Tabla 4.10 Lista de municipios y su disponibilidad de áridos

Con los resultados de estudio se han realizado una ponderación para estudiar en cada municipio la realidad de la situación y saber si es posible la utilización del árido reciclado teniendo en cuenta la disponibilidad del mismo, ya que si se tiene en cuenta el número real de minas y plantas de tratamiento existentes siempre sería el árido natural el elegido para realizar las obras.

Para saber si las variables utilizadas son las adecuadas se ha realizado un análisis de sensibilidad, que ha demostrado que los resultados son muy similares variando los coeficientes usados en la ponderación.

5 km	Variables		Árido	Árido	Indistinto	Total	% AR
	10 km	20 km	Natural	Reciclado	AR ó AN	municipios	
0.6	0.3	0.1	151	13	10	174	13,71%
0.7	0.2	0.1	151	13	10	174	14,94%
0.5	0.4	0.1	149	15	10	174	14,37%
0.5	0.3	0.2	156	7	10	174	10,34%

Tabla 4.11 Análisis de sensibilidad de los coeficientes.

Las conclusiones son muy claras, ya que mientras se mantenga la situación actual el árido reciclado es viable en muy pocos municipios, si lo traducimos a porcentajes, el resultado obtenido es que únicamente se usaría en el 15% de los municipios y eso en el caso más favorable.

4.3 MEDIDAS A TOMAR

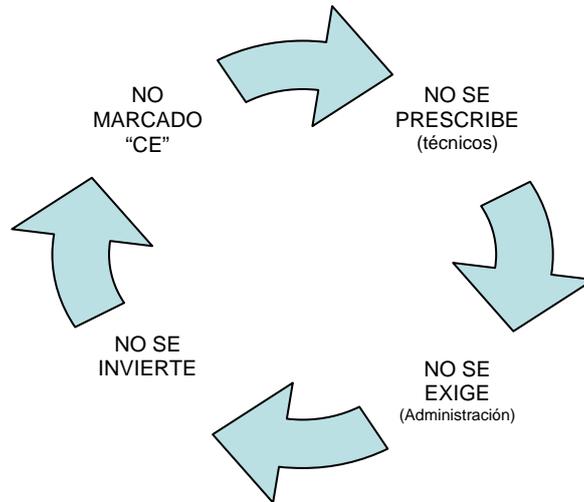
4.3.1 QUIÉN TIENE QUE TOMAR LAS MEDIDAS

La decisión de realizar los trabajos con árido reciclado en sí, no es de gran trascendencia si no fuera porque es un material poco conocido, por eso, para facilitar el uso de este árido es necesario de la participación de todas las partes involucradas para conseguir los objetivos previstos.

Dada la coyuntura actual, la mayor parte de las obras son realizadas por las administraciones públicas, esto significa que son ellas las que deben dar los primeros pasos hacia el uso de este material, esto implicaría que el material se daría a conocer y favorecería su uso para los años siguientes.

El otro grupo importante de concienciar son los técnicos, ellos son los que deben de incluir en los proyectos un porcentaje de este árido reciclado, ya que si está definido en el proyecto, se comenzará a aplicar.

Dentro de este grupo, el de los técnicos, tienen especial relevancia aquellos que trabajan para las instituciones o administraciones, estos son los que establecen las cláusulas de los concursos y tienen la potestad para incluir el uso de los áridos reciclados como condición para la realización de los trabajos.



Gráfica 4.2 Diagrama de la evolución para el consumo de áridos reciclados

En el gráfico anterior se ve como es necesario de la aportación de todas las partes para que sea posible la utilización del árido reciclado, esto significa que la sociedad y no solo los técnicos y la administración son responsables, aunque sí que estos últimos tienen un papel más importante por la influencia que pueden ejercer.

4.3.2 IMPUESTO SOBRE LOS ÁRIDOS

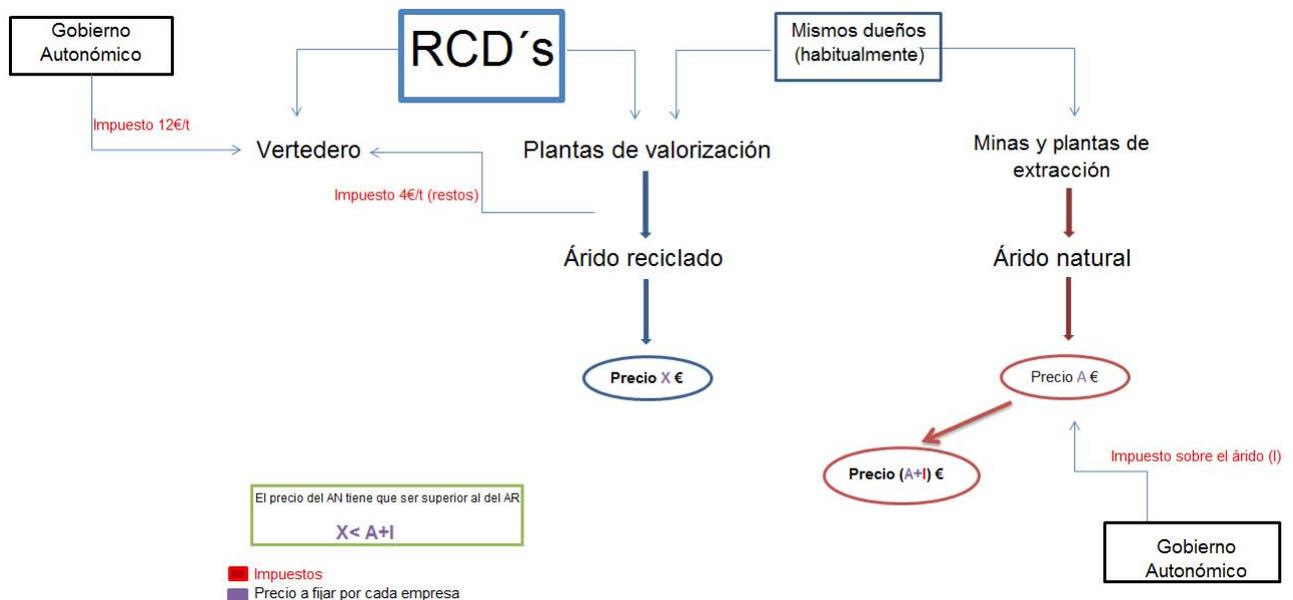


Gráfico 4.3 Esquema comparativo árido natural frente árido reciclado

Como se puede observar en el gráfico anterior, el funcionamiento es simple, siempre que el precio del árido reciclado fuera inferior al árido natural con una proporción adecuada su uso se vería incrementado de manera notable, no solo para rellenos o algún que otro hormigón

de limpieza, también para hormigón estructural donde prácticamente en la comunidad de La Rioja no se utiliza.

Los beneficios económicos de este impuesto los recibiría la comunidad ya que son ellos según el Real Decreto quien tiene la capacidad de legislar en torno a las minas, en este caso minas a cielo abierto. Pero teniendo en cuenta que este impuesto tendría un carácter medioambiental, su destino final debería ser la investigación de materiales reciclados, para potenciar su uso o la mejora del medio ambiente, con el cierre de vertederos incontrolados, la adecuación del territorio donde existen minas, o recuperación del territorio donde hay minas abandonadas antes de que existiera normativa que las regulase y se tuviera obligación de recuperarlas.

A esta medida económica que supondría un incremento en los costes de construcción, convendría añadir algún tipo de ayuda o subvención para aquellos que justifiquen el uso del árido reciclado ya que a todos les supone un incremento de precio de los materiales de construcción y hasta ahora sólo está permitido usar un 20% como máximo de este árido, por lo que encarecería de manera notable el 80% restante que hay que usar para el resto de la estructura. Esto quizás posibilite en unos años el uso de más del 20% de árido reciclado para el hormigón estructural y se modifique la normativa al respecto, o sino igualarnos a otros países de Europa y que el uso del 20% del árido reciclado sea de uso obligatorio.

Esta medida aunque impopular en todos los países en los que se ha implantado ha supuesto un aumento del uso de los materiales reciclados y además el cierre de minas ilegales que no están sometidas a ninguna de las obligaciones que tienen el resto, siendo los dueños de las minas los primeros interesados en que se cierren las que no actúan dentro de la ley.

Además de estos puntos ahora tenemos en cuenta el impuesto autonómico sobre vertidos, este tendrá como consecuencia el aumento de materiales obtenidos del reciclaje, por eso, para que las plantas de tratamiento no se conviertan en un almacén de áridos reciclados, es necesario darle salida.

3.3.2.1 VALOR DEL IMPUESTO

Este impuesto después de ver como funcionan otros países en esta área debería estar comprendido entre los 0,40-0,50 €/m³ que es el impuesto en países como Italia y Suecia, de los más bajos, y 1,50€ que es el impuesto al que están sometidos los áridos naturales en Inglaterra, de los más altos.

Con un impuesto de un valor de 0,6 €/m³ sobre los materiales naturales sería suficiente para gravar la mayoría de los productos naturales un mínimo de 1,3 €/m³ sobre los

materiales reciclados, ya que a este aumento de precio sería necesario sumarle el IVA. Este precio se ha calculado teniendo en cuenta los precios proporcionados por las empresas, siempre sin tener en cuenta el IVA y sin el transporte, el precio es del material extraído en planta.

Con todo lo anterior es de suponer que el aumento de este precio recaería sobre el consumidor y no sobre las empresas y el efecto conseguido sería el esperado con un aumento del consumo de los materiales reciclados.

Extrayendo datos de los precios proporcionados por las empresas y según el esquema gráfico 6.2, tenemos que:

- El precio medio de la zahorra natural es 6,88€
- El precio medio de la zahorra reciclada 7,5€
- Impuesto sobre los áridos= I

$$7,5 < 6,88 + I$$

$$0,62 < I$$

Como conclusión obtenemos que el impuesto mínimo a implantar sería de 0,62 €, que si observamos los precios de las diferentes empresas supondría que el precio en algunos casos se iguala y en otros los supera. Si traducimos este número a porcentaje los precios del árido natural deberían aumentar un 9,1% para por lo menos igualar el precio de los áridos reciclados.

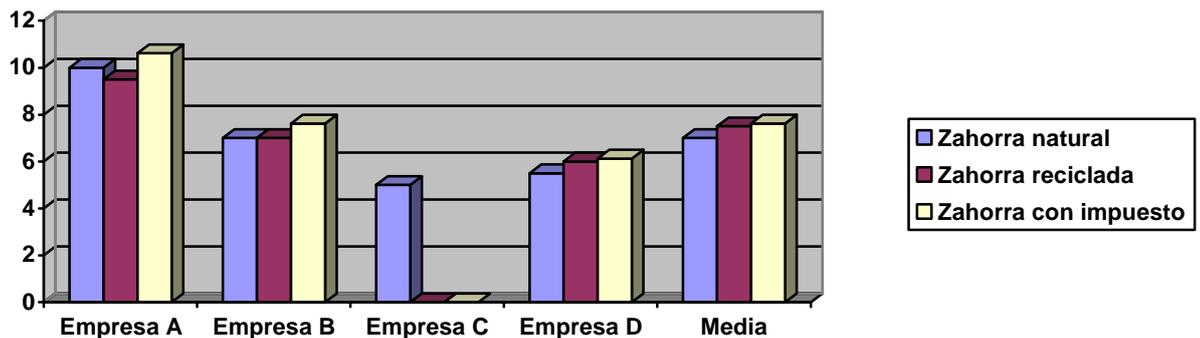


Gráfico 4.4 Comparativa de precios

Como se observa en la grafica anterior (los precios de origen se pueden ver en la tabla 3.40) con este impuesto se aumentaría el valor de la zahorra natural respecto a la zahorra obtenida de los RCD's. De esta forma se conseguiría el deseado aumento de consumo de los materiales reciclados.

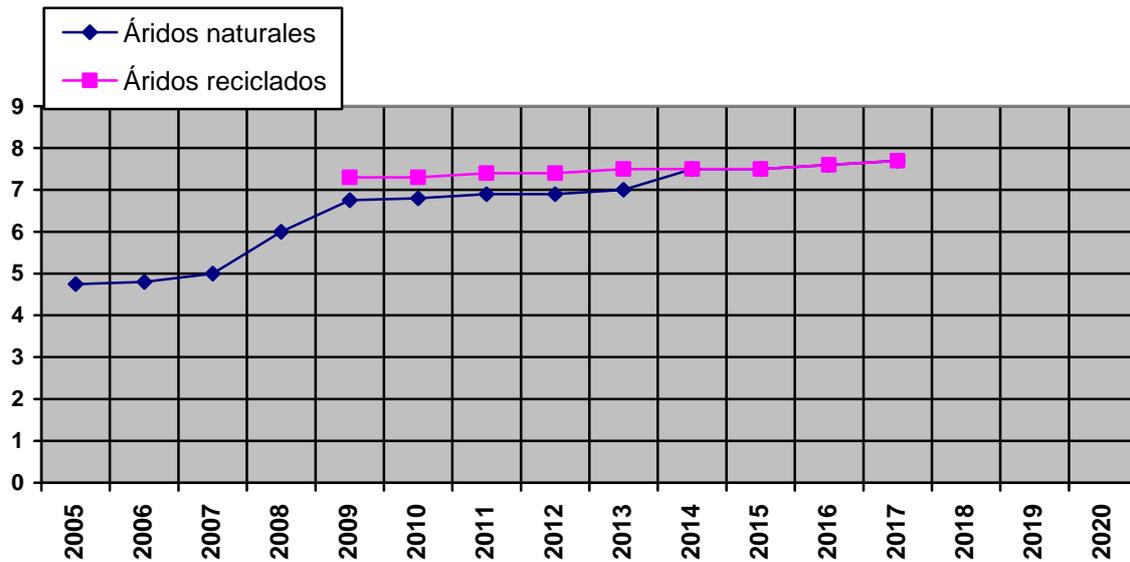


Gráfico 4.5 Evolución de los precios con un impuesto en los materiales naturales

Con la mirada puesta en el futuro, conviene tener en cuenta que conforme las necesidades de ahorro energético vayan aumentando, y las certificaciones de nuestros edificios sean obligatorias, aquellos que estén realizados de manera sostenible tendrán una mejor valoración, y una de las medidas que se puedan llevar a cabo, será la de utilizar en la construcción materiales reciclados.

4.3.3 LA OTRA OPCIÓN, SUBVENCIÓN PÚBLICA

Durante el desarrollo de este trabajo, se implantó por parte del gobierno autonómico un nuevo impuesto al vertido de áridos, lo que supone un cambio en las opciones o posibilidades de este árido.

La implantación de este nuevo impuesto, que se puso en marcha el 1 de enero de 2013, supone una tasa de 12 €/t a los residuos depositados en el vertedero, y 4€/t a los residuos procedentes de las plantas de valorización. Esta medida se toma con el fin de promover el reciclaje, pero esto lleva implícito otras consecuencias.

Con el fin de ahorrar los productores de RCD, es de suponer que llevarán los residuos a las plantas de tratamiento, dado que esto supone un menor coste para ellos. Pero las plantas de tratamiento van a experimentar un aumento de excedentes de árido reciclado, de diferentes calidades, que no se va a ver traducido en un aumento de ventas o de consumo de los áridos reciclados u otros materiales como puede ser la zahorra reciclada, que como hemos observado es el material reciclado más abundante o con mayor potencial de salida actualmente en la región.

Por ello se plantea que como medio para fomentar la salida a este material nuevo que se obtiene, la creación de una subvención por parte del gobierno para darle salida. Esto podría ser o bien mediante una ayuda económica para el uso de este material, o siendo la propia administración la que en las diferentes obras que realice use este material.

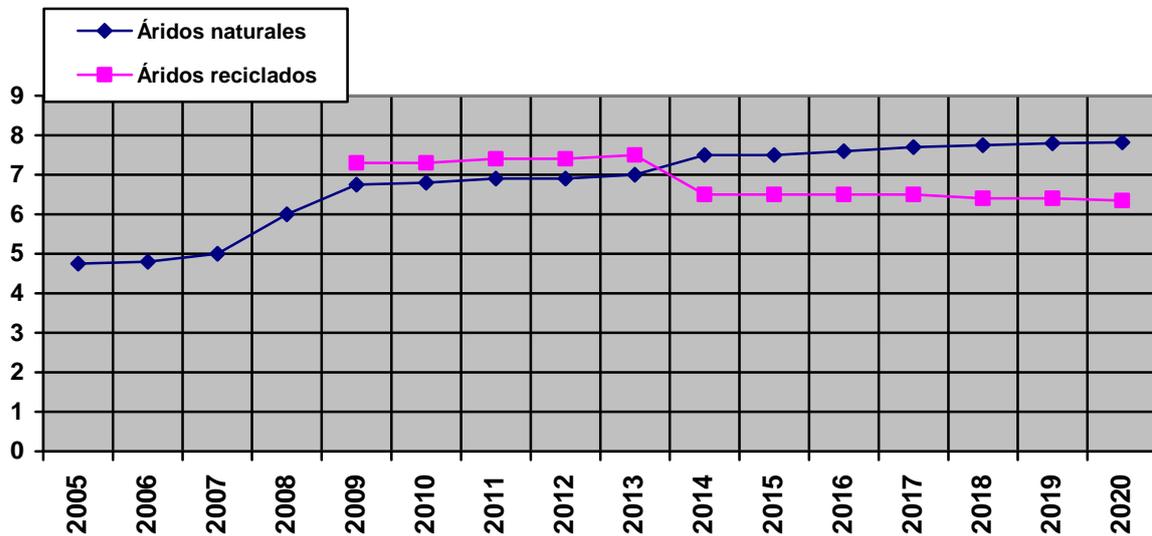
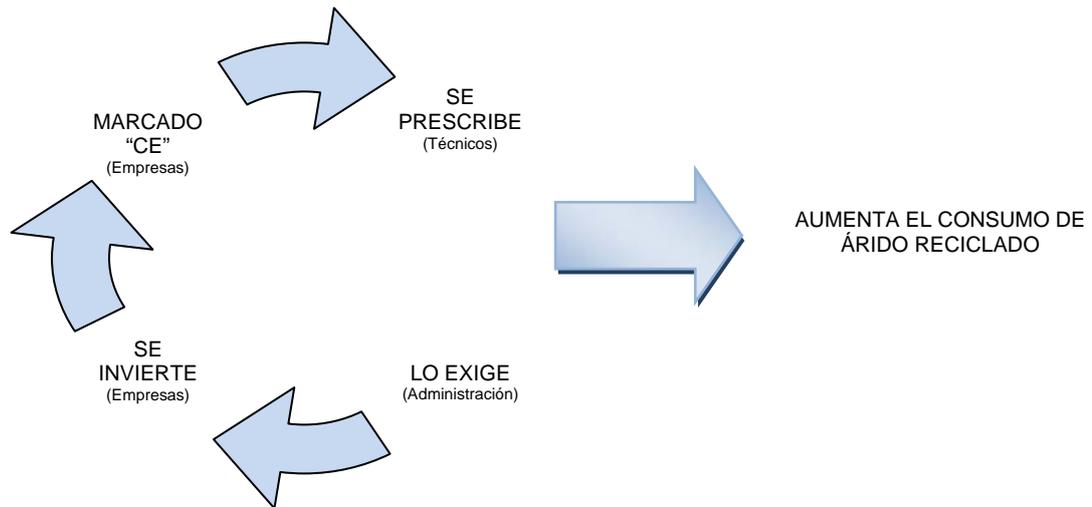


Gráfico 4.6 Evolución de los precios con subvención en los materiales reciclados.

En esta gráfica se puede observar la evolución previsible de los áridos reciclados en el caso de que la administración subvencionara la utilización de los materiales reciclados con este descenso en el precio este material sería más atractivo económicamente y facilitaría su comercialización.

En el mismo gráfico a partir del año 2017 se ve un incremento en la diferencia de precio, ya que si todo funcionase según lo previsto después de que las empresas realicen la inversión necesaria para la comercialización de los nuevos materiales el precio podría incluso descender. Además a esto hay que sumar que con la inversión en investigación y desarrollo se podría usar con más fines y se daría más salida al material.



Gráfica 4.7 Diagrama de la evolución para el consumo de áridos reciclados

Como se puede entender del gráfico anterior, es imprescindible que se den ciertas situaciones para que esto comience a funcionar, y la iniciativa privada no está en un momento en el que pueda invertir como se ha podido ver en el análisis de la situación económica actual. Por ello creemos que es la administración la que debe comenzar dando el primer paso.

La segunda parte, es que debido a que los RCD's no tienen siempre el mismo origen, y pueden contener impurezas, pueden no tener la calidad necesaria para que el producto final obtenido se use para hormigón estructural, pero como se ha podido ver los áridos realizados con residuos mixtos también tiene salida como sub-bases, hormigones de limpieza... Además se puede tener en cuenta que en otros países con mayor tradición en el uso del árido reciclado ya se usa el árido reciclado procedente de mezcla de hormigón y ladrillo en un 20% para uso estructural, como es el caso de los Países Bajos.

3.8 CAUSAS POR LAS QUE NO SE USA ÁRIDO RECICLADO

4.4.1 LIMITACIÓN NORMATIVA ESTRUCTURAL

Como se puede ver en la actual normativa que rige la construcción en nuestro país la EHE-08, la máxima cantidad de árido reciclado permitido es del 20%, esta limitación hace que gran parte de los residuos de construcción y demolición que se producen no sean necesarios para producir árido reciclado, ya que la demanda de este tipo de árido para la construcción es muy baja y dada la situación actual en la que nos encontramos la demanda es cada vez menor.

Sin embargo si existe un campo donde se da el uso del árido reciclado, y es en obras de carreteras, rellenos, caminos de tierra... donde no existe una normativa que restrinja su uso.

La implantación de unas guías para reciclar los residuos que se producen en la construcción y la demolición comienzan en España en el año 2000 aproximadamente, cuando en otros países, posiblemente por las circunstancias, esto se viene dando desde hace muchos años. Mirando atrás una vez finalizado en Primer Plan Nacional de Residuos de la Construcción y la Demolición (2001-2006) se puede comprobar que los objetivos marcados no se han alcanzado, debido en parte a la falta de tradición en nuestro país en la prevención y gestión de residuos de este tipo en particular o por otras razones.

Pese a todo, este no es el único problema que se presenta. La falta de una normativa de obligado cumplimiento, es uno de los principales escollos para la técnica de planificación y la obligación de incluir en los proyectos de obra un estudio de gestión de los RCD y la constitución de una fianza vinculada al otorgamiento de de la licencia de obras.

Para todo esto es necesario la existencia de vertederos y centros de tratamiento y valorización que garantice una correcta gestión de los RCD. En el caso a tratar, en la comunidad de La Rioja, desde los primeros planes de gestión han aumentado notablemente el número de empresas y centros de tratamiento certificadas por el gobierno.

El otro gran problema es que la Administración General del Estado no es la que debe plantear la normativa, ya que son las Comunidades Autónomas las que tienen transferidas las competencias en materia ambiental y no todas disponen de datos fiables para la elaboración de normas y de un apartado específico dedicado en su plan de gestión de residuos urbanos.

Toda esta falta de normativas favorece que no haya un mercado efectivo y competitivo para productos reciclados de RCD, en especial de los áridos.

Para ello el PNRCD establecía unos objetivos que eran:

- Recogida controlada y correcta gestión de ambiental de, al menos, el 90% de los RCD en el año 2006.
- Disminución de, al menos, un 10% del flujo de RCD en el año 2006.
- Reciclaje o reutilización de, al menos, el 40% de RCD en el año 2005.
- Reciclaje o reutilización de, al menos, el 60% de RCD en el año 2006.
- Valorización del 50%, como mínimo, de los residuos de envases de materiales de construcción antes del 31 de Diciembre 2001.
- Recogida selectiva y correcta gestión ambiental de, al menos, el 95% de los residuos peligrosos contenidos en los RCD, en el año 2002.

- Adaptación de los actuales vertederos de RCD a las nuevas exigencias de la Directiva europea de vertederos, en aquellos casos en que sea técnicamente posible, antes de 2005.
- Identificación de las áreas degradadas (canteras, minas, etc.) susceptible de ser restauradas mediante RCD y determinación de las condiciones técnicas y ecológicas para ello.
- Clausura y restauración ambiental de los vertederos no adaptables a la citada Directiva, antes de 2006.
- Elaboración de un sistema estadístico de generación de datos y su sistema de información sobre RCD y su gestión. Esto se elaborará en colaboración con todas las Comunidades Autónomas y debería estar disponible desde el año 2002.

Como se puede comprobar actualmente muchos de estos objetivos no se han cumplido en parte por la gran actividad del sector de la construcción, lo que ha hecho prácticamente imposible la existencia de unas estadísticas fiables sobre RCD. Si bien esto es indispensable para la elaboración de unos planes adecuados y con unos objetivos que se puedan cumplir.

Sin embargo las circunstancias nos ha llevado a aumentar el control sobre los vertederos ilegales, para proceder en el mayor de los casos a su clausura, que era uno de los puntos que más sonrojo nos causaba respecto al resto de los países europeos. Y esto ha sido en gran medida por la iniciativa tanto pública como privada y por la implantación de infraestructuras de tratamiento, de plantas fijas y móviles de tratamiento de RCD y de vertederos controlados.

El nuevo Plan Nacional Integrado de Residuos (2008-2015) trata de forma diferente los residuos urbanos, los que tienen legislación específica, los agrarios, los industriales,... Y en vez de preveer solo objetivos incluye también obligaciones como la inclusión en los proyectos de obra de un estudio de gestión de RCD, la separación en origen de los residuos de RCD peligrosos,... y como punto importante la erradicación de los vertidos incontrolados de RCD, ya que para el 16 de Julio de 2009 todos los vertederos deberán cumplir los requisitos de aplicación del Real Decreto 1481/2001.

Los objetivos del PNIR son:

- Separación y gestión de forma ambientalmente correcta de los RP procedente de RCD del 100% en los años 2010, 2012 y 2015.
- Reciclado de RCD del 15%, 25% y 35% en los años 2010, 2012 y 2015, respectivamente.
- RCD objeto de otras operaciones de valorización, incluidas las operaciones de relleno del 10%, 15%, y 20% en los años 2010, 2012 y 2015, respectivamente.

- Eliminación de RCD en vertedero controlado del 75%, 60% y 45% en los años 2010, 2012 y 2015, respectivamente.

Como resumen final a los planes nacionales que existen referentes a la gestión de RCD podemos decir que son deficientes y que parte de sus objetivos no se han cumplido, pero hay que valorar positivamente estos inicios que sientan un precedente para una gestión adecuada de los RCD y de los productos que obtenemos de ella. Aunque todavía no existe un mercado competitivo para los productos que obtenemos, en parte porque no hay una normativa implantada que promueva su uso.

4.4.2 CASOS PARTICULARES

En la actualidad existe poca normativa referente al uso de áridos reciclados aunque por contra si existe mucha literatura. Tenemos muy claro que el porcentaje máximo de árido reciclado que podemos utilizar en la construcción de edificios es del 20%, pero no tenemos obligación de usarlo.

Sin embargo hay comunidades como Cataluña y particularmente Barcelona, que promueve el uso de áridos reciclado en la construcción, financiando la utilización de árido reciclado de los residuos de la construcción con marcado CE en obras promovidas por las entidades locales y las empresas públicas municipales de Cataluña, (Resolución: TES/441/2012, de 28 de febrero).

También existe según el decreto 89/2010, de 29 de junio, el programa de gestión de residuos de la construcción de Cataluña (PROGROC), que regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición, y el canon sobre la deposición controlada de los residuos de la construcción.

Como se puede observar en Cataluña el uso del árido se ha ido implantando en obras muy conocidas como son el Puente Marina Seca del Forum 2004 de Barcelona y se comienza a dar su uso de forma más habitual en las obras de la vías urbanas. Y se sigue intentando implantar su uso habitual.

4.4.3 INVIABILIDAD ECONÓMICA

La utilización del árido reciclado por el trabajo que conlleva su obtención es más costoso que la utilización del árido natural. En comunidades como La Rioja donde existen canteras abundantes es prácticamente imposible que por si sola se dé esta opción ya que el coste del árido natural es menor que el que se produce a través de los residuos de la

construcción y la demolición. Esto también facilita que se puedan usar los RCD para el relleno de graveras y canteras de acuerdo con las nuevas normas medioambientales para estas empresas.

El uso de áridos reciclados que hemos visto que es algo muy habitual en otros países e incluso en otras comunidades, se da por las circunstancias particulares de cada uno de ellos. Por ejemplo tenemos los ejemplos de los países del norte de Europa, como Holanda o Alemania, en estos países no sólo es una buena práctica medioambiental, esto se produce por la falta de lugares para la extracción de áridos y falta de lugares para depositar los residuos, lo que hace del uso de áridos reciclados la solución perfecta para su problema. Además de esto en muchos países existen impuestos que se les aplican a los áridos naturales obtenidos de las minas, esto hace que se incremente su precio y en consecuencia hace más viable económicamente el uso de áridos reciclados.

Junto con estos impuestos existen otros impuestos para la importación de áridos, para evitar que estos se compren al exterior y las empresas del país no estén en desventaja respecto a otras extranjeras.

A esto va unido que las normativas en estos países regulan de una forma más estricta los temas relacionados con el reciclado de materiales, residuos de construcción, y los temas de excavaciones. Por lo que aunque el uso de este tipo de áridos y esta solución sea más cara es en algunos casos la única solución posible. En otros sitios que no están tan regulados sin embargo es viable el uso de áridos reciclados por que el coste de extracción es elevado o no es posible por carecer minas y el coste de compra fuera del territorio encarece el proceso.

Capítulo V

CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES SOBRE EL ESTADO DEL ARTE

- Existe una gran variedad de trabajos sobre el uso y las características del árido reciclado, realizados tanto a nivel nacional e internacional, y todos ellos llegan a unas conclusiones similares.
- Es posible usar el árido reciclado en un porcentaje del 20% del total del árido en hormigones estructurales manteniendo las características exigidas al hormigón por las diferentes normativas.

5.2 CONCLUSIONES SOBRE EL ÁRIDO/HORMIGÓN RECICLADO

- Este punto está condicionado por la existencia de minas y canteras a cielo abierto en la comunidad, y la gran variedad de áridos según el origen de los RCD que se producen.
- Se ha verificado que el desarrollo de este tema es muy variado según sea en una comunidad o en otra. El desarrollo de normativas referentes al tema es más abundante en comunidades con menor disponibilidad de árido natural. Lo mismo que ocurre en los países del norte de Europa, que por la falta de material natural y/o los espacios reducidos para vertederos tienen necesidad de usar nuevos materiales.

- El mercado CE facilitaría la utilización del árido reciclado porque evitaría la justificación de su utilización para los técnicos que la prescribiesen, pero este mercado conlleva una gran inversión que los empresarios no quieren realizar si la comercialización del árido reciclado no aumenta.
- En La Rioja no se cumplen las condiciones que se dan en otras áreas para el desarrollo de estos materiales, la gran abundancia de minas hace que no sea necesaria la investigación en nuevas técnicas y el desarrollo de nuevos materiales.
- Existen en Europa numerosos ejemplos de construcciones realizadas con este material que demuestran su viabilidad.

5.3 CONCLUSIONES SOBRE LOS ENSAYOS

- La normativa que regula el hormigón reciclado se ha quedado antigua que quizás no anticuada. Los ensayos demuestran que se puede usar sin problemas este material incluso en un porcentaje superior al 20%.
- Los resultados de los ensayos realizados han sido similares a los realizados en otros estudios sobre el uso del árido reciclado, en todos los ensayos se demuestra que es posible el uso del árido reciclado sin una disminución de las características, y que incluso es posible aumentar este porcentaje.
- Las propiedades que presentan mayores problemas como son la absorción, resistencia y durabilidad se pueden corregir mediante el uso de aditivos, que en la mayoría de los casos ya se usa para los hormigones realizados con árido natural, pero que en ningún caso supone que no se cumplan las características exigidas.

5.4 CONCLUSIONES SOBRE LA OBTENCIÓN DE DATOS

- Los datos se han obtenido principalmente de dos fuentes, las empresas del sector mediante visitas y reuniones; y del Gobierno de La Rioja, con la información oficial proporcionada en diferentes medios y reuniones.
- La información recibida de ambos medios es contradictoria, ya que unos hablan de falta de interés y otros piden apoyo de la administración.

5.5 CONCLUSIONES SOBRE LAS CANTERAS

- En La Rioja es fácil tener la autorización para la obtención de árido reciclado, ya sea en mina o cantera o como provisional en la propia obra.

- Los resultados del mapa de interés árido natural-árido reciclado han obtenido han sido contundentes, ya que muestran que el 85% de los casos es más viable el árido natural.
- La reducción del número de canteras supondría beneficios para el medioambiente, porque así reduciríamos la polución, el polvo generado, el ruido, el área deforestada... y también el volumen de RCD que se depositaría en vertedero.

5.6 CONCLUSIONES SOBRE EL PRECIO

- La razón por la que no se usa el árido reciclado es principalmente económica ya sea porque no interesa a las administraciones ni a las empresas su desarrollo.
- Se ha hallado la relación entre el coste del árido natural y el reciclado, y se ha llegado a la conclusión de que sería necesario aumentar una media como mínimo de un 9,1% el precio del árido natural para que el precio del árido reciclado fuera inferior al precio del árido natural.

5.7 CONCLUSIONES SOBRE LA ADMINISTRACIÓN

- Debido a que el mercado no regula su uso, debería ser la administración la que penalice o premie su utilización, sin permanecer de modo pasivo, aunque pueda parecer intervencionista.
- Para favorecer el uso de este material, la administración podría puntuar su uso en los concursos para las obras que licite.
- Debería llevar a cabo un trabajo de información tanto a los técnicos como a los consumidores para que estos conozcan los beneficios e inconvenientes de este material.
- Con este trabajo se llega a la conclusión de que no hay un interés real en el desarrollo de este producto en la comunidad de La Rioja.

Capítulo VI

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AGENCIA DE RESIDUOS DE CATALUÑA. Resolución TES/441/2012, de 28 de Febrero, por la que se hace pública la convocatoria de ayudas para la utilización de árido reciclado de los residuos de la construcción con marcado CE en obras promovidas por las entendidas locales y las empresas públicas municipales de Cataluña. 2012
- [2] Agencia de Residuos de Cataluña. Resolución TES/441/2012, de 28 de Febrero, por la que se hace pública la convocatoria de ayudas para la utilización de árido reciclado de los residuos de la construcción con marcado CE en obras promovidas por las entendidas locales y las empresas públicas municipales de Cataluña. 2012
- [3] AGUADO, A: “Demolición y reutilización de estructuras de hormigón”. GEHO-CEB. Sept.1997
- [4] AJDUKIEWICK, A. ; HULIMKA, J; KLISZCZEWICZ, A: “ Structural RC Members from Recycled AGGREGATE Concrete”, 2001
- [5] AJDUKIEWICZ A, KLISZCZEWICZ, AT. “Comparative tests of beams and columns made of recycled aggregate concrete and natural aggregate concrete” Journal of Advanced Concrete Technology. VOL 5 pp 259-273. Junio 2007
- [6] ALAEJOS, P Y OTROS: “Estudio experimental preformativo sobre la utilización de los residuos de la construcción y demoliciones en hormigón reciclado de aplicación

- estructural. 2007
- [7] ALAEJOS, P Y OTROS; "Utilización del árido reciclado para la fabricación del hormigón estructural". Monografías ACHE. Sept. 2006.
- [8] BARRA M., VAZQUEZ E.; "The influence of retained moisture in aggregates from recycling on the properties of new hardened concrete". Waste Management. Vol 16 pp. 113-117. Año 1669
- [9] BARRA, M: "Estudio de la durabilidad del hormigón con árido reciclado en su aplicación como hormigón armado" Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006.
- [10] C.U.R. (Centre for Civil Engineering Research and Codes): "Report nº125: Crushed concrete rubble and masonry rubble as aggregate for concrete". Holanda
- [11] CASUCCIO M, TORRIJOS M, GIACCCIOG, ET AL; "Failure mechanism of recycled aggregate concrete". Construction and Building Materials. Vol 22 pp 1500-1506. Jul 2008
- [12] COLLINS, R.J. : "BRE Digest 433: Recycled Aggregates" Nov. 1998
- [13] DHIR, R.K.; LIMBACHIYA; M.C.; LEELAWAT, T: "Suitability of recycled aggregate for use in bs 5328 designated mixes". Structures and Buildings. Agosto 1999
- [14] DIN 4226-1:2000: "Concrete Aggregate".
- [15] DOS SANTOS, J.R.; BRANCO, F; DE BRITO, J.: "Mechanical properties of concrete with coarse recycled concrete aggregates". Sustainable Construction; Ed. Dhir Herderson y Limbachiya. 2002
- [16] DOSHO, Y.; KIKUCHI, M.;NARIKAWA, A.; AHSIMA, AK.: " Application of recycled concrete for structural concrete-experimental study on the quality of recycled aggregate and recycled aggregate". Proceedings of the Fifth CENMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, June 4-9, 2000, Barcelona
- [17] ECOTEC. Study on environmental taxes and charges in the EU. Final Report Chapter 11: Aggregates.
- [18] ECOTEC. Study on environmental taxes and charges in the EU. Final Report: Annex 3
- [19] ESPAÑA, Ministerio de la presidencia: RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se

regula la producción y gestión de los residuos de producción.

- [20] ESPAÑA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. CEDEX. ALAEJOS, P: "Tipos y propiedades de áridos reciclados" 2008
- [21] ETXEBARRIA, M.: "Experimental study on microstructure and structural behavior of recycled aggregate concrete". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 2004
- [22] EUROPEAN DEMILITION ASSOCIATION (EDA). "Demolition and construction debris: Questionnaire about an EC Priority waste stream". The Hague, 1992
- [23] European Environment Agency. Effectiveness of environmental taxes and charges for managing sand, gravel and rock extraction in selected EU countries. ISSN 1725-9177 Año 2008
- [24] EVANGELISTA L.; BRITO J.: Mechanical behavior concrete made with fine recycled concrete aggregates". Cement and concrete composites. Vol 29, pp397-401. Enero 2007
- [25] EXTXBERRIA M.; VÁZQUEZ E.; MARÍ A. BARRA.: "Influence of amount of recycled coarse aggregate and production process on properties of recycled aggregate concrete". Cement and Concrete Research Vol 37, pp 735-742. May 2007
- [26] FERNANDEZ CANOVAS M.: "Hormigón". Servicio de publicaciones de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos.1991
- [27] GEAR. Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de la construcción y demolición.
- [28] GILBERT F.: "Diseño de nuevos materiales procedentes del reciclaje de escombros de construcción y demolición: RUE (residuos urbanos de edificación) y RAHA (residuos de aglomerados hidráulicos y asfálticos)". Tesis doctoral ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria. 2003
- [29] GILBERT, F: "Diseño de nuevos materiales procedentes del reciclaje de escombros de construcción y demolición. RUE (residuos urbanos de edificación) y RAHA (residuos aglomerados hidráulicos asfálticos). Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. 2003
- [30] GOBIERNO DE LA RIOJA: Plan director de Residuos de La Rioja 2007-2015
- [31] GOMEZ SOBERON, JMV: "Comportamiento tenso deformación, instantáneo y diferido de hormigón con árido reciclado". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 2002

- [32] GOMEZ SOBERON, JMV: "Porosity of recycled concrete with substitution of recycled concrete aggregate: an experimental study". Cement and Concrete Research, Vol 32 pp. 1301-1311, 2002.
- [33] GÓMEZ, J.M: "Comportamiento tenso-deformación instantáneo y diferido de hormigón con árido reciclado" Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006.
- [34] GOMEZ, JMV.; VAZQUEZ, E.; AGULLÓ, L.: "Hormigón con áridos reciclados. Una guía de diseño para mejorar el material". Monografía CIMNE. Nº 60 Mayo 2001
- [35] GONZALEZ FONTEBOA, B.: "Hormigones con áridos reciclados procedentes de demoliciones: dosificaciones, propiedades mecánicas y Comportamiento Estructural a Cortante". Tesis doctoral. E.T.S.I. Caminos, canales y puertos, Universidad Politécnica A Coruña, 2002
- [36] GONZALEZ FONTEBOA, B.; MARTINEZ ABELLA F.: "Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume. Materials and mechanical properties" Source: Buildings and Environment. VOL 43. Pp:429-437 Abril 2008
- [37] GONZALEZ, B: "Hormigones con áridos reciclados procedentes de demoliciones: dosificaciones, propiedades mecánicas y comportamiento estructural a cortante" Tesis doctoral. Universidad Politécnica A Coruña. 2002
- [38] GOTTFREDSEN, F.R.; THOGERSEN, F."Recycling on concrete in aggressive environment". Demolition and reuse of concrete and masonry, proceedings of the third international RILEM Symposium; Ed. K. Lauritzen; pp. 309-318; Año 1993
- [39] HANSEN T.C.: "Recycling of demolition concrete and masonry" RILEM Report. 1992
- [40] HANSEN T.C.; SHULZ, R.; HENDRICKS, CH.; MOLIN,C.; LAURITZEN,K.; "Recycling of demolition concrete and masonry" RILEM Report of Technical Committee 37-DCR Demolition and reuse concrete. RILEM.1992
- [41] HANSEN, T.C. ; MARGA, M.: " Strength and recycled concrete made from coarse and fine recycled concrete aggregate"; Demolition reuse of concrete and masonry, Vol 2 Reuse of demolition waste, proceedings of the second international RILEM Symposium; Ed y. Kasai; pp 605-612, Noviembre 1988
- [42] HANSEN, T.C.; BOEEGH, E.: "Elasticity and drying shrinkage of recycled-aggregate

concrete". ACI Journal Vol 82 N°5, pp 648-652, Octubre 1985

- [43] HB 155-2002:"Guide to the use of recycled concrete and masonry materials". Standards Australia
- [44] HENDRICKS, CH; JANSSEN, G.; VAZQUEZ, E: "Recycled aggregate in concrete". RILEM Final report of RILEM TC 198-ISBN: 2-912143-82-9. Año 2005
- [45] Herczeg, M; Musil, M: Effectiveness of environmental taxes and charges for managing sand, gravel and rock extraction in selected EU countries. European Topic Centre on Resource and Waste Management. Noviembre 2007
- [46] JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. "New standards on recycling aggregates end Molten –slag in Japan". <http://www.jsce-int.org>
- [47] JAPANESE INDUSTRIAL STANDARDS COMMITTEE. <http://www.jisc.go.jp/eng/>
- [48] KARLSEN, J; PETKOVIC,G.;LAHUS, O.: " A Norwegian certification Scheme for recycled aggregate (RCA)". Sustainable BUILDINGS 2002.
- [49] LÓPEZ, F: "Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas". Tesis doctoral. Universidad de Oviedo. 2008.
- [50] MARTINEZ, I: "Estudio sobre los residuos de construcción y demolición en Galicia: método de estimación de la producción anual y usos posibles para su reciclaje. 2006
- [51] Ministerio de Fomento y GBCe: "herramienta de Ayuda al Diseño para una edificación más sostenible HADES". Versión beta. Manual del Usuario 2011.
- [52] MINISTERIO DE FOMENTO. Instrucción de hormigón estructural. EHE. Centro de publicaciones. Julio 2008
- [53] MINISTERIO DE FOMENTO. Residuos de construcción y demolición. Aspectos económicos. CEDEX. Diciembre 2010
- [54] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. I Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición. Año 2001
- [55] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Plan nacional integrado de Residuos. Año 2007

- [56] PARRA Y ALFARO, J.L: "Caracterización de residuos de construcción y demoliciones de la comunidad de Madrid como áridos reciclados para la fabricación de hormigones". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 2001.
- [57] Quarry Products Association. Assessment of the Impacts of the aggregates levy. Septiembre 2003
- [58] SANCHEZ DE JUAN, M.:" Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Año 2005
- [59] SÁNCHEZ DE JUAN, M: "Estudio sobre la utilización de árido para la fabricación de hormigón estructural. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 2005
- [60] Söderholm, P: Taxing virgin natural resources: Lessons from aggregates taxation in Europe. Lulea University of Technology. Año 2011
- [61] UNE- EN 1097-3 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 3. Determinación de la densidad aparente y la porosidad en áridos.
- [62] UNE- EN 12350-2 Ensayos de hormigón fresco. Parte 2. Ensayo de asentamiento
- [63] UNE- EN 933-1. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte1. Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
- [64] UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2. Determinación de la resistencia a la fragmentación.
- [65] UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5. Determinación del contenido en agua en áridos.
- [66] UNE-EN 1097-6 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6. Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.
- [67] UNE-EN 12350-1 Ensayos de hormigón fresco. Parte 1. Toma de muestras.
- [68] UNE-EN 12350-6 Ensayos de hormigón fresco. Parte 6. Determinación de la densidad.
- [69] UNE-EN 12350-7 Ensayos de hormigón fresco. Parte 7. Determinación del contenido de aire. Métodos de presión.

- [70] UNE-EN 12390-1 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1. Forma, medidas y otras características de probetas y moldes.
- [71] UNE-EN 12390-2 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.
- [72] UNE-EN 12390-3 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
- [73] UNE-EN 12390-6 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Resistencia a tracción indirecta de probetas.
- [74] UNE-EN 12390-7 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Densidad del hormigón endurecido.
- [75] UNE-EN 12390-8 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Profundidad de penetración de agua bajo presión.
- [76] UNE-EN 12620. Áridos para hormigón
- [77] UNE-EN 83316 Ensayos de hormigón. Determinación del módulo de elasticidad en compresión.
- [78] UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8. Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- [79] VÁZQUEZ, E: "Proyecto para la elaboración de la Guía Española de áridos Reciclados (2008-2010)
- [80] www.larioja.org; GOBIERNO DE LA RIOJA: Estudio y Plan de gestión de RCD conforme al RD105/2008. 2010.

ANEXO A

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Amasada		7									
Árido Natural	% de sustitución	20,00%	Designación del hormigón			HA-30/B/20/IIa	tamaño máx. del árido:		20mm		
Conservación: En laboratorio cámara húmeda			Refrentado: pulido			Compactación: picado con barra		Norma muestreo UNE 83300/84			
Probetas	150x300 mm.	Consistencia	Ensayo Nº 1:		6,00	Ensayo Nº2:		5,00		Media: 5,50	
Probeta	Volumen muestra (m3)	hormigón (días)	Carga de rotura (KN)	Tensión de rotura (Mpa)	Tensión media (Mpa)	Absorción	Densidad	Aire Ocluido			
Nº	Molde										
1	2008	7	447,40	25,30	25,30						
2	2009	28	469,70	28,10	28,70						
3	2010	28	503,20	28,50							
4	2011	28	519,60	29,40							
5	2012	28			S	1,06%	2,38				
6	2013	28				1,02%	2,36				
7	2014	28				1,54%	2,35				

ANEXO B

LISTADO GENERAL DE LOS DERECHOS MINEROS

LISTADO GENERAL DE LOS DERECHOS MINEROS EN LA C.A.R. - Fecha: 14/10/2013

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
AAA-0029600	A	AGUALINOS.	Gravas y Arenas		28/09/99	10/02/00	30/04/02	22/05/02	NO
AAA-0032800	A	ALDESA	Gravas y Arenas		04/04/01			27/04/04	NO
AAA-0013600	A	AMOS A.	Gravas y Arenas		22/08/79	09/01/80		01/06/06	NO
AAA-0009000	A	ANA MARI.	Gravas y Arenas		04/08/78	23/02/77		30/03/07	NO
AAA-0028100	A	ANGULO-	Gravas y Arenas		02/01/98			28/01/00	NO
AAA-0033400	A	ANTOÑANZAS	Calizas	Arnedillo	19/07/02	12/12/08			SI
AAA-0015100	A	ARENAL DEL PUENTE.	Gravas y Arenas		07/07/80	22/07/80		07/08/06	NO
AAA-0028200	A	ARIDOS AUTOL-	Gravas y Arenas		28/05/96			28/07/96	NO
AAA-0026300	A	ARIDOS AUTOL.	Gravas y Arenas		03/07/96	16/12/96		09/03/06	NO
AAA-0034600	A	ATLANTICA	Gravas y Arenas		12/03/02			29/11/04	NO
AAA-0036300	A	ATLANTICA	Calizas		30/09/04			18/05/07	NO
AAA-0024100	A	BAÑARES.	Gravas y Arenas		13/05/93	16/08/93	06/11/02	29/03/04	NO
AAA-0037200	A	BAÑOS	Gravas y Arenas		30/11/05			20/07/07	NO
AAA-0007600	A	BENITO.	Gravas y Arenas	Pradejón	15/02/74	18/03/74			SI
AAA-0038000	A	BRIONES	Gravas y Arenas		21/08/07			11/04/08	NO
AAA-0022900	A	BRIONES-	Gravas y Arenas		23/10/90			19/09/96	NO
AAA-0023000	A	BRIONES I-	Gravas y Arenas		23/10/90			19/09/96	NO
AAA-0027800	A	BUSTAL DE BLANCA.	Gravas y Arenas	Murillo de Río Leza	30/09/97	13/05/98			SI
AAA-0028700	A	CABEZO ROYO-	Arcillas		29/10/98			12/07/00	NO
AAA-0014900	A	CABRETRAS.	Gravas y Arenas		21/04/82				NO
AAA-0035000	A	CALERO	Gravas y Arenas		20/11/03			29/08/05	NO
AAA-0025300	A	CAMINO DE EN MEDIO.	Gravas y Arenas		23/03/95	12/07/95		12/12/11	NO
AAA-0037000	A	CAMINO TARAZONA	Gravas y Arenas	Alfaro	30/06/05	17/03/08			SI
AAA-0020300	A	CAMPINO.	Gravas y Arenas		11/12/88	24/03/88		02/06/08	NO
AAA-0037600	A	CAMPO BAJO.	Gravas y Arenas		07/11/06	28/11/08		28/01/13	NO
AAA-0039600	A	CANDOR	Calizas		30/06/10			27/10/11	NO
AAA-0037100	A	CANDORIN	Calizas		24/11/05			31/03/11	NO
AAA-0036500	A	CANDORIN	Calizas		16/08/04			13/09/05	NO
AAA-0024700	A	CAÑAS-	Gravas y Arenas		07/04/94			17/02/85	NO
AAA-0022600	A	CARMONA.	Gravas y Arenas		24/09/90	27/02/91		25/06/07	NO
AAA-0026900	A	CARRACARROS-	Gravas y Arenas		08/11/96			29/03/99	NO
AAA-0032200	A	CARRACARROS.	Gravas y Arenas	Bañares	30/01/01	23/12/02			SI
AAA-0029100	A	CARRACARROS 2.	Gravas y Arenas		19/07/99	31/08/99		15/03/06	NO
AAA-0031600	A	CARRACARROS 3.	Gravas y Arenas	Villalobar de Rioja	08/09/00	29/03/01			SI
AAA-0034300	A	CARRACARROS 4.	Gravas y Arenas	Bañares	31/10/02	29/09/05			SI

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
AAA-0035200	A	CASCAJAL 3	Gravas y Arenas	Calahorra	04/11/03	05/07/06			SI
AAA-00333500	A	CASCAJAL-1	Gravas y Arenas		28/01/02	09/01/04		02/05/06	NO
AAA-00333600	A	CASCAJAL-2	Gravas y Arenas	Calahorra	12/04/02	30/05/06			SI
AAA-0025700	A	CASCAJERA-	Gravas y Arenas		19/10/95			09/01/96	NO
AAA-0029300	A	CASCAJO 2	Gravas y Arenas		29/07/99	15/02/00	28/10/03	21/04/06	NO
AAA-0026200	A	CASCAJOS	Gravas y Arenas		05/01/98	13/08/99	28/10/03	21/04/06	NO
AAA-0039300	A	CASTANARES-	Gravas y Arenas	Castañares de Rioja	24/07/09	06/10/10			SI
AAA-0035900	A	CENCERO	Gravas y Arenas		30/08/04			26/04/05	NO
AAA-0036600	A	CENCERO I.	Gravas y Arenas	Centenero	16/12/04	22/11/05			SI
AAA-0036700	A	CENCERO II.	Gravas y Arenas	Centenero	16/12/04	22/11/05			SI
AAA-0038700	A	CENCERO III	Gravas y Arenas		26/03/03				NO
AAA-0036300	A	CHURI.	Gravas y Arenas	Churi	21/02/08	20/12/10			SI
AAA-0025400	A	COFIN	Gravas y Arenas	Alfaro	31/03/95	29/01/96			SI
AAA-0036000	A	COFRADES	Gravas y Arenas		30/08/04	28/06/05		07/06/07	NO
AAA-0028500	A	DAROCA-	Gravas y Arenas		18/05/98			14/12/98	NO
AAA-0015500	A	DEFENSA A.	Calizas	Alfaro	26/11/81	21/01/82			SI
AAA-0026400	A	DIAZ NICOLAS.	Gravas y Arenas	Agoncillo, Logroño	05/07/96	06/03/97			SI
AAA-0031500	A	EL ARCHADAL	Gravas y Arenas		01/09/00	24/11/00	07/07/05	26/12/05	NO
AAA-0033100	A	EL CALVARIO.	Gravas y Arenas		21/06/01			29/09/05	NO
AAA-0032000	A	EL CANAL	Gravas y Arenas		09/11/00			28/12/00	NO
AAA-0034700	A	EL CANTARRAL.	Gravas y Arenas	Nájera	23/07/03	15/06/05			SI
AAA-0033700	A	EL CERRILLO	Gravas y Arenas		04/02/02	06/07/04		12/09/06	NO
AAA-0030200	A	EL CORRAL	Gravas y Arenas		23/12/99	27/01/00		24/04/06	NO
AAA-0023900	A	EL ESPINAL.	Gravas y Arenas	Bañares, Villalobar de Rioja	24/11/92	08/02/94			SI
AAA-0029700	A	EL ESPINAL I.	Gravas y Arenas	Bañares, Villalobar de Rioja	28/09/99	10/02/00			SI
AAA-0029800	A	EL ESPINAL 2	Gravas y Arenas		28/09/99	10/02/00	30/04/02	22/05/02	NO
AAA-0035400	A	EL LLANO	Gravas y Arenas		02/03/04			26/08/05	NO
AAA-0026800	A	EL MISTRAL-	Gravas y Arenas		22/01/88			17/11/99	NO
AAA-0027200	A	EL MONTE.	Gravas y Arenas		03/03/97	08/01/99		28/01/13	NO
AAA-0031300	A	EL MONTECILLO	Gravas y Arenas		11/08/00	18/10/00		30/03/07	NO
AAA-0010400	A	EL PEDROSO.	Arcillas			12/02/90		16/05/06	NO
AAA-0035500	A	EL PORTILLO I	Gravas y Arenas		15/10/03			02/08/05	NO
AAA-0035600	A	EL PORTILLO II	Gravas y Arenas		15/10/03			02/08/05	NO
AAA-0035700	A	EL PORTILLO III	Gravas y Arenas		15/10/03			02/08/05	NO
AAA-0010500	A	EL RAPOSAL	Gravas y Arenas		02/08/77	13/01/98		28/04/05	NO
AAA-0021100	A	EL RESACO.	Gravas y Arenas		25/02/88	30/06/89		07/03/06	NO
AAA-0026700	A	EL RINCON I.	Gravas y Arenas	Logroño	09/10/96	27/02/97			SI
AAA-0026800	A	EL RINCON II.	Gravas y Arenas	Logroño	09/10/96	16/02/98			SI

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
AAA-0030000	A	EL SILO	Gravas y Arenas		24/11/99	06/04/00		10/04/06	NO
AAA-0029000	A	ESECABO.	Gravas y Arenas	Ribafrecha	29/02/96	27/02/97			SI
AAA-0026100	A	EXCON I.	Gravas y Arenas		11/03/96			19/04/96	NO
AAA-0009600	A	FRAILE.	Yeso			05/05/77	31/01/91	23/05/06	NO
AAA-0013200	A	GARCIA.	Gravas y Arenas	Rincón de Soto	02/09/79	09/01/80	07/01/02		SI
AAA-0021800	A	GARCIA II.	Gravas y Arenas		31/01/90			09/03/96	NO
AAA-0027100	A	GARCIA III.	Gravas y Arenas		20/02/97	19/09/97			SI
AAA-0027400	A	GARCIA IV.	Gravas y Arenas	Alfaro	25/04/97			17/11/99	NO
AAA-0031000	A	GRANÓN	Gravas y Arenas		26/07/00			29/08/08	NO
AAA-0036500	A	GROMO	Gravas y Arenas		29/02/08				NO
AAA-0035800	A	GRUALINOS	Gravas y Arenas		28/05/04			31/05/07	NO
AAA-0031100	A	GRUALINOS	Gravas y Arenas		04/09/00			04/03/04	NO
AAA-0026500	A	HERNANDEZ I.	Gravas y Arenas		05/07/96	16/09/96			SI
AAA-0025900	A	HERRAMELLURI.	Gravas y Arenas	Agoncillo	29/02/96			03/03/97	NO
AAA-0025100	A	HOYUELAS.	Gravas y Arenas		23/02/95	20/12/95		14/04/08	NO
AAA-0015300	A	IGATE I.	Gravas y Arenas		20/01/81	20/01/81		21/07/05	NO
AAA-0036900	A	IGATE II.	Gravas y Arenas	Cenicero	20/05/05	08/03/06			SI
AAA-0015400	A	IGATE 2	Gravas y Arenas		02/06/81			29/03/01	NO
AAA-0024000	A	ISMAEL.	Gravas y Arenas		15/01/93			31/01/97	NO
AAA-0020600	A	JARRARTE.	Gravas y Arenas		26/11/87			04/04/95	NO
AAA-0021400	A	JIMENEZ.	Gravas y Arenas		05/04/89	14/04/93		29/11/95	NO
AAA-0033000	A	JULIO ANGUILO	Gravas y Arenas		21/06/01			20/03/06	NO
AAA-0030600	A	JUPESA.	Gravas y Arenas	Cucurruita de Río Tirón	29/05/00	06/11/00			SI
AAA-0039700	A	LA BARCA.	Gravas y Arenas		23/11/09				NO
AAA-0030100	A	LA BIGORTILLA.	Gravas y Arenas	Haro	23/12/99	06/11/00			SI
AAA-0006300	A	LA CAROLINA.	Calizas	Leza de Río Leza	29/11/68	26/04/69			SI
AAA-0029000	A	LA CUESTA.	Gravas y Arenas		15/07/99	17/09/99		07/03/06	NO
AAA-0024300	A	LA CUEVA	Calizas	Grávalos	06/07/93	08/02/94			SI
AAA-0030300	A	LA DEHESA	Gravas y Arenas	Clavijo	20/03/00	17/05/00			SI
AAA-0030900	A	LA DEHESA 2	Gravas y Arenas	Murillo de Río Leza	01/09/00	29/11/00			SI
AAA-0036100	A	LA GARENA	Gravas y Arenas		09/08/04				NO
AAA-0030700	A	LA GUERRA	Gravas y Arenas	Rodezno, Zarratón	17/07/00	28/12/00			SI
AAA-0012800	A	LA ISLA.	Gravas y Arenas		01/05/79	25/05/79		31/01/94	NO
AAA-0040000	A	LA LASTRA.			21/03/11			05/08/13	NO
AAA-0020700	A	LA LIENDE.	Gravas y Arenas		26/11/87			03/05/94	NO
AAA-0033600	A	LA LINDE.	Gravas y Arenas	San Vicente de la Sonsierra	07/06/02	26/10/04			SI
AAA-0009400	A	LA LLANA.	Gravas y Arenas	Logroño	04/05/77	17/05/77	31/01/91		SI
AAA-0032300	A	LA LOMA	Gravas y Arenas		16/02/01	16/07/01		22/05/06	NO

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
AAA-0034400	A	LA MAGDALENA	Calizas		20/11/02	29/11/04		29/11/04	NO
AAA-0039100	A	LA MESILLA	Gravas y Arenas		21/05/09			01/06/09	NO
AAA-0039500	A	LA MESILLA	Gravas y Arenas	Entrena	31/07/09	29/03/10			SI
AAA-0030400	A	LA RAD.	Gravas y Arenas		27/03/00			02/02/01	NO
AAA-0024200	A	LA RUEDA.	Gravas y Arenas		18/08/93	29/01/96	17/02/03	31/08/05	NO
AAA-0032100	A	LA SACRISTANA	Gravas y Arenas		15/12/00			13/09/05	NO
AAA-0026600	A	LA SACRISTANA-	Gravas y Arenas		26/08/96			18/11/97	NO
AAA-0033900	A	LA SESMILLA.	Gravas y Arenas	Alfaro	22/05/02	08/09/04			SI
AAA-0021500	A	LA UNION.	Gravas y Arenas	Clavijo	01/08/89	14/07/92			SI
AAA-0030800	A	LA VEGUILLA	Gravas y Arenas		31/07/00	29/11/00	07/06/05	31/08/05	NO
AAA-0029500	A	LA VENITA	Gravas y Arenas		27/09/99	17/01/00	07/01/02	30/04/08	NO
AAA-0036200	A	LARRATE.	Gravas y Arenas	Calahorra	05/05/77	16/06/77			SI
AAA-0029400	A	LAS BARGAS	Gravas y Arenas	Santa Eulalia Bajera	30/09/04	18/12/07			SI
AAA-0038600	A	LAS CALCARAS.	Calizas	Igea	29/07/99	23/02/00			SI
AAA-0025200	A	LAS MARTIAS	Calizas		17/03/08			26/10/09	NO
AAA-0021700	A	LAS NEGRAS-	Gravas y Arenas		23/03/95			10/12/96	NO
AAA-0025800	A	LAS QUINCE-	Gravas y Arenas		11/01/90			27/01/95	NO
AAA-0034000	A	LAS VINAS-	Arcos Silíceos		20/10/95			12/12/96	NO
AAA-0034100	A	LOS CERRILLOS I	Gravas y Arenas		03/12/02	22/05/03		04/04/08	NO
AAA-0034200	A	LOS CERRILLOS II	Gravas y Arenas		03/12/02	22/05/03		27/07/06	NO
AAA-0029200	A	LOS CERRILLOS III	Gravas y Arenas		07/12/02		08/06/04	17/06/04	NO
AAA-0037700	A	LOS HORNOS	Gravas y Arenas		21/07/99	13/10/99		22/01/10	NO
AAA-0027700	A	LOS PRADOS.	Gravas y Arenas	Bañares, Villaciobar de Rioja	16/11/06	23/03/09			SI
AAA-0035300	A	LOS RASILLOS-	Gravas y Arenas		17/06/97			14/12/98	NO
AAA-0031200	A	LOS RASILLOS.	Gravas y Arenas	Ocón	05/02/04	03/07/07			SI
AAA-0038200	A	LOS TOCONES 2	Gravas y Arenas		11/09/00	03/10/00		24/08/05	NO
AAA-0038100	A	LUCIA	Gravas y Arenas		20/02/08			13/03/08	NO
AAA-0038400	A	LUCIA.	Gravas y Arenas		12/12/07			01/02/08	NO
AAA-0024400	A	LUCIA.	Gravas y Arenas	Bañares	03/03/08	25/03/09			SI
AAA-0023700	A	MAPILO.	Gravas y Arenas	Alfaro	06/04/92	21/01/94			SI
AAA-0026600	A	MARTA	Arcillas		21/12/98			03/03/93	NO
AAA-0034500	A	MARTA 2.	Gravas y Arenas	Bañares	22/11/02	11/03/99		17/01/06	NO
AAA-0017600	A	MENDIGUERRA.	Gravas y Arenas		15/03/84	11/01/05			SI
AAA-0037500	A	MOLLEGAR	Gravas y Arenas		15/09/06			23/07/07	NO
AAA-0027000	A	MOMEDIANO.	Gravas y Arenas		17/02/97			23/02/00	NO
AAA-0037300	A	MONTE ABAJO.	Gravas y Arenas	Bañares	07/04/06	04/07/07			SI
AAA-0027300	A	MONTE DEL CRISTO.	Gravas y Arenas		18/04/97			18/05/06	NO

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
AAA-0021200	A	MONTECILLO.	Gravas y Arenas		10/03/88	18/08/89		29/11/95	NO
AAA-0017500	A	MORENO.	Arcillas	Alberite	01/05/85				SI
AAA-0024500	A	MOSANROSO.	Gravas y Arenas		29/11/93			14/09/96	NO
AAA-0014300	A	MURILLO A.	Gravas y Arenas	Calahorra	24/01/80	21/05/08			SI
AAA-0024900	A	MURO.	Arcillas		14/10/94			16/04/96	NO
AAA-0040200	A	NAVALQUERVE.	Gravas y Arenas		14/12/11				NO
AAA-0019900	A	NIEVA.	Calizas	Nieva de Cameros	29/08/86	28/01/87			SI
AAA-0037800	A	OJA.	Gravas y Arenas		02/01/07			10/11/11	NO
AAA-0039400	A	OLGA	Gravas y Arenas		04/09/09			15/12/09	NO
AAA-0033300	A	ONTANON	Gravas y Arenas		21/06/01			09/08/06	NO
AAA-0024600	A	OTIN.	Gravas y Arenas	Bañares	28/02/84	12/03/87			SI
AAA-0023300	A	PAJARES I.	Gravas y Arenas		04/07/81				NO
AAA-0023400	A	PAJARES 2.	Gravas y Arenas		04/07/81				NO
AAA-0023400	A	PAJARES 3.	Gravas y Arenas		04/07/81				NO
AAA-0023100	A	PALACIOS.	Arcillas		29/10/90	07/11/96	03/07/02	28/06/06	NO
AAA-0024600	A	PALANCAR.	Gravas y Arenas	Manjarrés	19/04/84	02/05/85			SI
AAA-0020100	A	PASCUAL.	Gravas y Arenas	Albelda de Iregua, Nalda	15/06/87	22/10/87			SI
AAA-0020000	A	PEÑA.	Gravas y Arenas		28/01/85	05/02/85	24/01/94	09/08/04	NO
AAA-0032500	A	PEÑA GORDA	Gravas y Arenas		12/03/01			14/12/05	NO
AAA-0021000	A	PEREDA caducado	Gravas y Arenas		16/02/88				NO
AAA-0039600	A	PIEDRAHINCADA.	Gravas y Arenas		26/10/10				NO
AAA-0029400	A	RAO MEDIO	Gravas y Arenas		26/03/98			07/03/06	NO
AAA-0039000	A	RADE	Gravas y Arenas		31/03/09	03/05/99		14/09/11	NO
AAA-0028000	A	RADES-	Áridos y Basalto		30/12/97			14/04/00	NO
AAA-0022700	A	RASA.	Gravas y Arenas		12/09/90			03/01/94	NO
AAA-0023800	A	REINARES II.	Gravas y Arenas	Calahorra	01/09/92	19/12/94			SI
AAA-0028900	A	REQUEMADA	Gravas y Arenas		09/02/99	22/03/00	12/07/05	13/10/05	NO
AAA-0023600	A	RICHARD.	Gravas y Arenas		25/11/91	28/01/93		03/03/05	NO
AAA-0021600	A	RINCONES.	Gravas y Arenas		09/01/90	27/11/91		13/03/96	NO
AAA-0037900	A	RIO ALTO	Gravas y Arenas		28/06/07			19/10/11	NO
AAA-0039200	A	RIO NUEVO	Gravas y Arenas		26/06/09			15/12/09	NO
AAA-0020500	A	RIO SECO.	Gravas y Arenas		09/09/87	27/02/90	22/03/91	18/05/06	NO
AAA-0017900	A	RIOJA.	Gravas y Arenas		03/10/85			31/07/06	NO
AAA-0020200	A	SAEZ.	Gravas y Arenas		22/06/87			29/03/01	NO
AAA-0022100	A	SALVIAZA.	Gravas y Arenas		11/05/90	25/04/96	10/09/04	05/10/05	NO
AAA-0022400	A	SAMOT.	Gravas y Arenas		13/07/90			09/03/95	NO
AAA-0022900	A	SAN ESTEBAN	Gravas y Arenas		04/11/99			14/09/04	NO
AAA-0022500	A	SAN MARCIAL-	Arcillas		19/06/90			12/08/96	NO

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
AAA-0032600	A	SANCHISNAL.	Gravas y Arenas	Cenicero	27/03/01	15/04/03			SI
AAA-0032700	A	SANCHISNAL 2.	Gravas y Arenas	Cenicero	27/03/01	28/09/06			SI
AAA-0031700	A	SENDA DE LAS VACAS	Gravas y Arenas		27/09/00	29/03/01		04/07/02	NO
AAA-0021900	A	SERRA-	Gravas y Arenas					23/02/94	NO
AAA-0012900	A	SERRA.	Gravas y Arenas		24/05/79	25/05/79		23/02/94	NO
AAA-0036400	A	SIN NOMBRE.	Calizas		04/06/04			08/02/05	NO
AAA-0022300	A	SIN NOMBRE.	Gravas y Arenas		03/06/90			03/01/94	NO
AAA-0032900	A	SINIESTRAS	Gravas y Arenas		15/05/01			22/05/06	NO
AAA-0025500	A	SOBRINO.	Gravas y Arenas		07/06/95	31/08/95		10/05/07	NO
AAA-0034800	A	SOMADILLA.	Gravas y Arenas	Calahorra	29/05/03	27/07/07			SI
AAA-0027900	A	TAMBARRIA	Gravas y Arenas		10/11/97	02/04/98		18/11/09	NO
AAA-0028600	A	TAMBARRIA 2.	Gravas y Arenas	Alfaro	04/09/98	10/02/99			SI
AAA-0025600	A	TOCONES.	Gravas y Arenas		26/07/95	19/01/96			SI
AAA-0022600	A	TOMAS-	Gravas y Arenas	Agoncillo	21/08/90			18/11/92	NO
AAA-0027600	A	TORRECILLA	Calizas		20/05/97			03/10/97	NO
AAA-0031400	A	UCEDA.	Gravas y Arenas		18/08/00			14/09/11	NO
AAA-0031800	A	VALDECARNECERO	Gravas y Arenas	Cenicero	02/10/00	31/01/01			SI
AAA-0034900	A	VALDECUQUILLO.	Gravas y Arenas		18/09/03	18/02/04		09/03/06	NO
AAA-0032400	A	VALDERETE.	Gravas y Arenas	Munillo de Río Leza	08/03/01	13/09/02			SI
AAA-0036600	A	VALDERRIN.	Gravas y Arenas	Cenicero	07/03/05	15/06/06			SI
AAA-0039600	A	VALDESA.	Gravas y Arenas		10/11/09			19/01/11	NO
AAA-0040100	A	VALDESA.	Gravas y Arenas		08/04/11			04/08/12	NO
AAA-0020900	A	VALDESALOMONH.	Gravas y Arenas		02/08/88			29/03/01	NO
AAA-0022200	A	VALLEJO VIEJO.	Gravas y Arenas		11/05/90	15/02/93			SI
AAA-0035100	A	VALPIERRE.	Gravas y Arenas	Cenicero	13/02/04	30/08/05			SI
AAA-0021300	A	VALSALADO.	Gravas y Arenas	Homilla, Nájera	09/09/88	21/04/89	28/06/02	02/12/05	NO
AAA-0027500	A	VALSALADO 2.	Gravas y Arenas		30/04/97			22/05/06	NO
AAA-0033300	A	VARILENGUA	Gravas y Arenas		09/07/01			31/09/05	NO
AAA-0017800	A	VICENTE.	Gravas y Arenas		04/01/95	24/07/95		14/03/94	NO
AAA-0025000	A	VICENTE 2.	Gravas y Arenas		12/02/98			25/04/06	NO
AAA-0028300	A	VICENTE 3.	Gravas y Arenas					01/03/99	NO
AAA-0009300	A	VIDORRETA.	Yeso		05/05/77			17/05/06	NO
AAA-0031900	A	YARRITU	Gravas y Arenas		06/11/00	29/03/01		08/03/06	NO
AAA-0023500	A	YASA MALA-	Gravas y Arenas		29/08/91			29/03/99	NO
AAA-0022000	A	ZACO-	Gravas y Arenas		23/03/90			13/09/92	NO
AAA-0037400	A	ZARRATON.	Gravas y Arenas	Zarratón	23/08/06	23/03/10			SI
AAB-0200300	B	BAL ARNEDILLO	Aguas Termales	Arnedillo		20/01/89			SI
AAB-0200600	B	BAL LA ALBOTEA	Aguas Termales	Cervera del Río Alhama	11/07/02				SI

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
AAB-0200200	B	BAL. Y MAN. GRÁVALOS	Agua Mineral Natural	Cervera del Río Alhama, Grávalos, Igea	25/05/04	15/10/10			SI
AAB-0200500	B	BAÑOS DE FITERO	Aguas Termales	Alfaro, Cervera del Río Alhama		15/11/02			SI
AAB-0200600	B	LA PAZANIA	Agua Mineral Natural	Comaño	23/07/01				SI
AAB-0200400	B	LAGURNIA	Agua Mineral Natural	Celorigo, Fonseca	21/04/04				SI
AAB-0200900	B	MANANTIAL DE LA NAVA		Navajún	24/05/07				SI
AAB-0200100	B	PEÑA CLARA	Agua Mineral Natural	Nestares, Torreclilla en Cameros		06/04/92			SI
AAB-0347000	B	RIQUA			08/04/97	10/12/97		23/12/99	NO
AAB-0200700	B	SAN MILLAN	Agua Mineral Natural	Torreclilla en Cameros	31/08/01	08/02/02			SI
CDC-0341000	C	ADRIANSA	Calizas		08/07/87	31/10/89		09/07/92	NO
CDC-0315800	C	AGUSTIN-JOSEFA.	Arcillas	Haro, Villalba de Rioja	12/12/40	09/07/42			SI
PEC-0338100	C	ALCANADRE II	Sales			22/03/82		26/01/90	NO
CDC-033370A	C	ALFARO.	Arcillas	Alfaro	12/03/77	16/06/80			SI
PIC-0347900	C	ALTO DEL CERRO			01/09/98	15/01/99		30/11/00	NO
CDC-0350400	C	AMADOR			30/01/07			15/12/10	NO
PIC-0345900	C	AMBAS AGUAS						22/02/94	NO
PIC-0346000	C	AMBAS AGUAS	Rocas Ornamentales					17/07/94	NO
PIC-0346300	C	AMBAS AGUAS I				15/07/94		03/03/97	NO
CEC-0346301	C	AMBAS AGUAS II				15/01/96			SI
CEC-0330101	C	AMPL. A VICTORIA	Pirita Ornamental	Muro de Aguas	20/12/94	02/05/83			SI
PIC-0345600	C	AMPLIACION A NOELIA	Pirita Ornamental	Navajún, Valdemadera	23/02/82				NO
PIC-0350800	C	AMPLIACION A NOELIA						28/11/92	NO
PIC-0350900	C	AMPLIACION A NOELIA.			24/10/07			22/12/07	NO
CDC-0344500	C	ANA	Areniscas		21/12/07				NO
CDC-0344000	C	ANDONI	Calizas		17/01/94			28/02/94	NO
CDC-0342500	C	ANGULO	Arena Silicea		18/01/90			27/04/95	NO
PIC-0347200	C	ANTONIO	Cuarzo		09/05/88			17/10/88	NO
PIC-0346800	C	ANTONIO			16/04/97	28/11/97		17/01/08	NO
PEC-0345000	C	ARIJA	Caolín, Cuarzo y Arenas silíceas		26/08/96			16/04/97	NO
PIC-0344600	C	ARNEDO				12/02/92		30/03/93	NO
PEC-0348000	C	AZAGRA				15/12/92		13/06/94	NO
PIC-0342000	C	BALMI 3						10/09/03	NO
CDC-0340700	C	BAÑOS	Gravas y Arenas		26/09/86			09/03/88	NO
CDC-0342300	C	BAÑOS	Gravas y Arenas		21/10/87			21/12/87	NO
CEC-0341801	C	BEGONA	Hierro			23/01/89		19/09/05	NO
						21/12/87		07/02/89	NO

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
CDC-0336400	C	BLANCO.	Arcillas		29/11/78	18/11/80		14/12/00	NO
PIC-0337700	C	BLANQUIZA.	Piritas		08/10/80	18/11/81		17/10/07	NO
CEC-0339501	C	BLANQUIZA II	Piritas		24/06/85	24/03/88		19/02/92	NO
CDC-0332600	C	BUICIO.	Arcillas		17/05/77	05/07/79		24/02/10	NO
CDC-0340200	C	CAMARA	Yeso	Viguera	08/10/85	17/11/87			SI
PEC-0342100	C	CAMEROS	Hierro y otros					30/11/87	NO
PIC-0348300	C	CASCAJO	Rocas Industriales		16/01/01			29/07/07	NO
CDC-0340900	C	CASTILLO	Yeso		01/04/87			16/09/88	NO
PIC-0350100	C	CERVERA	Calizas		09/10/06			04/06/08	NO
CDC-0349500	C	CLAUDIA	Arcillas		15/07/05				NO
PIC-034350A	C	CLETICIA-A	Rocas Ornamentales			09/07/90		21/06/93	NO
PIC-034350B	C	CLETICIA-B	Rocas Ornamentales			20/06/90		11/01/93	NO
CDC-0333000	C	CORDON	Arcillas	El Villar de Arnedo, Praddejón	13/05/76	07/01/80			SI
PIC-0341700	C	DECA I	Hierro y otros					30/11/87	NO
PEC-0346400	C	DEMANDA-1							NO
CDC-034120A	C	DOMI (LA MAJA)	Arcillas		10/03/77	28/06/87		05/05/08	NO
PIC-0347700	C	EBRO	Árdoc Ofíticos			05/05/99		19/06/03	NO
CDC-0347800	C	EL CUMBRERO	Arcillas	Fuenmayor, Navamete	26/06/98	04/05/99			SI
CDC-0351400	C	EL ESCONDITE			23/05/11				NO
PIC-0351000	C	EL GALLO			25/09/08			29/03/10	NO
PIC-0349700	C	EL LENTEJON			14/11/05			04/07/11	NO
CDC-0348500	C	EL PALANCAR	Rocas Industriales		22/03/01				NO
CDC-0351300	C	EL PALANCAR			08/09/09				NO
CEC-0120700	C	EL PORVENIR.		Haro		18/08/87			SI
CDC-033090A	C	EL PRADO.	Yeso	Viguera	11/11/75	05/07/79			SI
PIC-0343700	C	EL ZAGAL	Cobre y Asbesto					11/01/90	NO
PIC-0344300	C	EL ZAGAL						05/12/90	NO
CDC-0346500	C	EXCON I	Gravas y Arenas		22/03/95			14/09/95	NO
CEC-0334500	C	FENOGAL	Calizas			10/04/80	19/02/96	29/02/96	NO
PIC-0346900	C	GARCITORRE	Rocas Ornamentales		12/12/96	28/11/97		11/02/09	NO
CEC-0350200	C	GARCITORRE II	Rocas Ornamentales		20/11/06			11/02/09	NO
CEC-0346901	C	GARCITORRE-1	Rocas Ornamentales	Cuzcurrita de Río Tirón, Ochánduri	02/06/00	13/06/03			SI
CDC-0342700	C	GENARO	Arcillas	Alfaro	27/10/88	26/01/95			SI
PIC-0345200	C	GRAVALOS	Caolín, Cuarzo y Arenas silíceas			08/02/93		22/04/94	NO
PIC-0347100	C	GRAVALOS	Calizas		14/04/97	28/11/97		07/11/08	NO
PIC-034710A	C	GRAVALOS-A	Calizas		14/04/97	28/11/97		07/11/08	NO

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
PIC-034710B	C	GRAVALOS-B	Calizas		14/04/97	28/11/97		19/03/01	NO
CEC-0347101	C	GRAVALOS-1	Calizas	Cervera del Río Alhama, Grávalos	13/07/98	26/03/99			SI
CEC-034711B	C	GRAVALOS-1B	Calizas	Añero, Cervera del Río Alhama	15/03/00	19/03/01			SI
CEC-0347102	C	GRAVALOS-2	Calizas		21/11/00			07/05/03	NO
PIC-0346700	C	GREGORIO	Cuarzo		23/03/77	18/09/79		29/09/96	NO
CDC-0332000	C	HERNANDEZ	Arcillas	Agoncillo, Logroño	27/11/79	15/06/81	09/04/08	07/07/08	NO
CDC-0336800	C	HISPANA	Arcillas		28/03/01			02/08/05	NO
CDC-0348900	C	IGATE 1	Rocas Industriales					23/10/07	NO
PIC-0337800	C	ISASA	Carbón		24/05/77	15/12/82		18/03/11	NO
CDC-0332500	C	IZQUIERDO	Arcillas		10/10/05	15/09/80			NO
CDC-0349600	C	LA CAROLINA	Calizas	Haro	21/01/87	29/09/87			NO
CEC-0125900	C	LA CASUALIDAD						05/07/11	NO
CEC-0349100	C	LA CONCHA							SI
CDC-0336200	C	LA ESTANCA	Arcillas	Calahorra	01/04/82	14/11/89			NO
PIC-0350800	C	LA GRANUA			24/04/07			29/11/07	NO
PIC-0350500	C	LA JALPILLA			14/03/07			30/09/11	NO
CDC-0341800	C	LA PALOMA	Yeso		13/10/87			17/03/89	NO
CDC-0342200	C	LA PLANA	Gravas y Arenas	Villamediana de Iregua	21/12/87	23/01/89			SI
CDC-0341800	C	LA PLANA	Gravas y Arenas		30/09/87			21/12/87	NO
CEC-0178300	C	LA PREVISION		Haro	01/04/97	13/05/99			SI
CDC-0348600	C	LA RUEDA	Rocas Industriales		26/03/01			12/07/05	NO
CDC-0349000	C	LA SARDA	Grava		17/06/02			03/11/09	NO
CDC-0330900	C	LA SOLANA	Yeso	Viguera	26/12/75	06/07/79		01/07/92	SI
CDC-0340800	C	LAS BALSAS	Arcillas		06/10/86	16/10/87			NO
CDC-0331000	C	LAS CONCHAS	Ofitas y otros	Haro	30/01/76	07/01/80			SI
CDC-0336500	C	LAS TORCAS	Arcillas		12/05/77	16/06/82		05/07/06	NO
PIC-0341300	C	LEIRE	Hierro y otros					14/10/87	NO
PIC-0341400	C	LEIRE II	Hierro y otros			10/04/89		13/12/83	NO
PIC-0343400	C	LETICIA	Rocas Ornamentales					10/09/89	NO
PIC-0351200	C	LEZA			25/09/08			29/03/10	NO
PIC-0350300	C	LEZA 1			20/12/06			29/11/07	NO
CEC-0315500	C	LINA	Sulfato de Sosa		01/07/40	19/09/41		20/12/01	NO
PIC-0347300	C	MP ANGELES		Celorigo, Foncea, Galbarruli	22/04/97	24/11/97			SI
CEC-0347301	C	MP ANGELES	Arenas silíceas y félsespática		30/04/04				NO
PIC-0337100	C	MANZANAR			01/10/79	27/06/80		17/01/08	NO
PIC-0345100	C	MARIA	Caolín, Cuarzo y Arenas			15/01/83		22/04/84	NO

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
CDC-0344900	C	MARLO	silice		29/11/91	03/03/93		29/07/08	NO
PEC-0347400	C	MENDILERROA	Arcillas					16/07/99	NO
PIC-0349400	C	MIRANDA			22/04/05	10/07/07		10/09/09	NO
CDC-0350000	C	MONEGRO	Yeso		02/10/06		02/10/07	10/10/07	NO
PEC-0344100	C	NEILA						07/09/90	NO
PIC-0341100	C	NOELIA	Yeso			21/03/88		01/07/92	NO
CEC-0341101	C	NOELIA	Yeso	Cervera del Río Alhama, Grávalos	10/06/91	14/04/92			SI
PIC-034540A	C	NOELIA A	Yeso		01/10/92	25/01/93	28/05/02	17/09/10	NO
PIC-034540B	C	NOELIA B	Yeso		30/09/92	25/01/93	28/05/02	04/12/08	NO
CEC-034541B	C	NOELIA 1B	Yeso	Alfaro, Cervera del Río Alhama	24/04/03	04/07/08			SI
PIC-034541B	C	NOELIA 1B				01/12/98		04/07/08	NO
CEC-034542B	C	NOELIA 2B	Yeso	Alfaro, Cervera del Río Alhama	08/10/03	04/07/08			SI
CDC-0342600	C	PASCUAL	Arena Silíceas		19/10/88			31/05/95	NO
PIC-0343600	C	PEÑAS DEL CAN	Cobre y Asbesto			20/06/90		29/12/92	NO
CEC-0315600	C	PEPITA	Sulfato de Sosa		01/07/40	19/09/41		20/12/01	NO
CDC-0332800	C	PEREZ	Yeso	Leza de Río Leza	31/03/77	22/01/80			SI
PIC-0339600	C	PRADEJON	Salas Alcalinas					11/05/90	NO
CEC-0349200	C	REBECA	Arena					05/07/11	NO
PIC-0349800	C	RIBAFRECHA			07/12/05			18/10/11	NO
CDC-0336600	C	RIBAFRECHA	Yeso	Leza de Río Leza, Ribafrecha	30/05/80	13/04/82			SI
PIC-0342900	C	RIOJA BAJA						19/06/89	NO
CDC-0331800	C	ROMERO	Yeso	Clavijo, Leza de Río Leza	15/04/77	22/01/80			SI
CDC-0342400	C	SAEZ	Aridos Silíceos		08/02/88			17/10/88	NO
CEC-0318500	C	SALINAS DE SANTA BARBARA DE HERRERA	Salas Alcalinas		08/03/47	15/02/55		17/04/97	NO
PIC-0343000	C	SAN IGNACIO DOS	Rocas Ornamentales					21/07/89	NO
PIC-0343100	C	SAN IGNACIO III	Rocas Ornamentales					21/07/89	NO
PIC-0346100	C	SAN JOSE	Rocas Ornamentales					17/05/94	NO
PIC-0346200	C	SAN JOSE	Rocas Ornamentales			16/09/94		29/11/96	NO
PIC-0344200	C	SAN JOSE	Rocas Ornamentales					26/10/90	NO
CDC-0337200	C	SAN MIGUEL	Arcillas		21/02/80	20/08/80		01/10/97	NO
PIC-0346600	C	SAN MIGUEL I						15/07/96	NO
PIC-0344800	C	SAN MILLAN	Yesos y Rocas Salinas			22/02/93		13/06/94	NO
CDC-0331700	C	SAN PEDRO	Arcillas	Lardero	17/11/76	05/07/79			SI

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
PIC-034550B	C	SANTA BARBARA B	Yeso	Lagunilla del Jubera		15/09/97		20/07/09	SI
CEC-034551B	C	SANTA BARBARA 1B	Yeso		29/04/98				NO
CEC-034552B	C	SANTA BARBARA 2B	Yeso	Lagunilla del Jubera	23/09/99	23/06/09			SI
PIC-0345500	C	SANTA ENGRACIA				18/03/93		30/03/93	NO
PIC-034550A	C	SANTA ENGRACIA A	Yeso			18/03/93		09/01/06	NO
CEC-034551A	C	SANTA ENGRACIA 1A	Yeso		03/07/01			12/09/05	NO
PIC-0345700	C	SEVILLANO				06/04/94		29/01/96	NO
PIC-0342800	C	SILVIA	Yesos y Rocas Salinas	Alfaro, Cervera del Río Alhama	22/02/89	19/07/10			SI
PEC-0347500	C	SOTO MAÑERO	Rocas Ornamentales					28/04/11	NO
PIC-0343300	C	TARBE			26/07/89			30/10/89	NO
PIC-0344400	C	TARBE				18/03/91			NO
CEC-0344401	C	TARBE	Arcillas		03/05/91	30/03/93		07/06/11	NO
CDC-0347600	C	TARBE 2	Arcillas		23/01/98	18/02/99		02/06/11	NO
CDC-0336700	C	TARRACO.	Arcillas	Alfaro	23/08/79	20/01/82			SI
CDC-0332100	C	ULECIA.	Yeso		12/05/76	22/01/80		28/04/00	NO
CDC-0348600	C	VALDECARNECERO	Rocas Industriales		28/03/01				NO
CDC-0348300	C	VALDECARNECERO	Rocas Industriales		06/10/04			03/07/06	NO
CDC-0348700	C	VALLEJO VIEJO	Rocas Industriales		28/03/01			26/02/02	NO
PIC-0348400	C	VALLEJO VIEJO	Rocas Industriales					22/02/02	NO
CDC-0350700	C	VALVERDE	Yeso		31/07/07				NO
PIC-0348500	C	VAREA						20/01/04	NO
CDC-0332700	C	VARGAS.	Arcillas		10/11/75	27/03/80		17/03/06	NO
PIC-0343600	C	VENTAS BLANCAS	Yeso					30/11/89	NO
PIC-0345300	C	VENTAS BLANCAS				20/01/93		15/06/95	NO
PIC-0343900	C	VENTAS BLANCAS						13/02/90	NO
CDC-0340600	C	VICENTE	Gravas y Arenas		07/04/86			19/09/87	NO
CDC-0341500	C	VICENTE	Gravas y Arenas		19/09/87	16/11/88		13/12/93	NO
PEC-0344500	C	VICTORIA				29/01/93		13/12/93	NO
PIC-034470A	C	VIGUERA-A	Yesos y Rocas Salinas			09/02/93		13/06/94	NO
PIC-034470B	C	VIGUERA-B	Yesos y Rocas Salinas			09/02/93		29/06/95	NO
PIC-0348100	C	VILLARROYA	Ofitas					06/07/99	NO
PIC-0348200	C	VILLARROYA	Ofitas					03/08/99	NO
PIC-0351100	C	VILLAVIEJA			25/09/08				NO
PIC-0341600	C	VINIÉGRAS	Hierro y otros			21/12/87		01/02/99	NO
CEC-0340301	C	VIRGEN DEL PILAR	Yeso		25/03/88	17/02/89		30/10/89	NO
CEC-034031A	C	VIRGEN DEL PILAR A	Yeso	Lagunilla del Jubera	25/03/88	17/02/89			SI
CEC-034031B	C	VIRGEN DEL PILAR 1B	Yeso		25/03/88	14/04/89		10/02/99	NO

NÚMERO	SECCIÓN	NOMBRE	RECURSOS	UBICACIÓN	F. SOLICITUD	F. OTORGAMIENTO	F. SOLICITUD CADUCIDAD	F. RESOLUCIÓN CADUCIDAD	GEOM.
PIC-0343200	C	VIRGEN DEL VILLAR	Rocas Ornamentales			12/07/89		09/04/96	NO
CEC-0315000	C	VITRIOLO	Sulfato de Sosa		01/07/40	28/05/41		20/12/01	NO
CDC-0349900	C	YESAPRE	Yeso		04/04/06			28/09/09	NO
CED-0337300	D	MIGUEL I	Carbón		31/03/80	29/09/82		27/02/89	NO
PID-0338300	D	NECESARIA	Carbón			21/12/81		06/10/09	NO

ANEXO C

**FICHAS DE MINAS Y CANTERAS DE ÁRIDO
NATURAL**

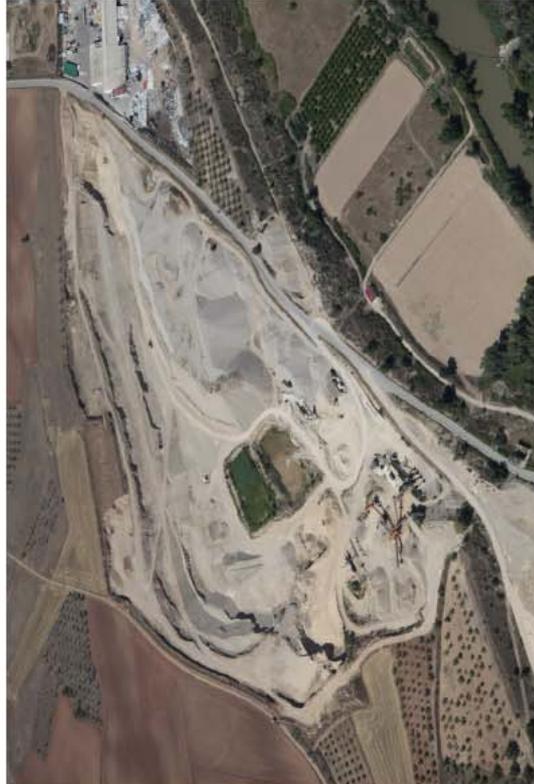
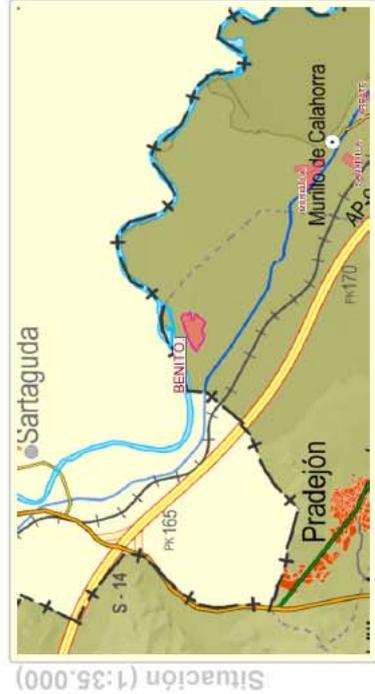
AAA-0007600
BENITO

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0007600
 NOMBRE: BENITO
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Pradejón
 FECHA DE SOLICITUD: 15/02/74
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 18/03/74
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 579664_4689837



AAA-0008400
LA LLANA.

Área de Minas

Política Territorial

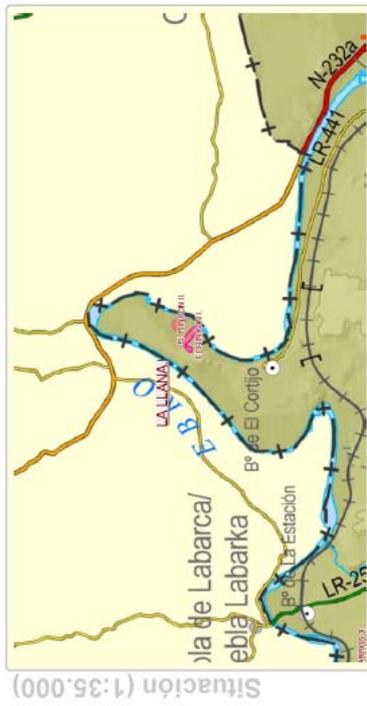
Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0008400
 NOMBRE: LA LLANA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Logroño
 FECHA DE SOLICITUD: 04/05/77
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 17/05/77
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD: 31/01/81
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

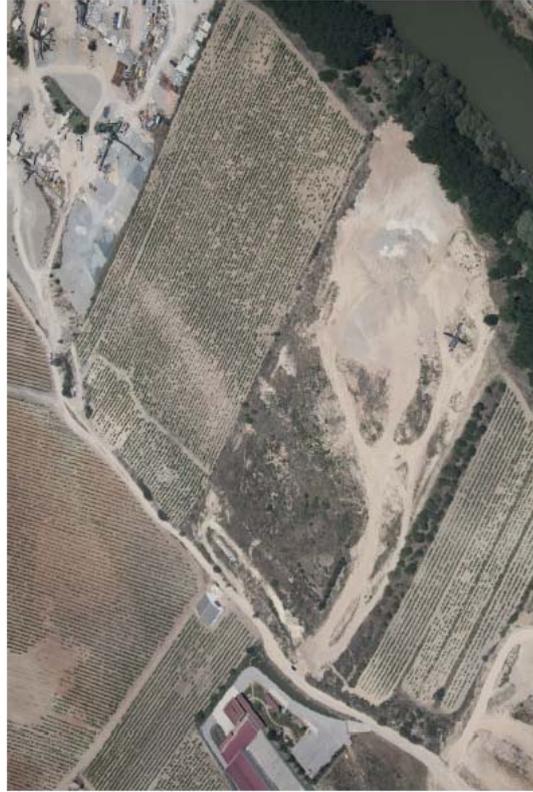
 COORDS ETRS89 UTM00: 536910,4705902

FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



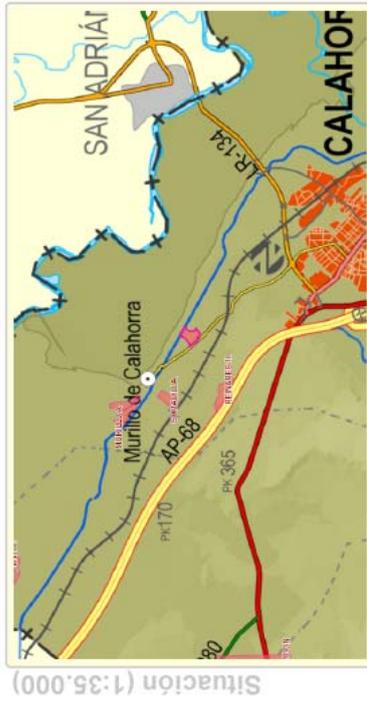
FECHA: 01 DE JULIO DE 2011

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0010100
NOMBRE: LARRATE.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Calahorra
FECHA DE SOLICITUD: 05/05/77
FECHA DE OTORGAMIENTO: 16/08/77
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 883267, 4680914



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011

AAA-0013200
GARCIA.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

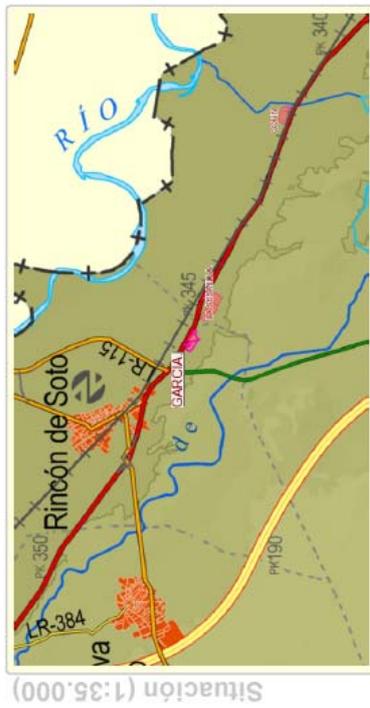
Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0013200
 NOMBRE: GARCIA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Rincón de Soto
 FECHA DE SOLICITUD: 02/09/79
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 09/01/80
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD: 07/01/02
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 596251,4874942



Situación (1:35.000)



Ortofoto 2009



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011

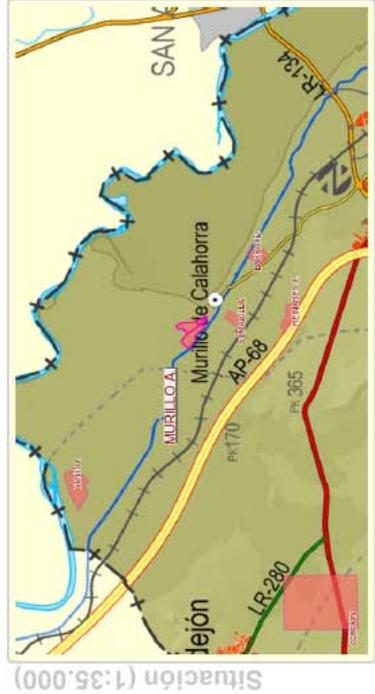


FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011

AAA-0014300
MURILLO A.

Ejida generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0014300
 NOMBRE: MURILLO A.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Calahorra
 FECHA DE SOLICITUD: 24/01/80
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 21/05/08
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:
 COORDS ETRS89 UTM30: 582306,4688018

FECHA: 08 DE JUNIO - 08 2011



FECHA: 08 DE JUNIO - 08 2011

AAA-0014900
CABRERAS.

Gobierno de La Rioja | Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial | Política Territorial | Área de Minas

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0014900
NOMBRE: CABRERAS.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN:
FECHA DE SOLICITUD: 21/04/82
FECHA DE OTORGAMIENTO:
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0017600
 NOMBRE: MENDIGUERRA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN:
 FECHA DE SOLICITUD: 15/03/84
 FECHA DE OTORGAMIENTO:
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011

AAA-0019900
NIEVA.

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0019900
NOMBRE: NIEVA
RECURSOS: Calizas
UBICACIÓN: Nieva de Cameros
FECHA DE SOLICITUD: 29/03/88
FECHA DE OTORGAMIENTO: 28/01/87
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 630038; 4673421



FECHA: 27 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 27 DE JUNIO DE 2011



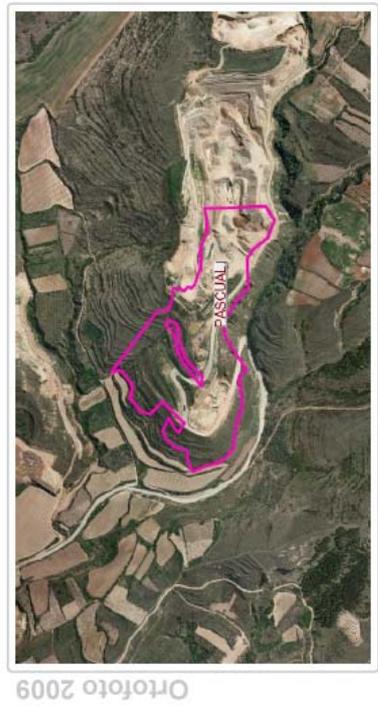
FECHA: 27 DE JUNIO DE 2011

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0020100
NOMBRE: PASCUAL
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Albelda de Iregua, Nalda
FECHA DE SOLICITUD: 15/08/87
FECHA DE OTORGAMIENTO: 22/10/87
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 543417, 4887535



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0021500
NOMBRE: LA UNIÓN.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Clavijo
FECHA DE SOLICITUD: 01/08/89
FECHA DE OTORGAMIENTO: 14/07/92
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



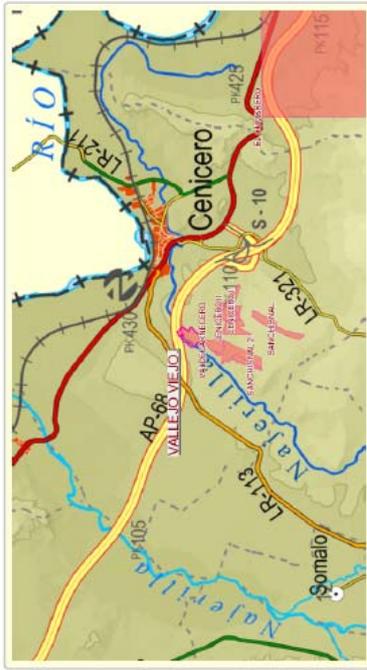
COORDS ETRS89 UTM30: 547625 4880707



Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-002200
 NOMBRE: VALLEJO VIEJO.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Cenicero
 FECHA DE SOLICITUD: 11/05/80
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 15/02/83
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 627717, 4702748



Situación (1:35.000)



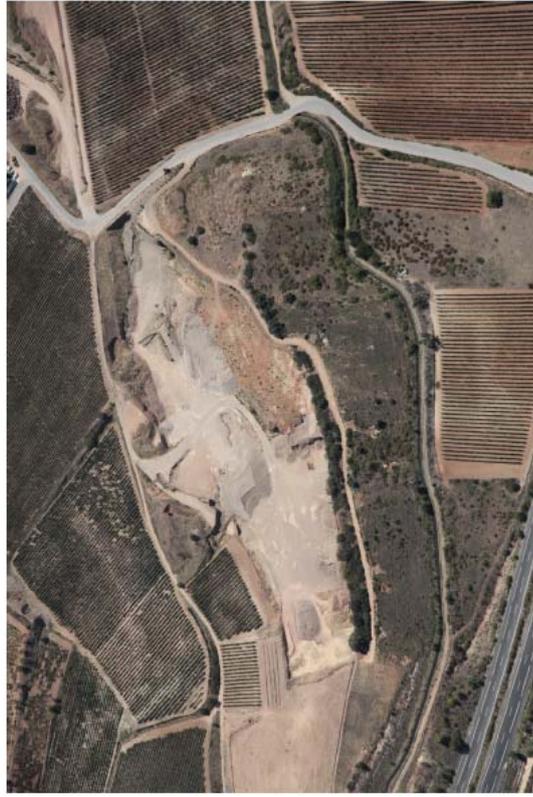
Ortografía 2009



FECHA: 19 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 19 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 19 DE AGOSTO DE 2011

AAA-0023800
REINARES II.

Áreas de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

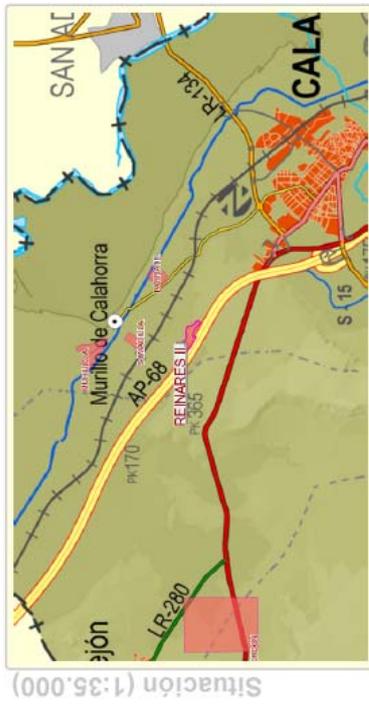


Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0023800
NOMBRE: REINARES II.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Calahorra
FECHA DE SOLICITUD: 01/03/82
FECHA DE OTORGAMIENTO: 19/12/84
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



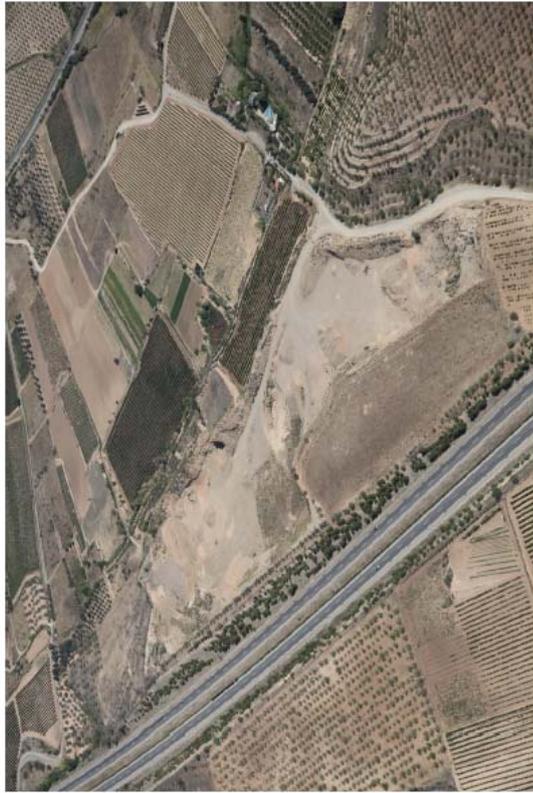
COORDS ETRS89 UTM30: 862564, 466383



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011

AAA-0029700
EL ESPINAL I.

Ficha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0029700
NOMBRE: EL ESPINAL I.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Bañares, Villalobar de Rioja
FECHA DE SOLICITUD: 28/08/89
FECHA DE OTORGAMIENTO: 10/02/00
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM43U: 604290,4702835



AAA-0024400
MAPILO.

Gobierno de La Rioja Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial Política Territorial Área de Minas

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0024400
 NOMBRE: MAPILO.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Alfaro
 FECHA DE SOLICITUD: 13/07/83
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 21/01/84
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 004674,4667573



Situación (1:35.000)



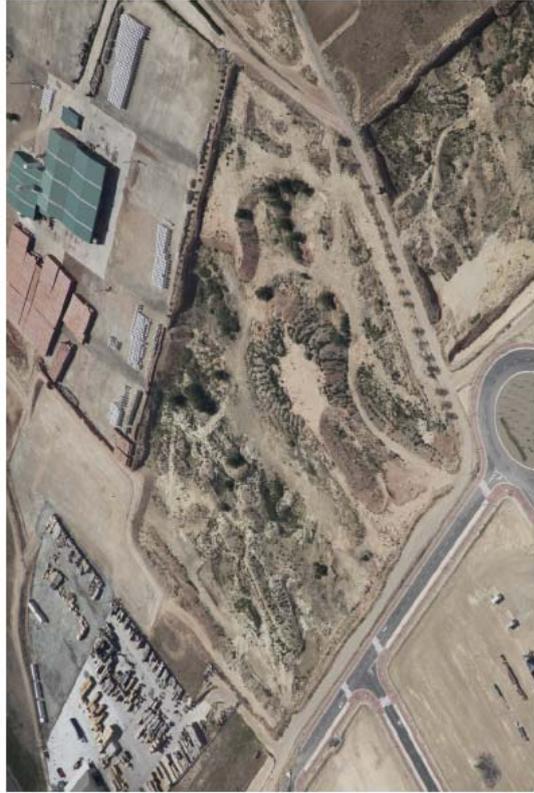
Ortofoto 2009



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011

Haga clic para mostrar una página cada vez



Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial | Política Territorial | Área de Minas

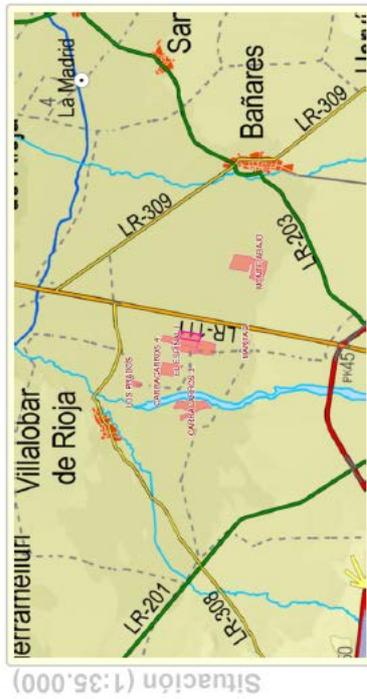
AAA-0024600
OTIN.

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0024600
NOMBRE: OTIN.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Bañares
FECHA DE SOLICITUD: 23/02/04
FECHA DE OTORGAMIENTO: 12/03/07
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 50473,4702839



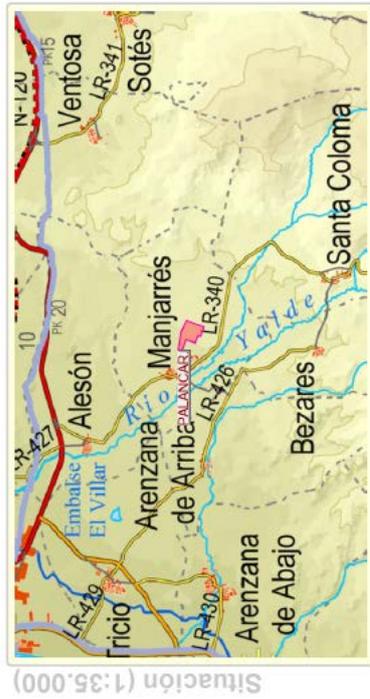
AAA-0024800
PALANCAR,

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0024800
 NOMBRE: PALANCAR.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Manjarres
 FECHA DE SOLICITUD: 19/04/04
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 02/05/05
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



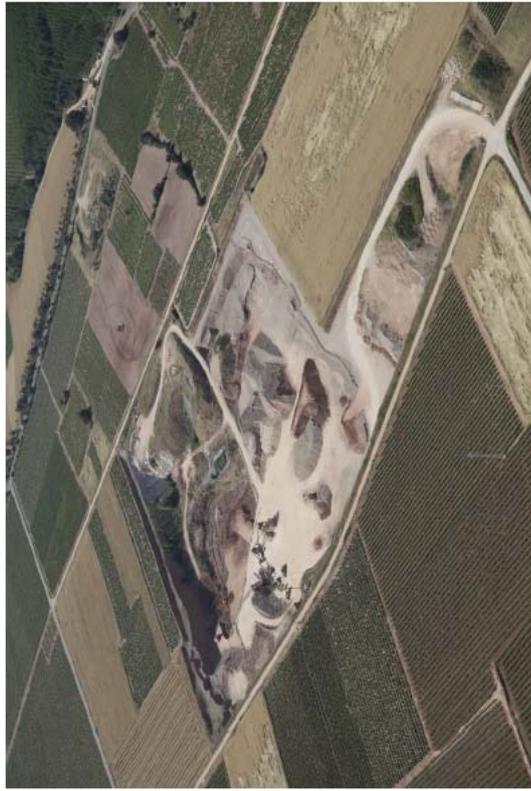
COORDS ETRS89 UTM80: 627422 4693070



FECHA: 17 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 17 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 17 DE JUNIO DE 2011

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0025400
NOMBRE: COFIN
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Alfaro
FECHA DE SOLICITUD: 31/03/95
FECHA DE OTORGAMIENTO: 29/01/96
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 600056; 4673321



AAA-0025600
TOCONES.

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0025600
 NOMBRE: TOCONES.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Agoncillo
 FECHA DE SOLICITUD: 26/07/05
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 19/11/08
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



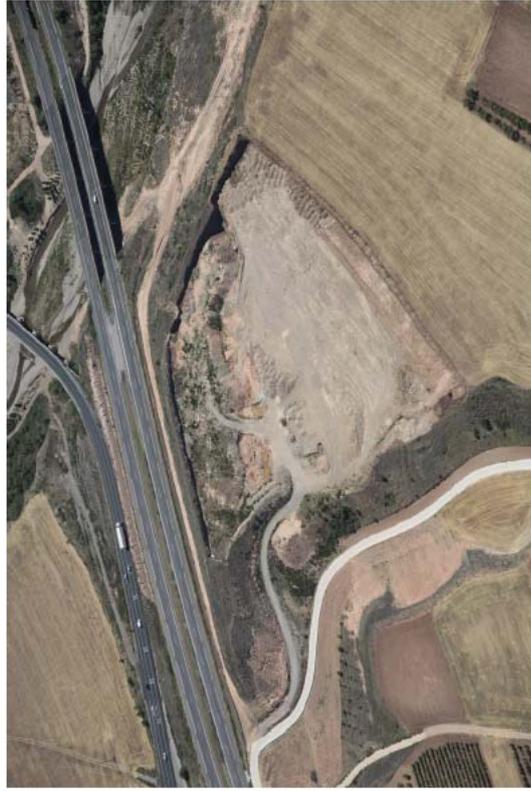
COORDS ETRS89 UTM90: 656420; 4059383



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011

AAA-0026000
ESECABO.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0026000
 NOMBRE: ESECABO.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Ribafrecha
 FECHA DE SOLICITUD: 29/02/06
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 27/02/07
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM00: 552037,488789



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011

AAA-0026000
ESECABO.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

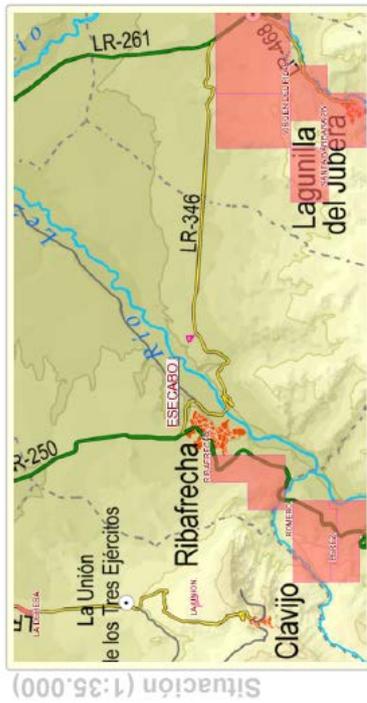
Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0026000
 NOMBRE: ESECABO.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Ribafrecha
 FECHA DE SOLICITUD: 23/02/86
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 27/02/87
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 552657,466789



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



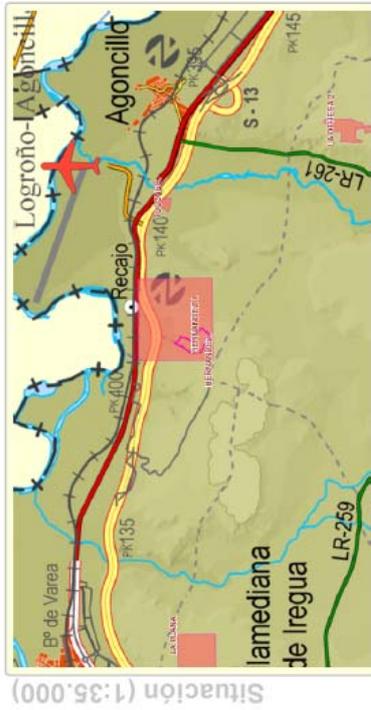
FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0026400
NOMBRE: DÍAZ NICOLÁS
RECURSOS: Graves y Arenas
UBICACIÓN: Agoncillo, Logroño
FECHA DE SOLICITUD: 05/07/86
FECHA DE OTORGAMIENTO: 06/03/87
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 554110, 4638807



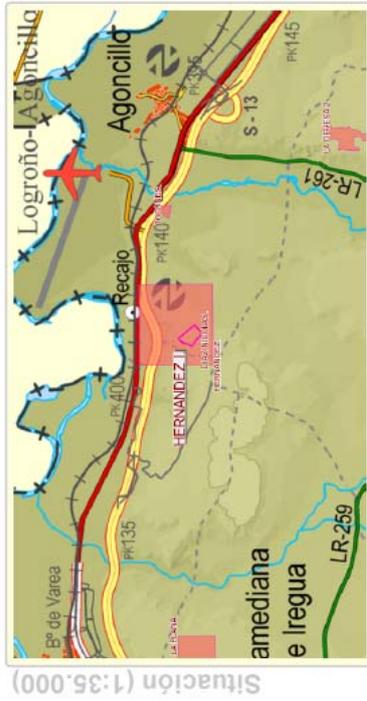
AAA-0026500
HERNANDEZ I.

Etiqueta generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0026500
NOMBRE: HERNANDEZ I.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Agoncillo
FECHA DE SOLICITUD: 05/07/86
FECHA DE OTORGAMIENTO: 16/08/86
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



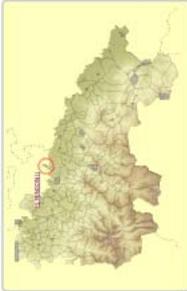
COORDS ETRS89 UTM30: 554324, 4698860



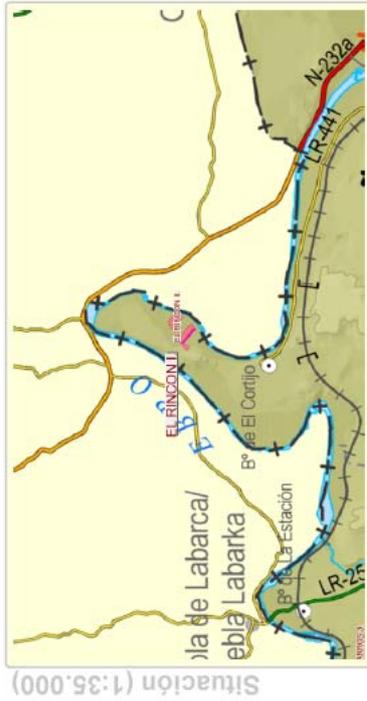
AAA-0026700
EL RINCON I.

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0026700
 NOMBRE: EL RINCON I.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Logroño
 FECHA DE SOLICITUD: 08/10/086
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 27/02/87
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 530632-4705843



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011

AAA-0026800
EL RINCON III.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

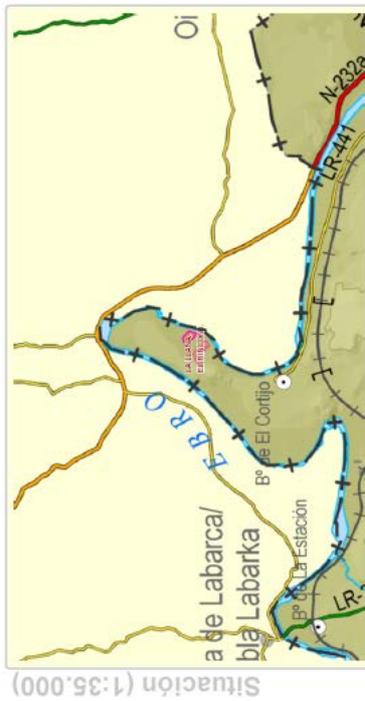


Eicha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0026800
 NOMBRE: EL RINCON III.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Logroño
 FECHA DE SOLICITUD: 09/10/08
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 16/02/08
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



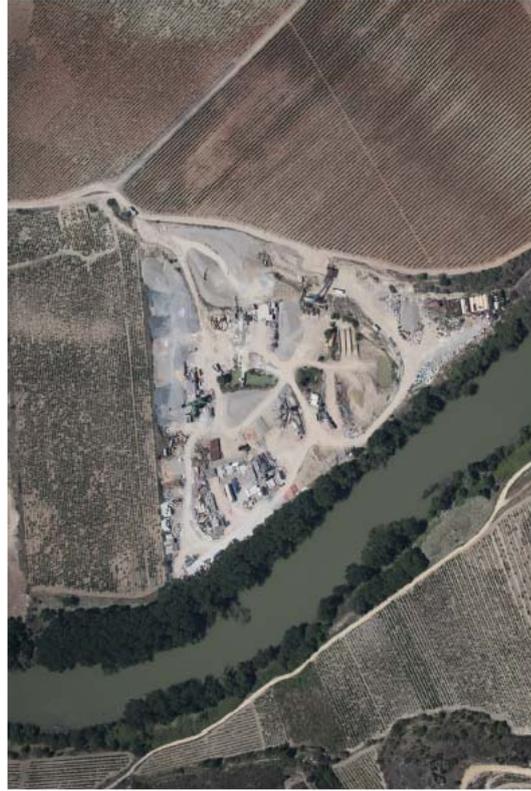
COORDS ETRS89 UTMX0: 540161.470006



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011

Ejha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0027100
 NOMBRE: GARCIA III.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Alfaro
 FECHA DE SOLICITUD: 20/02/07
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 19/09/07
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 566750,467459

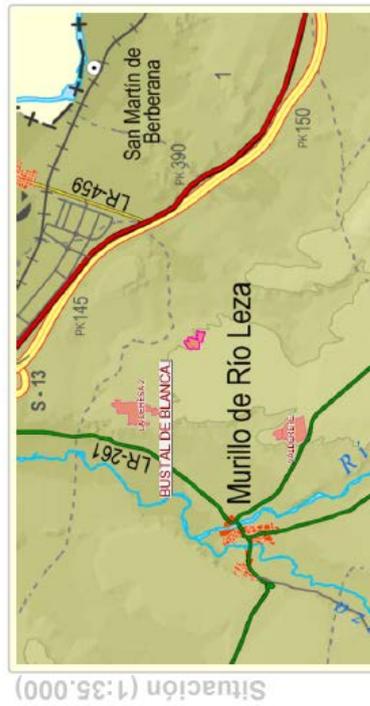


Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0027800
NOMBRE: BUSTAL DE BLANCA
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Murillo de Río Leza
FECHA DE SOLICITUD: 30/09/07
FECHA DE OTORGAMIENTO: 13/05/08
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 558548 4505379



Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0028600
 NOMBRE: TAMBARRIA 2
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Alfaro
 FECHA DE SOLICITUD: 04/03/98
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 10/02/99
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 005544 468447



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011



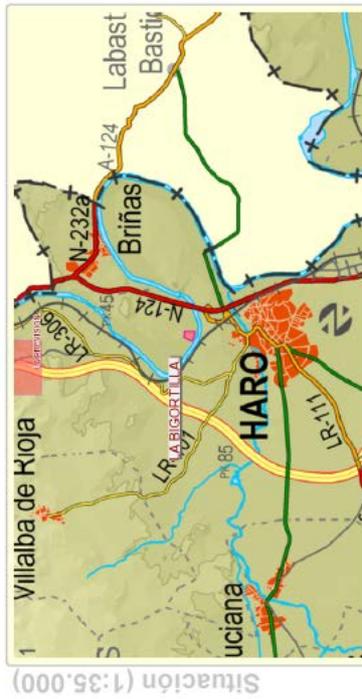
FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011

Fecha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0030100
 NOMBRE: LA BIGORTILLA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Haro
 FECHA DE SOLICITUD: 23/12/92
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 06/11/00
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 512288, 4716022



AAA-0030300
LA DEHESA,

Área de Minas

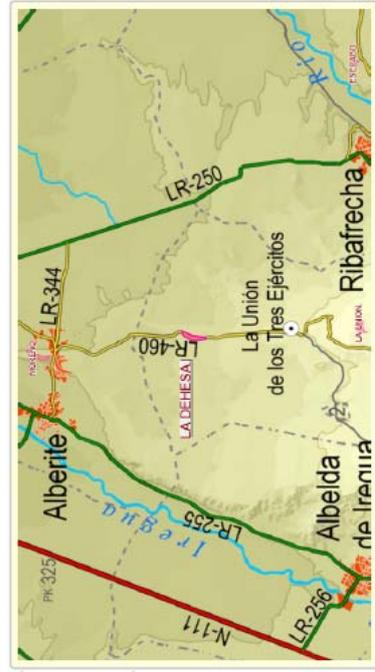
Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

Gobierno de La Rioja

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0030300
 NOMBRE: LA DEHESA
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Clavijo
 FECHA DE SOLICITUD: 20/03/00
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 17/05/00
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:
 COORDS ETRS89 UTM00: 547453,462408

Situación (1:35.000)



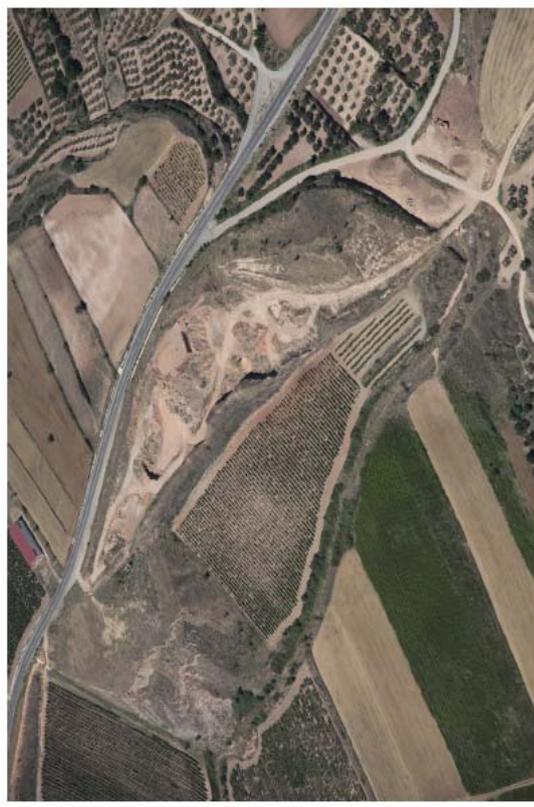
Ortofoto 2009



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011

AAA-0030600
JUPESA.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

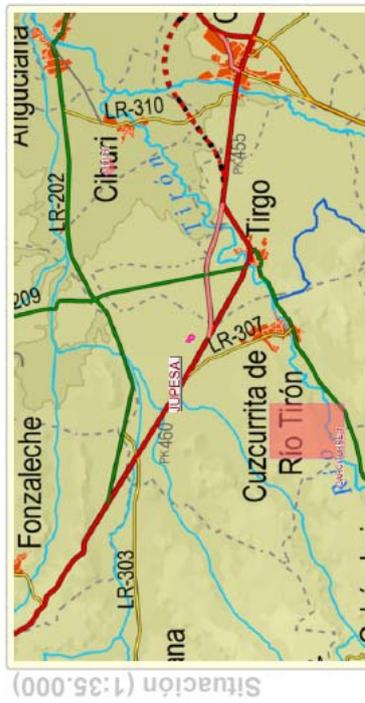


Fecha generada el día: 19/9/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0030600
NOMBRE: JUPESA.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Cuzcurrita de Río Tirón
FECHA DE SOLICITUD: 23/05/00
FECHA DE OTORGAMIENTO: 06/11/00
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 802828,4711431



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011

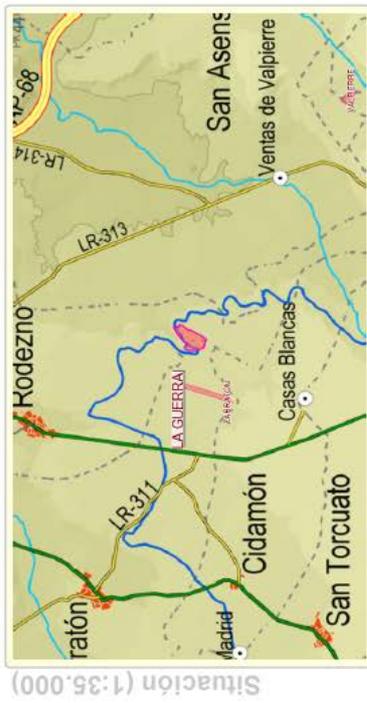
AAA-0030700
LA GUERRA

Ficha generada el día: 19/9/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0030700
NOMBRE: LA GUERRA
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Rodiemo, Zarázon
FECHA DE SOLICITUD: 17/07/00
FECHA DE OTORGAMIENTO: 28/12/00
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 514131,4705484

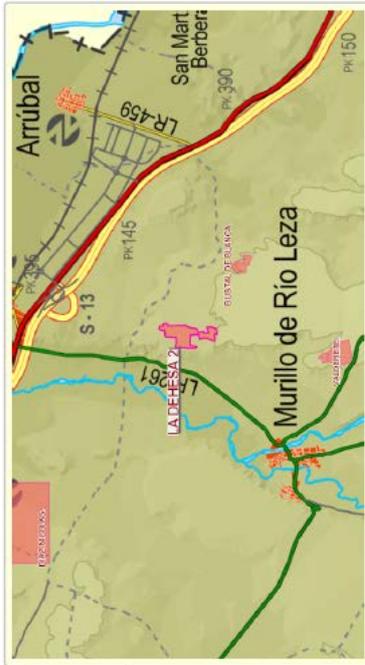


AAA-0030900
LA DEHESA 2

Etiqueta generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0030900
 NOMBRE: LA DEHESA 2
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Murillo de Río Leza
 FECHA DE SOLICITUD: 01/08/00
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 29/11/00
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 557670, 4696305



Situación (1:35.000)



Ortofoto 2009



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011



FECHA: 01 DE JULIO DE 2011

Fecha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0031600
 NOMBRE: CARRACARROS 3.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Villalobar de Rioja
 FECHA DE SOLICITUD: 08/08/00
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 28/03/01
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 503273.4702820



Situación (1:35.000)



Ortofoto 2009



FOTOGRAFIA NO DISPONIBLE



FOTOGRAFIA NO DISPONIBLE

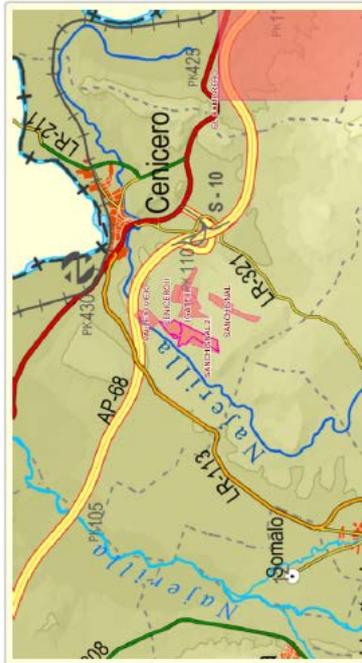


FOTOGRAFIA NO DISPONIBLE

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0031800
 NOMBRE: VALDECARNECERO
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Carnicero
 FECHA DE SOLICITUD: 02/10/00
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 31/01/01
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 627461, 4702062



Situación (1:35.000)



Ortofoto 2009



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011

AAA-0032200
CARRACARROS.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

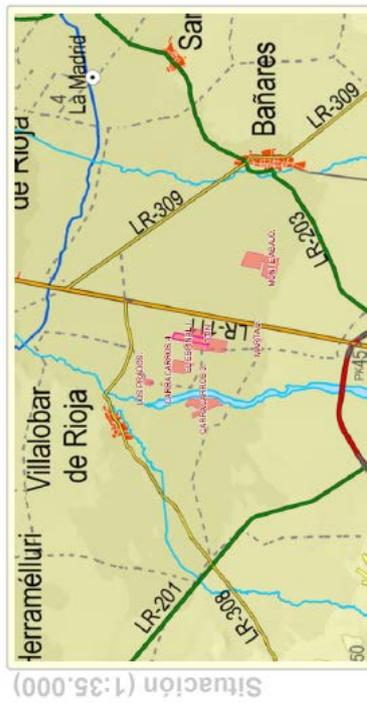
Gobierno de La Rioja

Fecha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0032200
 NOMBRE: CARRACARROS.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Bañares
 FECHA DE SOLICITUD: 30/01/01
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 23/12/02
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



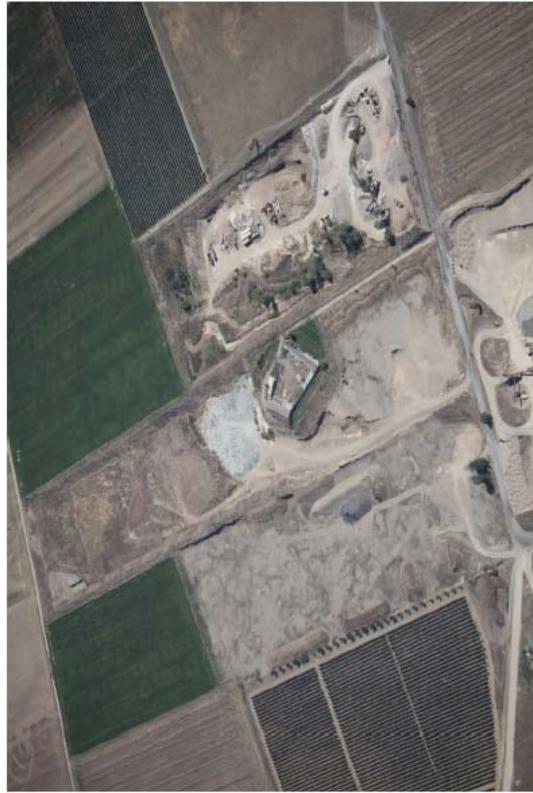
COORDS ETRS89 UTM30: 504350,4703010



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0032400
NOMBRE: VALDERETE.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Murillo de Río Leza
FECHA DE SOLICITUD: 08/03/01
FECHA DE OTORGAMIENTO: 13/08/02
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 657346, 4663761



Situación (1:35.000)



Ortofoto 2009



FECHA: 31 DE JULIO DE 2011



FECHA: 31 DE JULIO DE 2011



FECHA: 31 DE JULIO DE 2011

AAA-0032600
SANCHISNAL

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

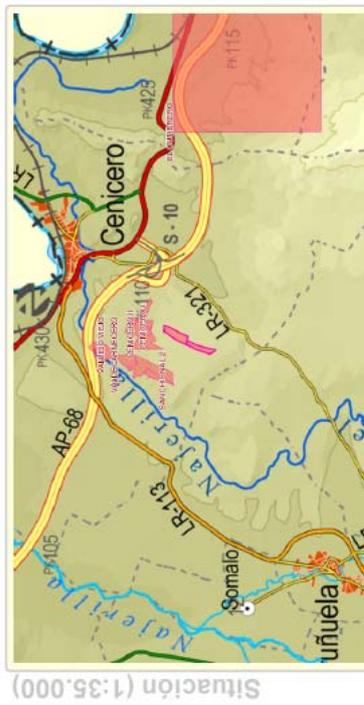
Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0032600
NOMBRE: SANCHISNAL
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Cenicero
FECHA DE SOLICITUD: 27/03/01
FECHA DE OTORGAMIENTO: 15/04/03
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 527924.4701330



FECHA: 10 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 10 DE AGOSTO DE 2011



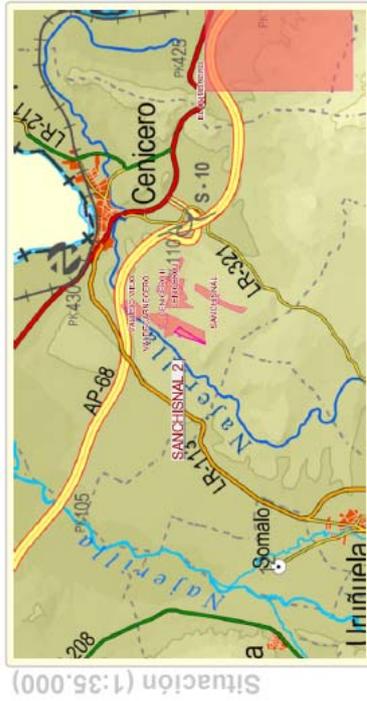
FECHA: 10 DE AGOSTO DE 2011

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0032700
 NOMBRE: SANCHISNAL 2.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Cenicero
 FECHA DE SOLICITUD: 27/03/01
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 29/09/06
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM90: 627232.4701636



AAA-0033600
CASCAJAL-2

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

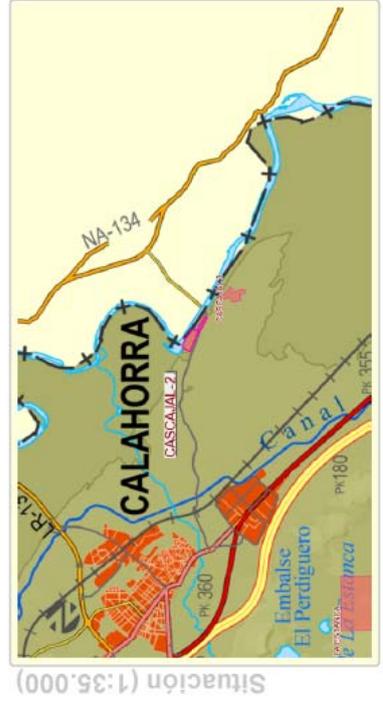
Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0033600
 NOMBRE: CASCAJAL-2
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Calahorra
 FECHA DE SOLICITUD: 12/04/02
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 30/05/06
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM43: 580655,483480

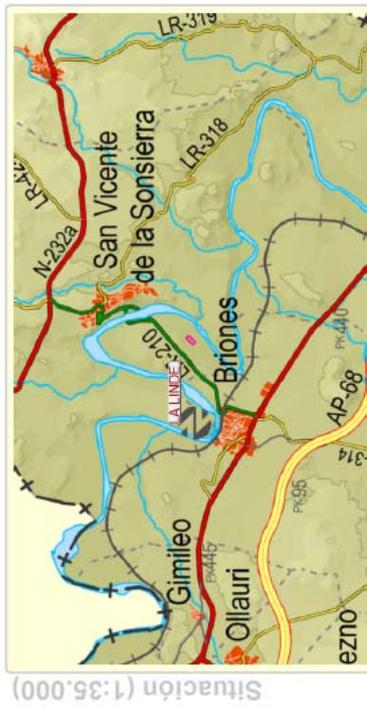


Ficha generada el día: 19/9/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0033800
NOMBRE: LA LINDE.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: San Vicente de la Sonsierra
FECHA DE SOLICITUD: 07/06/02
FECHA DE OTORGAMIENTO: 28/10/04
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30J: 516192,4710888



FECHA: 19 DE AGOSTO DE 2011

AAA-0033900
LA SESMILLA.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

Gobierno de La Rioja

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0033900
 NOMBRE: LA SESMILLA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Alfaro
 FECHA DE SOLICITUD: 22/05/02
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 08/08/04
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 506924,467406

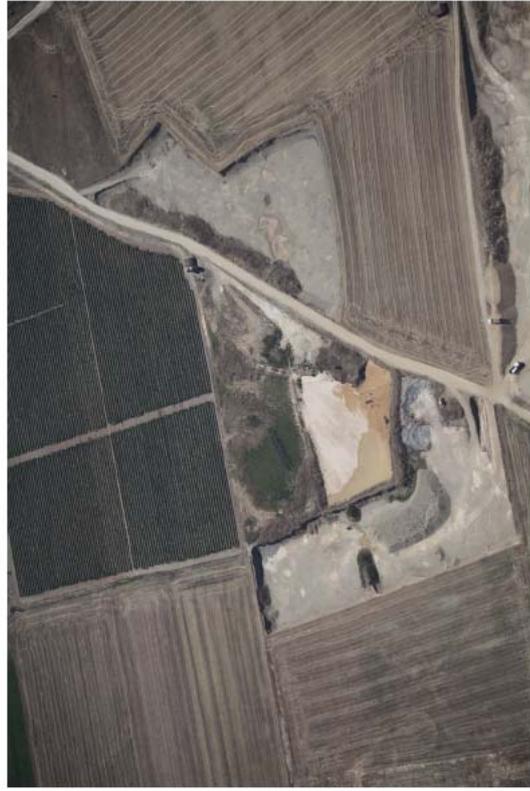
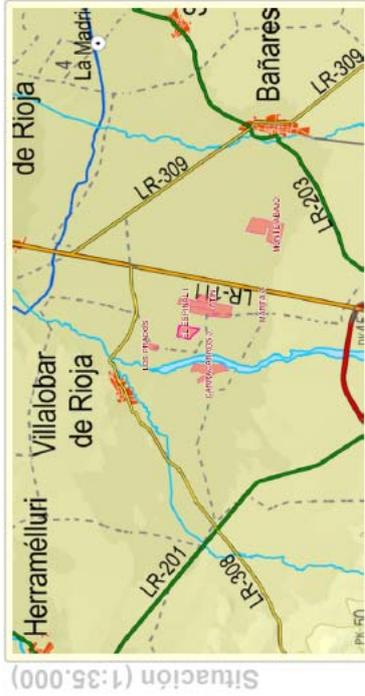



Ficha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0034300
 NOMBRE: CARRACARROS 4.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Bañares
 FECHA DE SOLICITUD: 31/10/02
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 28/08/05
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 603817, 4703179



AAA-0034500
MARTA 2.

Area de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

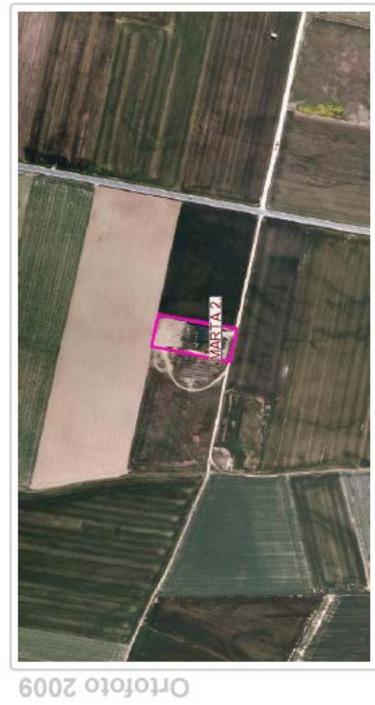
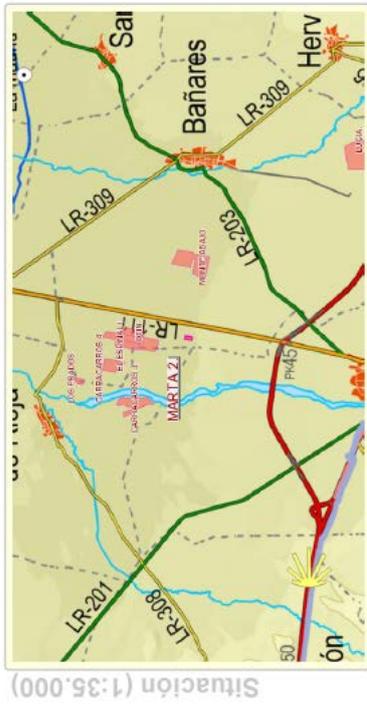
Gobierno de La Rioja

El fichero generado el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0034500
NOMBRE: MARTA 2.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Bañares
FECHA DE SOLICITUD: 23/11/02
FECHA DE OTORGAMIENTO: 11/01/05
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 504376,4701903



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



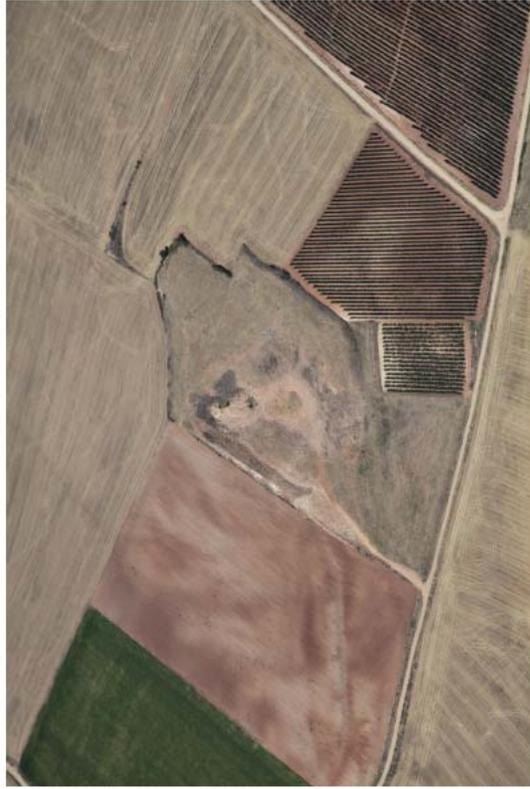
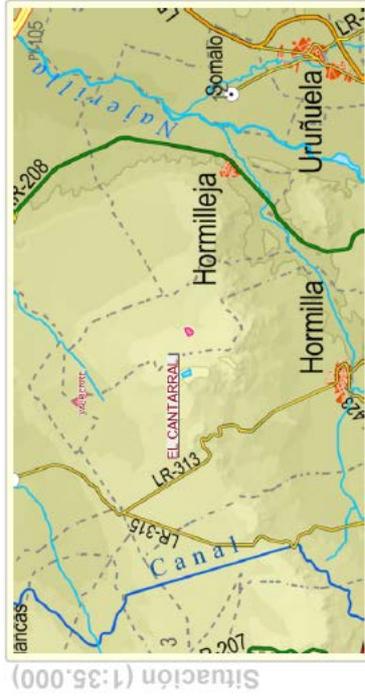
FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011

Fecha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0034700
NOMBRE: EL CANTARRAL
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Nájera
FECHA DE SOLICITUD: 23/07/03
FECHA DE OTORGAMIENTO: 15/08/05
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



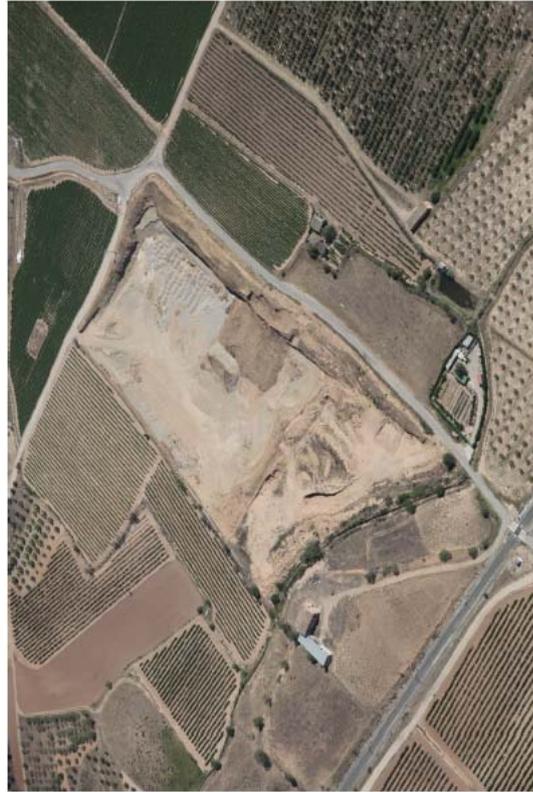
COORDS ETRS89 UTM30: 518394,4771022



AAA-0034800
SOMADILLA.

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0034800
 NOMBRE: SOMADILLA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Calahorra
 FECHA DE SOLICITUD: 29/05/03
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 27/07/07
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:
 COORDS ETRS89 UTMX0: 562515-4687305

AAA-0035100
VALPIERRE.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

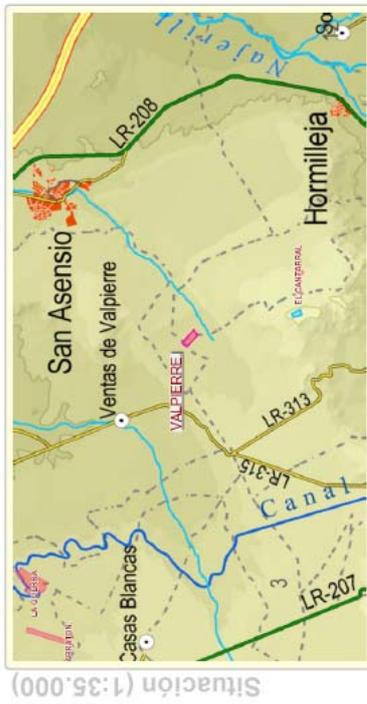


Ficha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0035100
NOMBRE: VALPIERRE
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Hormilleja, Nájera
FECHA DE SOLICITUD: 13/02/04
FECHA DE OTORGAMIENTO: 30/08/05
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM20: 516237,4702843



FECHA: 10 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 10 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 10 DE AGOSTO DE 2011

AAA-0035200
CASCAJAL 3

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

Gobierno de La Rioja

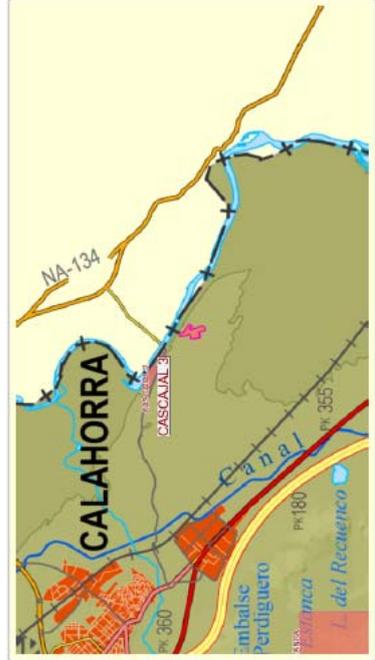
Fecha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0035200
 NOMBRE: CASCAJAL 3
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Calahorra
 FECHA DE SOLICITUD: 04/11/03
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 05/07/06
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 500203,4682700




FECHA: 03 DE JUNIO DE 2011



Situación (1:35.000)



FECHA: 03 DE JUNIO DE 2011



Ortfoto 2009

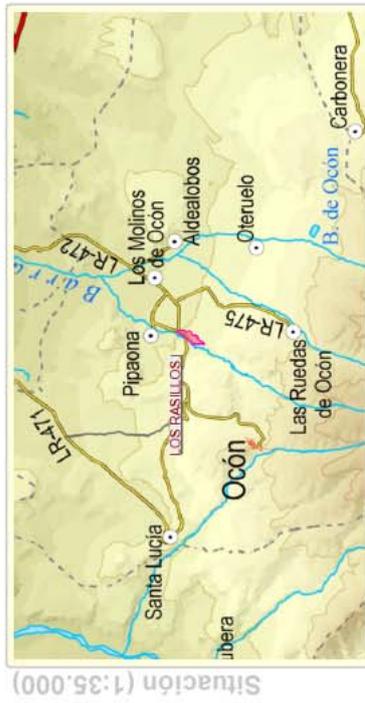
AAA-0035300
LOS RASILLOS.

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0035300
NOMBRE: LOS RASILLOS.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Ocón
FECHA DE SOLICITUD: 05/02/04
FECHA DE OTORGAMIENTO: 03/07/07
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 564170,4684236



AAA-0036100
LA GARENA

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial | Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial



Ficha generada el día: 14/10/2013

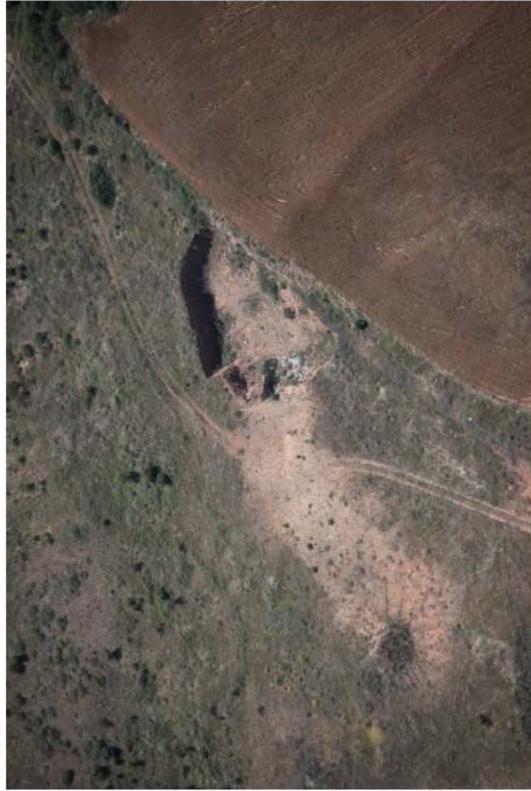
NÚMERO DERECHO: AAA-0036100
NOMBRE: LA GARENA
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN:
FECHA DE SOLICITUD: 06/08/04
FECHA DE OTORGAMIENTO:
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011

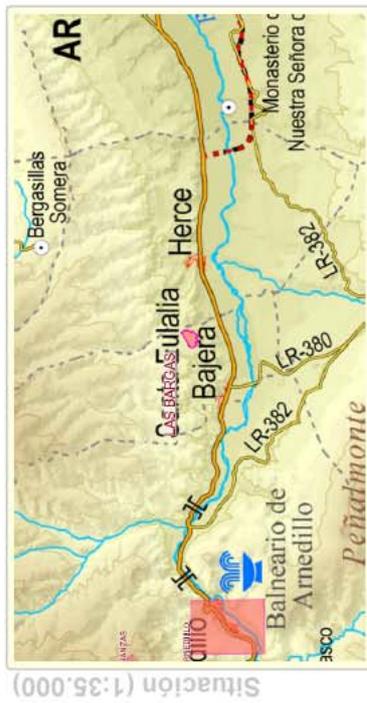


FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011

Eicha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0036200
NOMBRE: LAS BARGAS
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Santa Eulalia Bajera
FECHA DE SOLICITUD: 30/06/04
FECHA DE OTORGAMIENTO: 18/12/07
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 467598, 4673903

FECHA: 27 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 27 DE JUNIO DE 2011



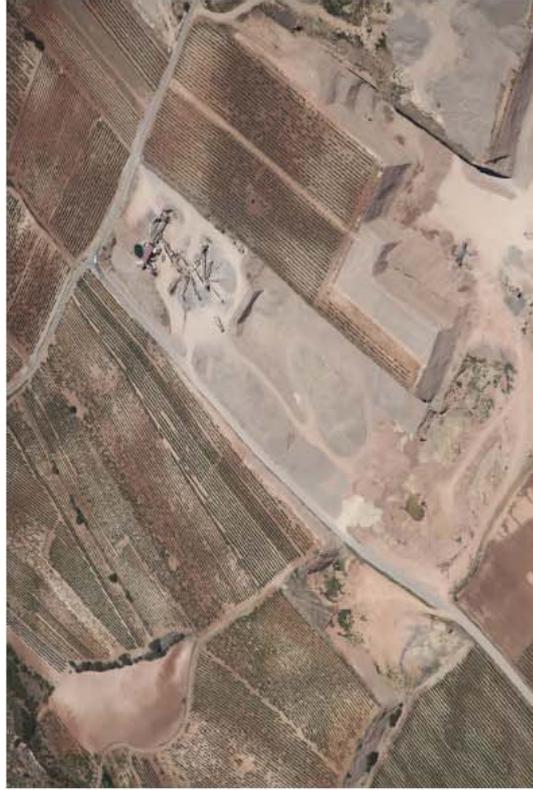
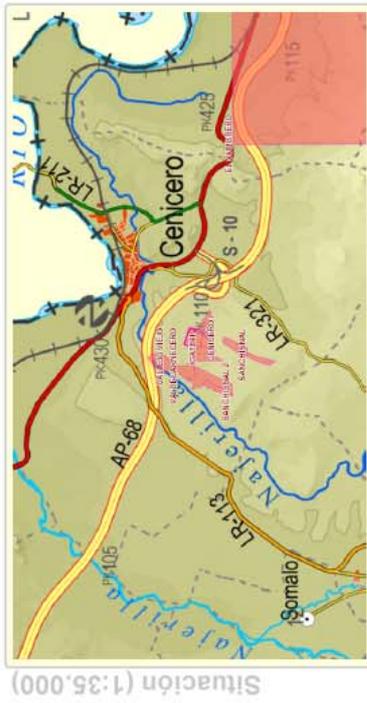
FECHA: 27 DE JUNIO DE 2011

AAA-0036700
CENICERO II.

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0036700
 NOMBRE: CENICERO II.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Cenicero
 FECHA DE SOLICITUD: 18/12/04
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 22/11/05
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

 COOROS ETRS89 UTM30: 23S14C.4702268



AAA-0036800
VALDERRIN

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

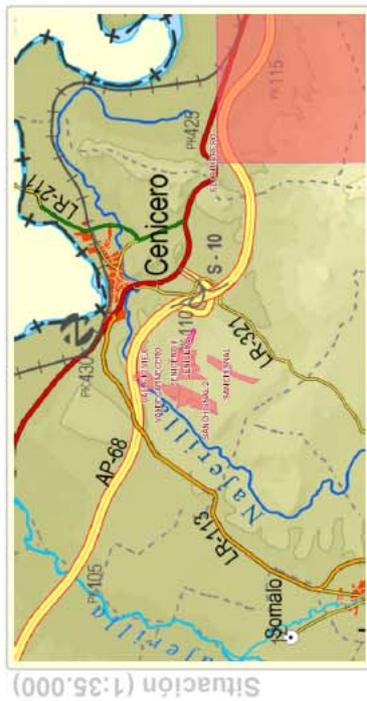
Gobierno de La Rioja

Eiicha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0036800
NOMBRE: VALDERRIN
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Cenicero
FECHA DE SOLICITUD: 07/03/05
FECHA DE OTORGAMIENTO: 15/08/06
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 535412, 4702001



AAA-0036900
IGATE II

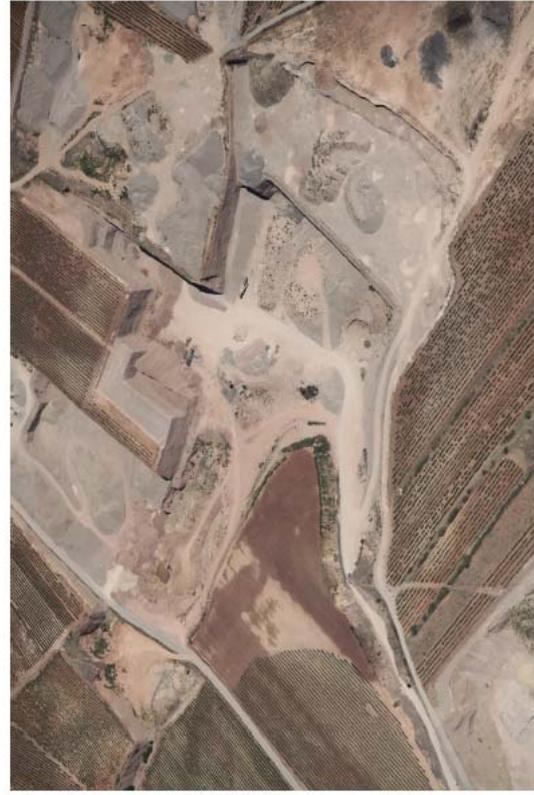
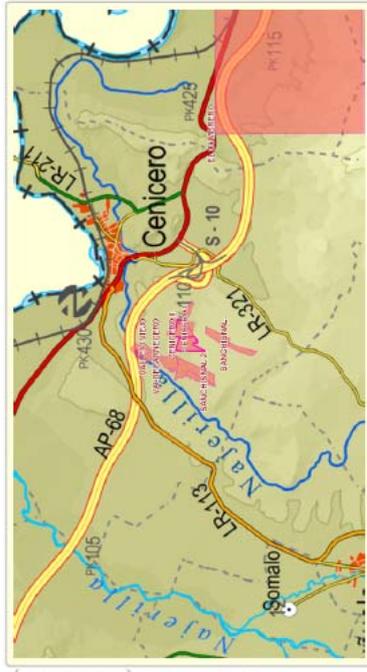
Gobierno de La Rioja Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial Política Territorial Área de Minas

Fecha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0036900
NOMBRE: IGATE II
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Cenicero
FECHA DE SOLICITUD: 20/05/05
FECHA DE OTORGAMIENTO: 08/03/06
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 627662-4702047



AAA-0037000
CAMINO TARAZONA.

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0037000
 NOMBRE: CAMINO TARAZONA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Alfaro
 FECHA DE SOLICITUD: 30/08/05
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 17/03/08
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

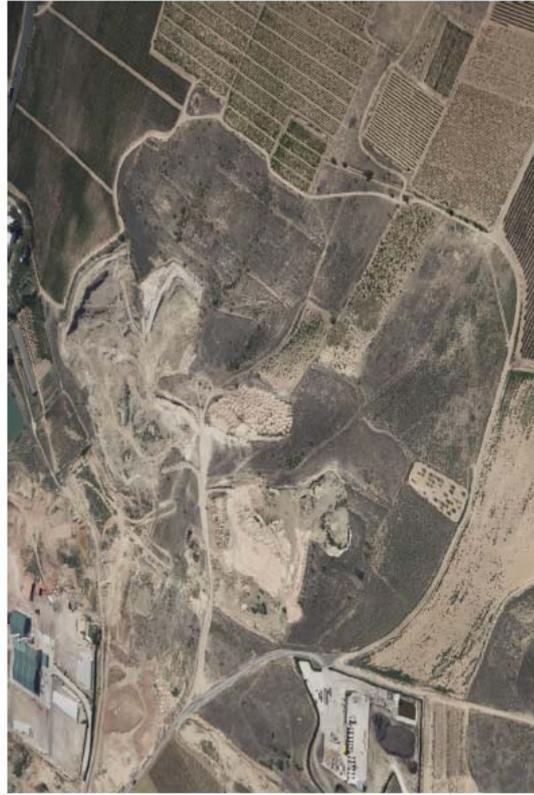
COORDS ETRS89 UTM30: 605418,4687106



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 30 DE JUNIO DE 2011

Ficha generada el día: 19/9/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0037300
 NOMBRE: MONTE ABAJO.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Bañares
 FECHA DE SOLICITUD: 07/04/06
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 04/07/07
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



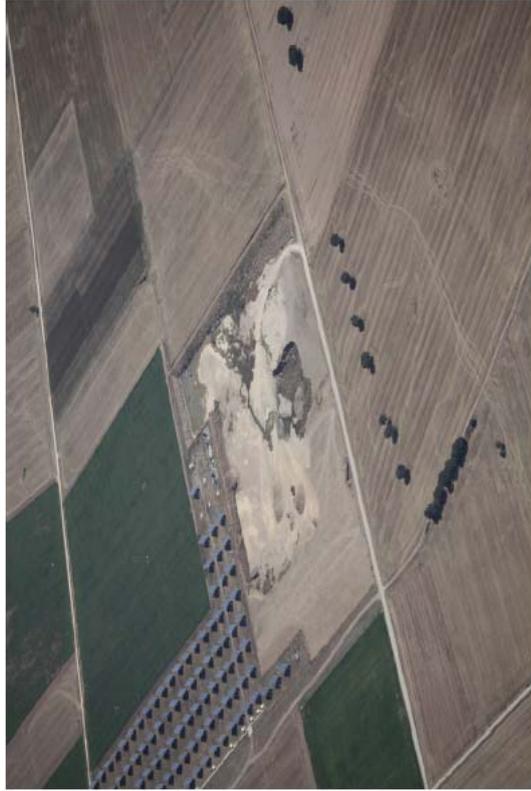
COORDS ETRS89 UTM30: 506654,4701830



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



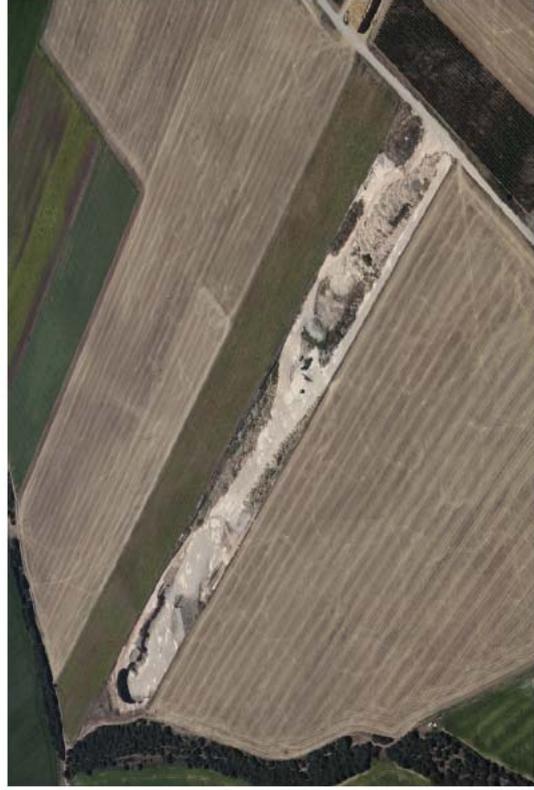
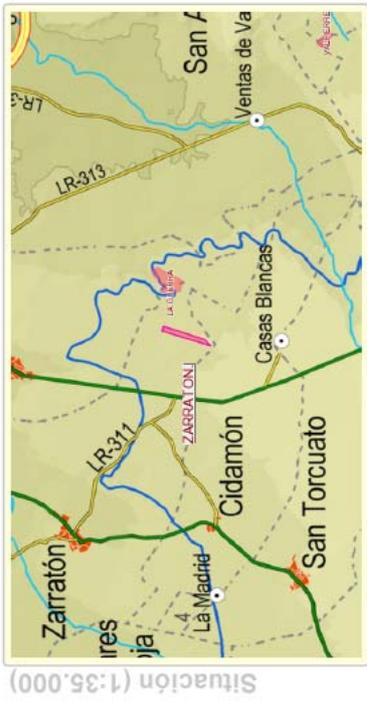
FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011

Ficha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0037400
NOMBRE: ZARRATON
RECURSOS: Graves y Arenas
UBICACIÓN: Zarratón
FECHA DE SOLICITUD: 23/06/08
FECHA DE OTORGAMIENTO: 23/03/10
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 613211,4705193



FECHA: 10 DE AGOSTO DE 2011

AAA-0037700
LOS PRADOS.

Ficha generada el día: 19/09/2013

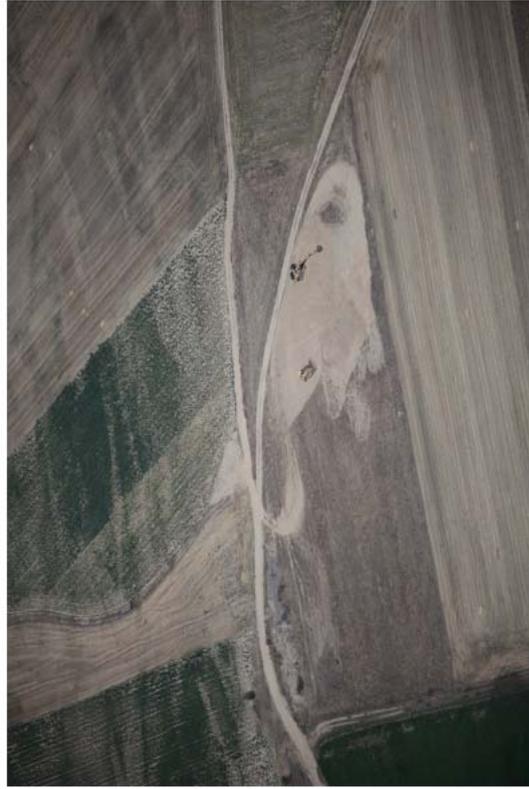
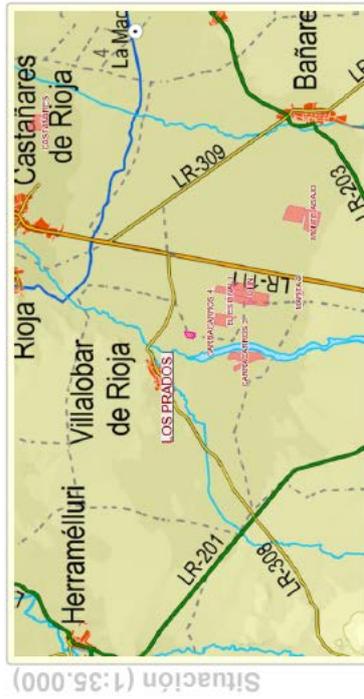
NÚMERO DERECHO: AAA-0037700
NOMBRE: LOS PRADOS.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN: Bañares, Villalobar de Rioja
FECHA DE SOLICITUD: 16/11/06
FECHA DE OTORGAMIENTO: 23/03/09
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 503623,4703739



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



AAA-0038300
CHUJRI

Aves de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

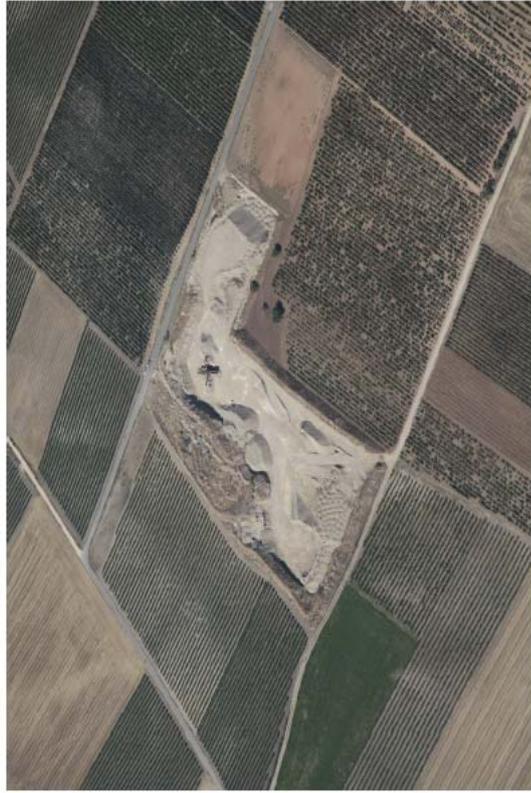
Gobierno de La Rioja

Fecha generada el día: 19/9/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0038300
NOMBRE: CHUJRI
RECURSOS: Graves y Arenas
UBICACIÓN: Chujri
FECHA DE SOLICITUD: 21/02/08
FECHA DE OTORGAMIENTO: 20/12/10
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTMX0: 505714,4712787



AAA-0038400
LUCIA.

Área de Minas

Política Territorial

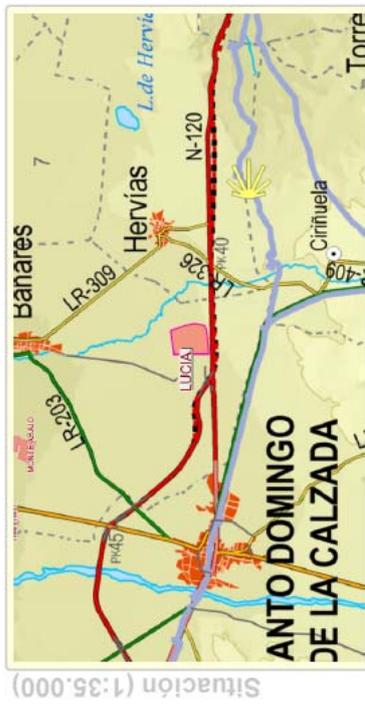
Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

Gobierno de La Rioja

Fecha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0038400
 NOMBRE: LUCIA.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Bañares
 FECHA DE SOLICITUD: 03/03/08
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 25/03/09
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:

COORDS ETRS89 UTM30: 507460, 4698903

Fecha: 11 DE AGOSTO DE 2011



Fecha: 11 DE AGOSTO DE 2011



Fecha: 11 DE AGOSTO DE 2011

Ficha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0036500
 NOMBRE: GROMO
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN:
 FECHA DE SOLICITUD: 29/02/08
 FECHA DE OTORGAMIENTO:
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 28 DE JUNIO DE 2011

AAA-0038700
CENCERO III

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0038700
NOMBRE: CENCERO III
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN:
FECHA DE SOLICITUD: 28/03/08
FECHA DE OTORGAMIENTO:
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 18 DE AGOSTO DE 2011

Ficha generada el día: 19/09/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0039300
 NOMBRE: CASTAÑARES.
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Castañares de Rioja
 FECHA DE SOLICITUD: 24/07/09
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 06/10/10
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 507255.470260



AAA-0039500
LA MESILLA

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

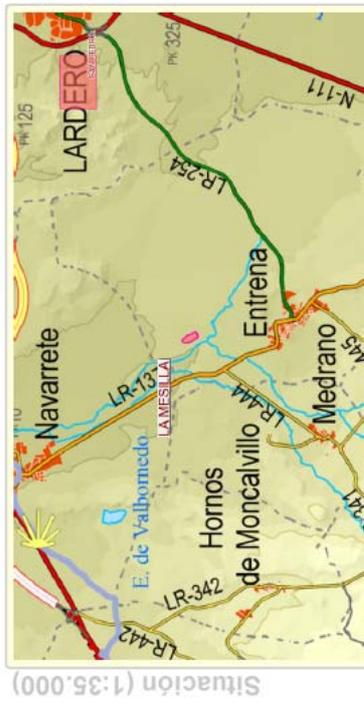
Gobierno de La Rioja

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0039500
 NOMBRE: LA MESILLA
 RECURSOS: Gravas y Arenas
 UBICACIÓN: Entrea
 FECHA DE SOLICITUD: 31/07/09
 FECHA DE OTORGAMIENTO: 29/03/10
 FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
 FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



COORDS ETRS89 UTM30: 538334, 4664617



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011



FECHA: 11 DE AGOSTO DE 2011

Ficha generada el día: 14/10/2013

NÚMERO DERECHO: AAA-0039700
NOMBRE: LA BARCA.
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN:
FECHA DE SOLICITUD: 23/11/09
FECHA DE OTORGAMIENTO:
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



FECHA: 31 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 31 DE JUNIO DE 2011



FECHA: 31 DE JUNIO DE 2011

AAA-0040200
NAVALCUERVE.

Área de Minas

Política Territorial

Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial



Fecha generada el día: 14/10/2013.

NÚMERO DERECHO: AAA-0040200
NOMBRE: NAVALCUERVE
RECURSOS: Gravas y Arenas
UBICACIÓN:
FECHA DE SOLICITUD: 14/12/11
FECHA DE OTORGAMIENTO:
FECHA DE SOLICITUD DE CADUCIDAD:
FECHA DE RESOLUCIÓN DE CADUCIDAD:



FECHA: 26 DE JUNIO DE 2011



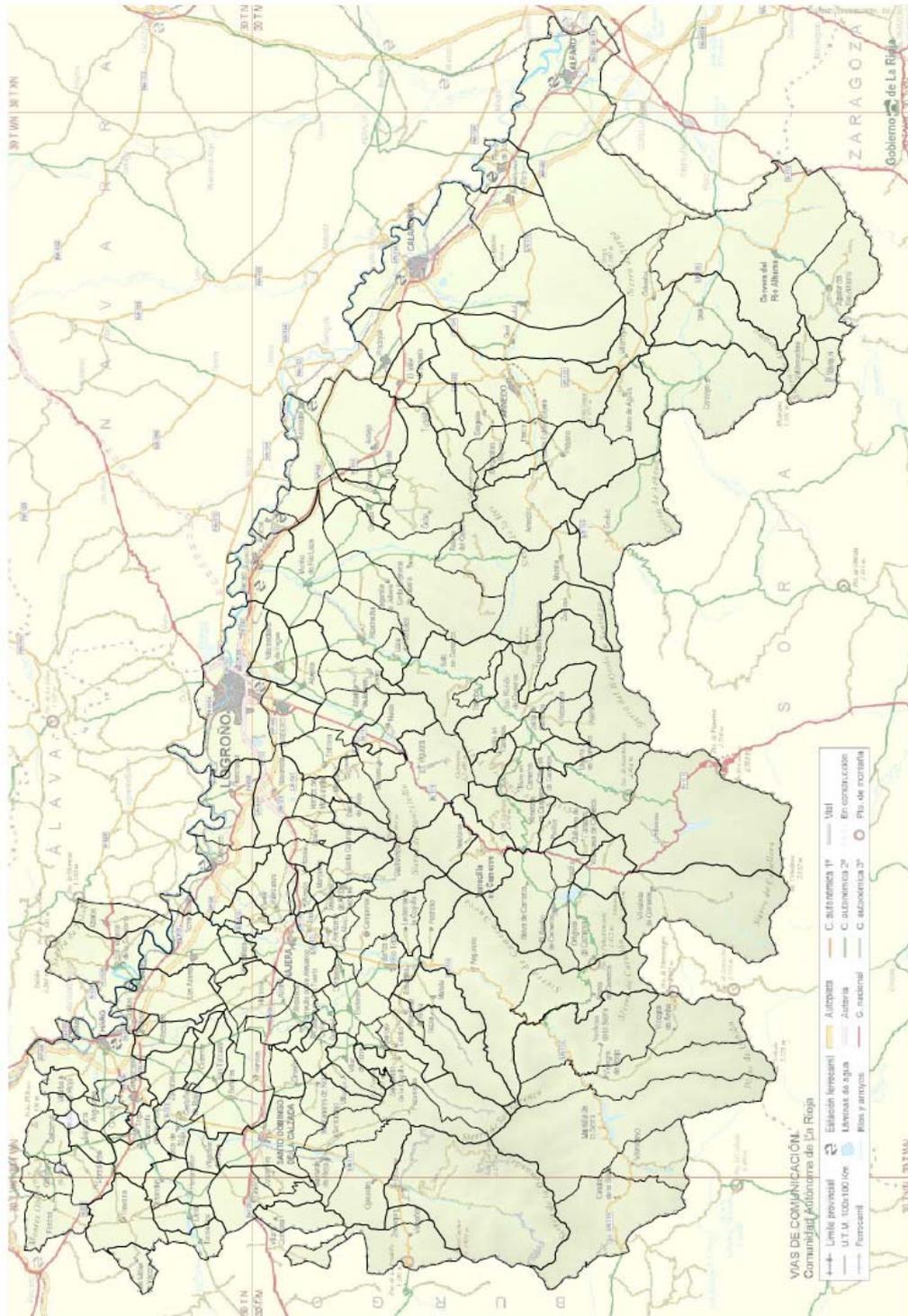
FECHA: 26 DE JUNIO DE 2011



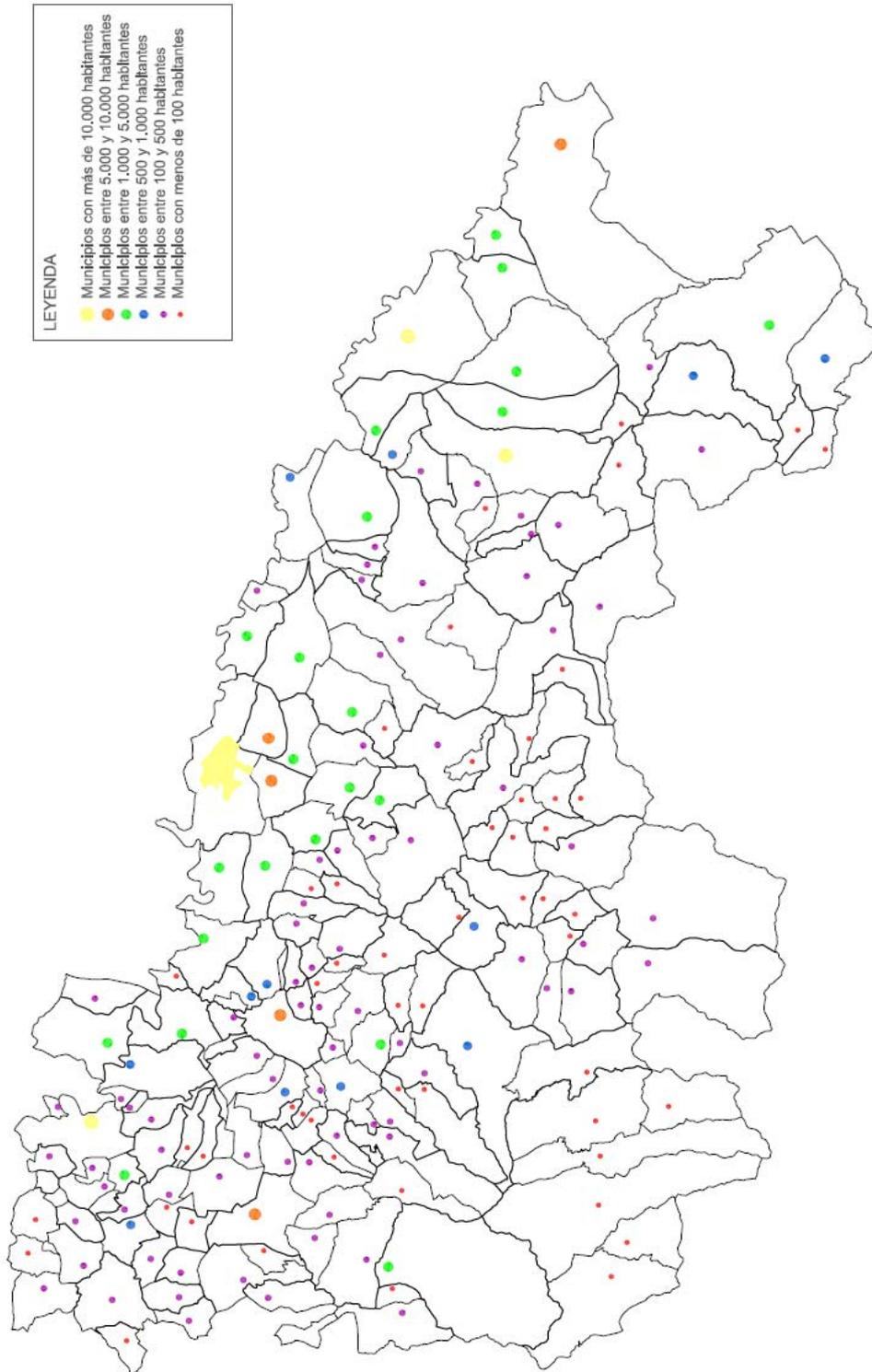
FECHA: 26 DE JUNIO DE 2011

ANEXO D

**PLANOS DE EXTRACCIÓN DE ÁRIDO NATURAL
Y ÁRIDO RECICLADO**

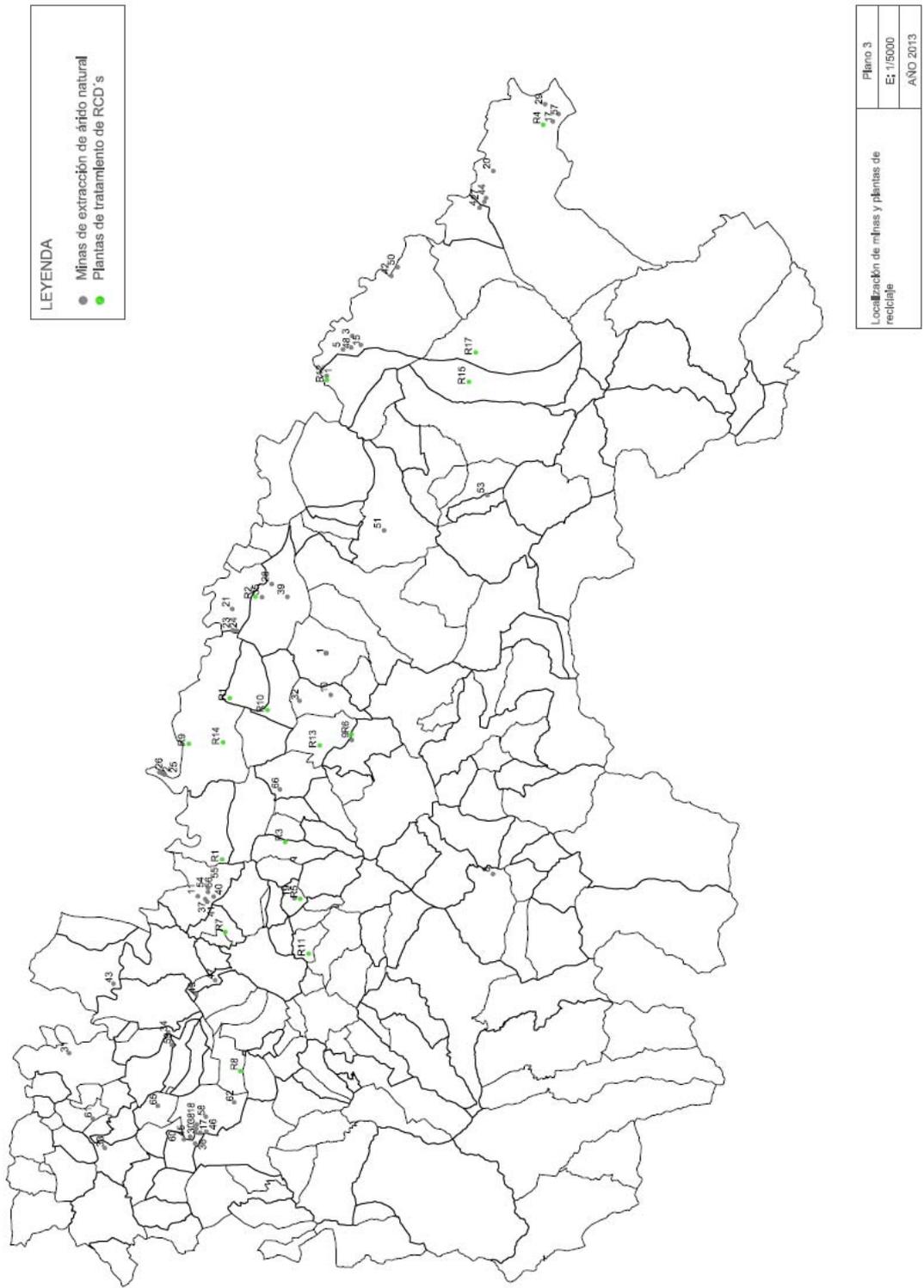


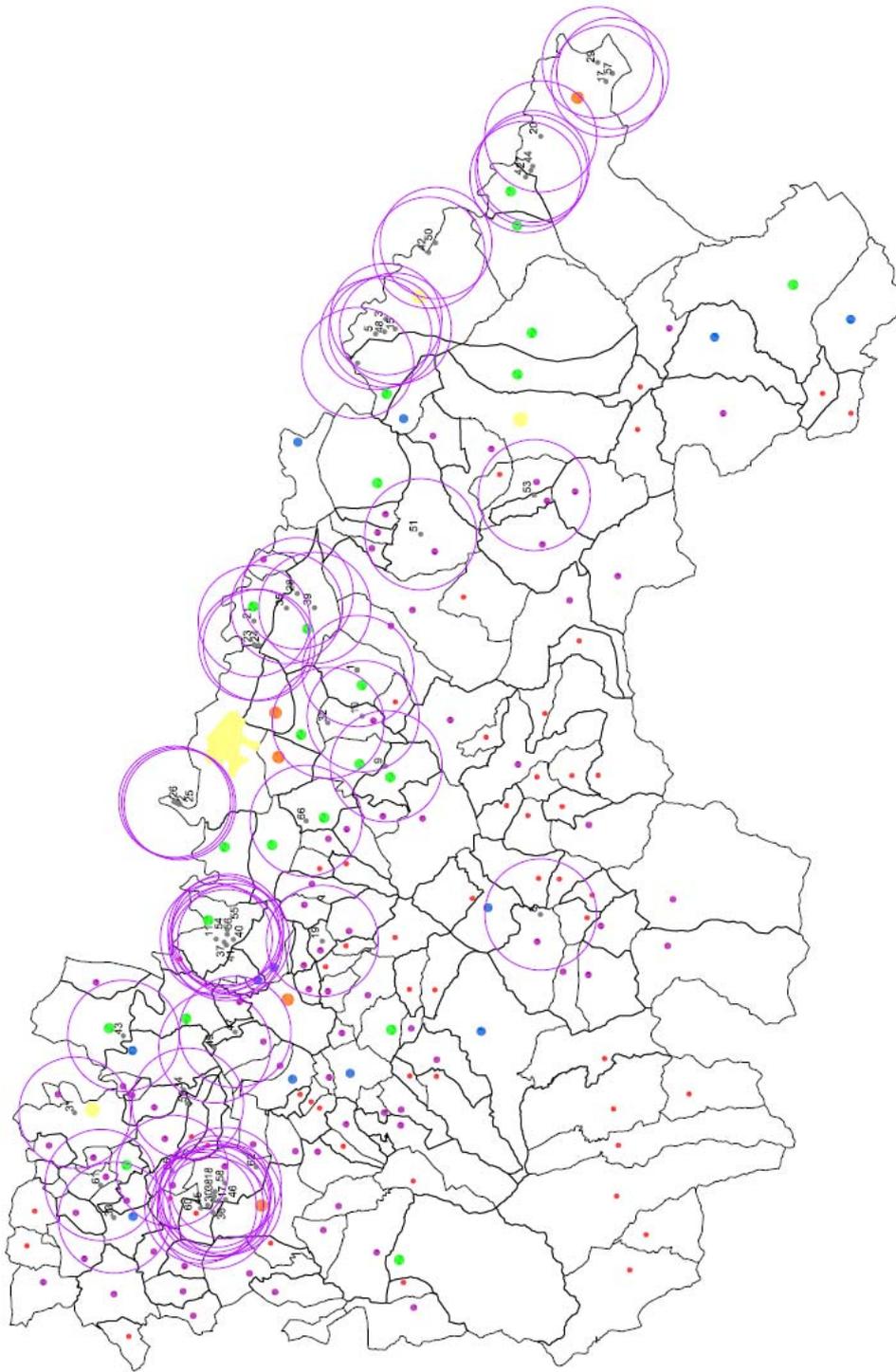
Plano de La Rioja	Plano 1
	Et: 1/5000
	AÑO 2013



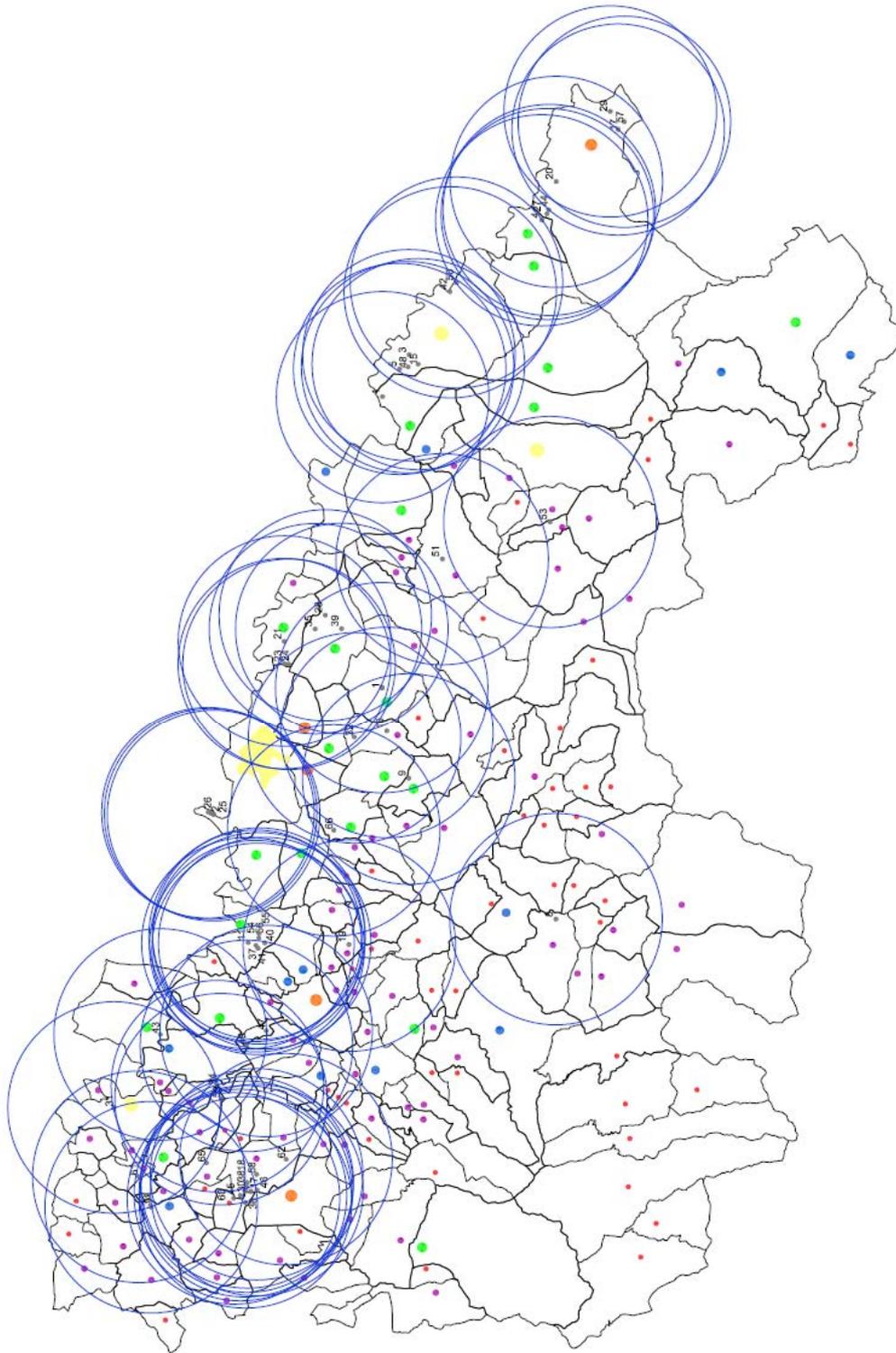
Plano 2
E: 1/5000
AÑO 2013

Plano de los municipios de La Rioja

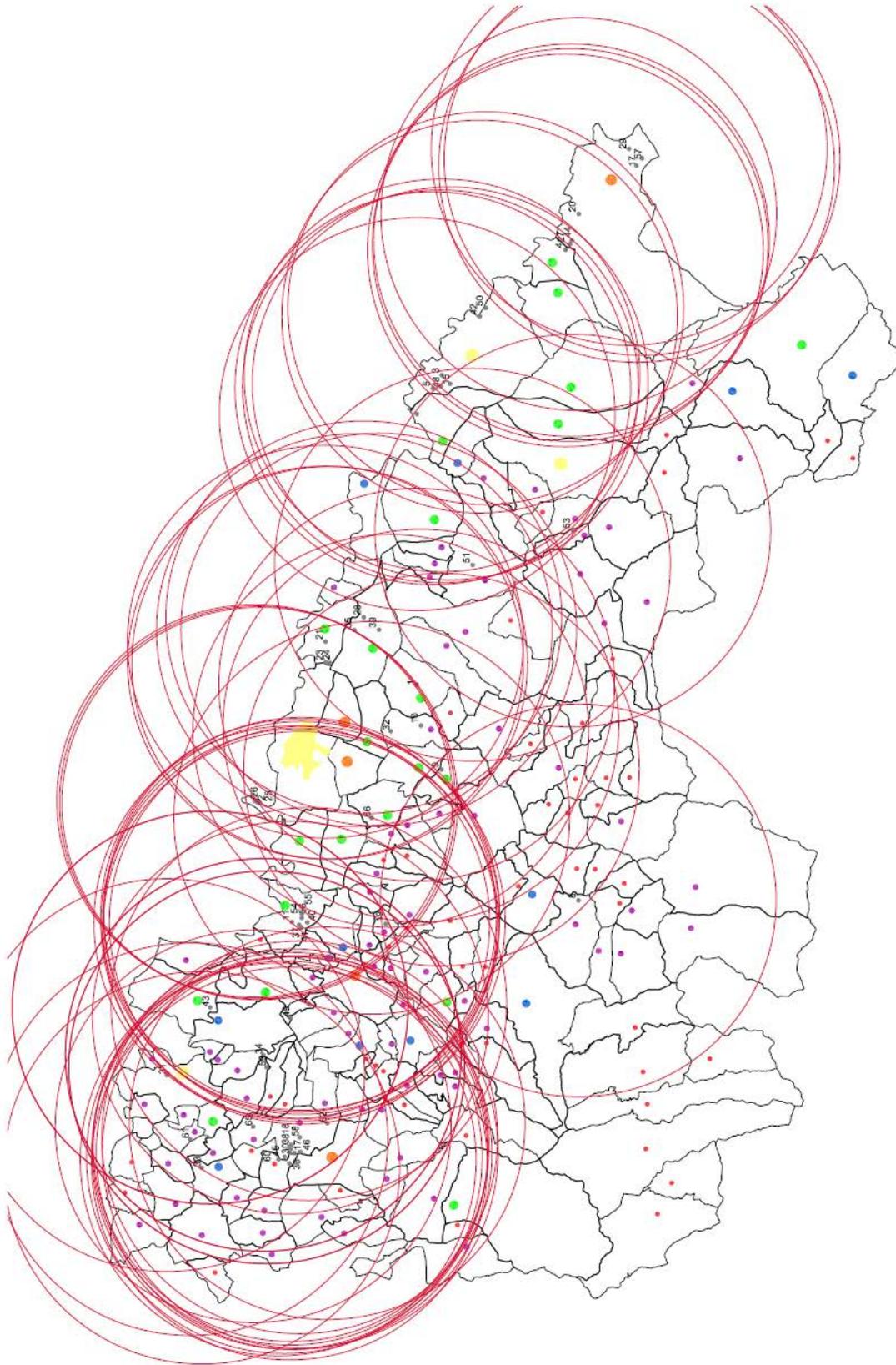




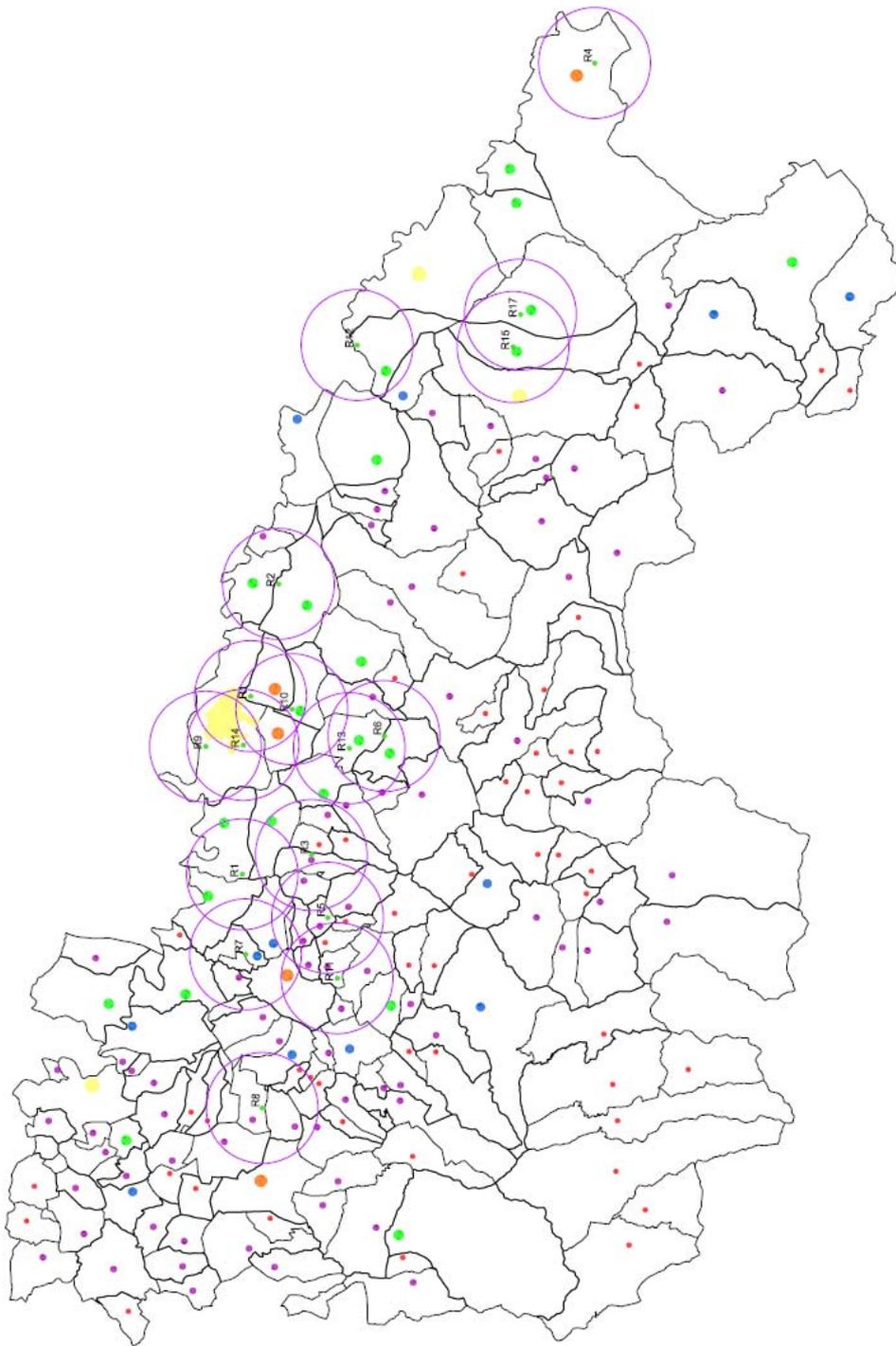
Minas de extracción con un radio de 5 km	Página 4
	E: 1/5000
	AÑO 2013



Minas de extracción con un radio de 10 km	Plano 5
	E: 1/5000
	AÑO 2013

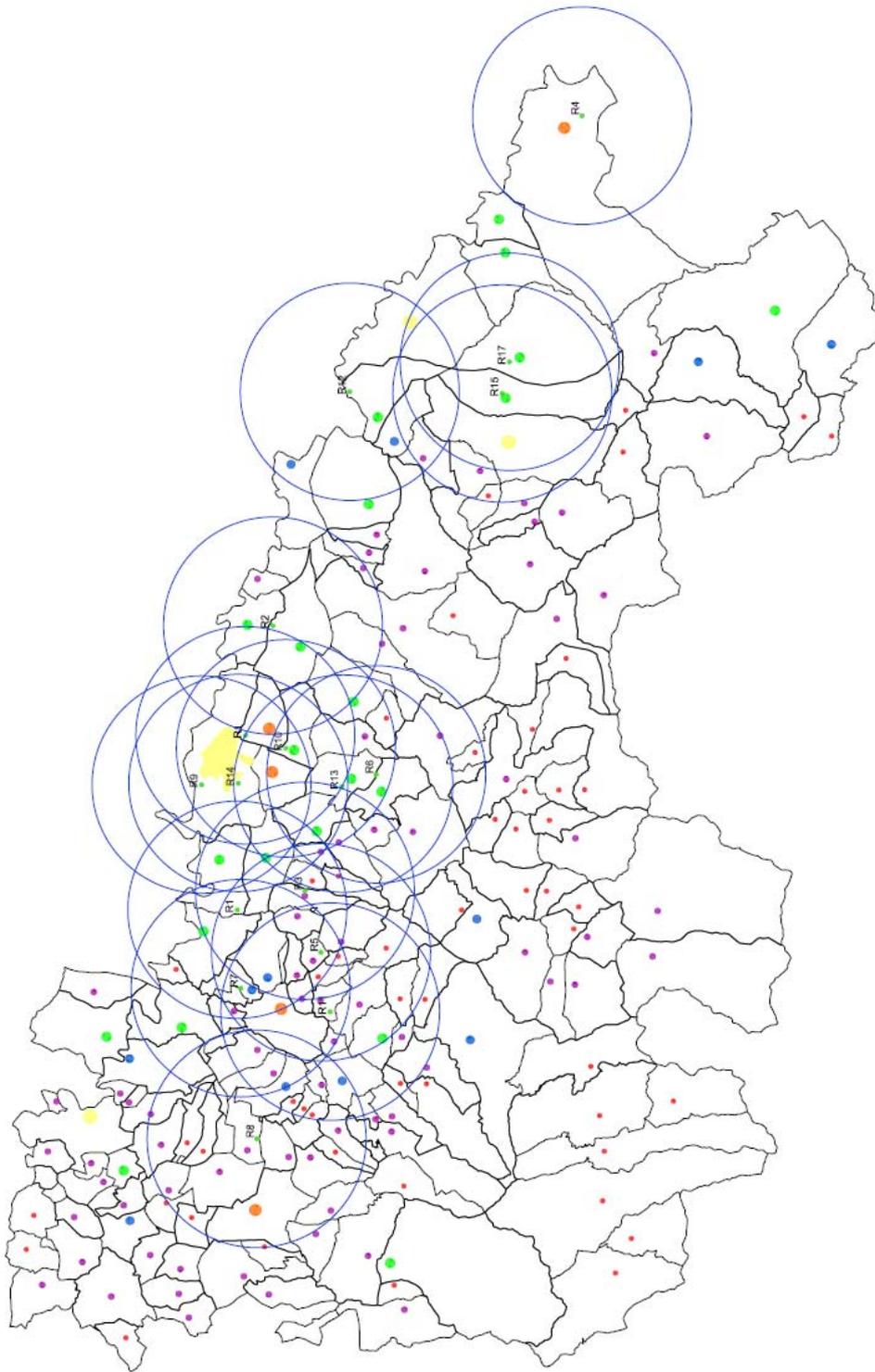


Mines de extracción con un radio de 20 km	Plano 6
	E: 1/5000
	AÑO 2013



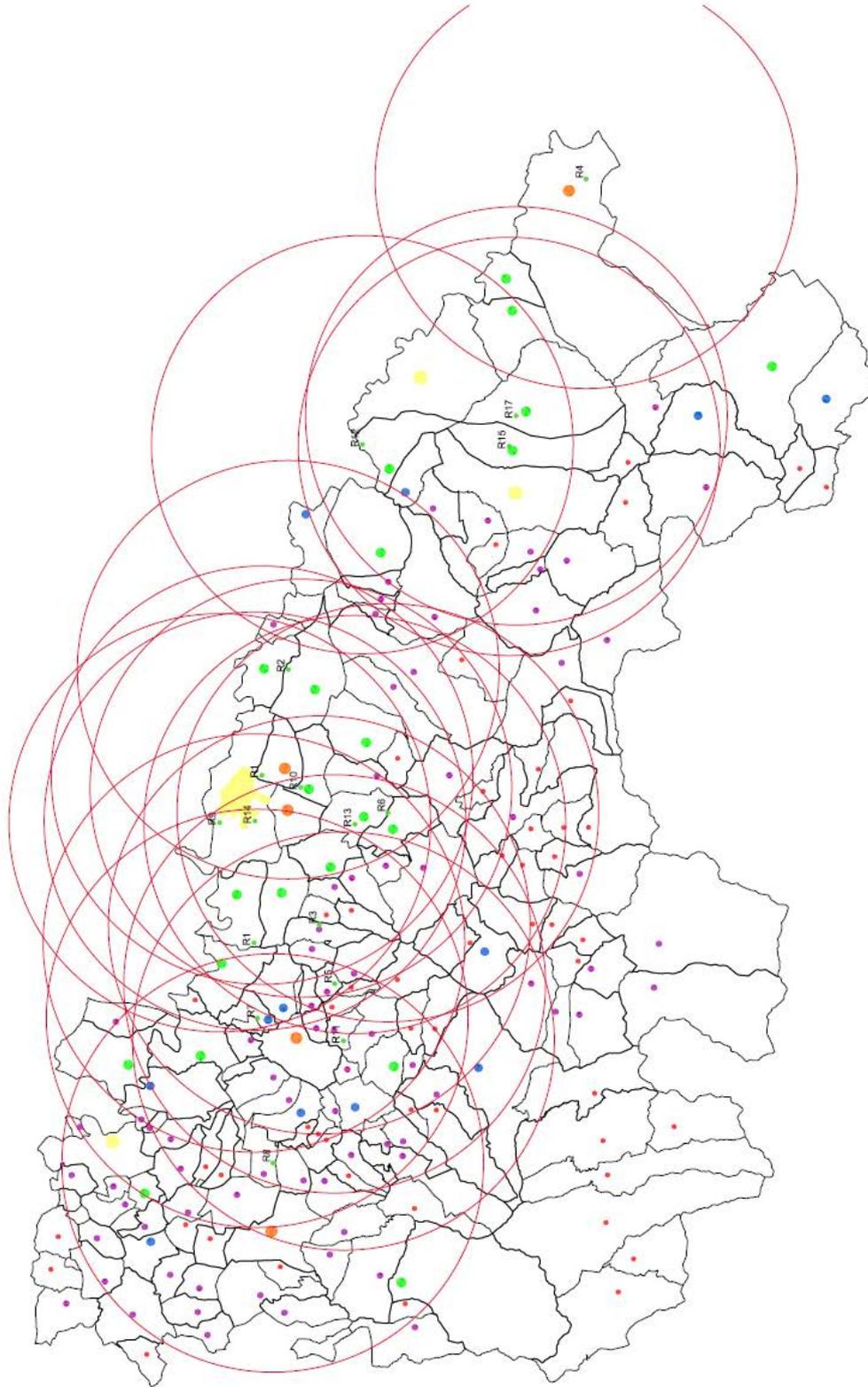
Plano 7
E: 1/5000
AÑO 2013

Plantas de tratamiento de árido reciclado en un radio de 5 km.



Plano B
E: 1/5000
AÑO 2013

Plantas de tratamiento de arido reciclado en un radio de 10 km



Plano 9
Escalas de tratamiento de aforo establecido en un radio de 20 km
E: 1/50000
ANO 2013

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Estudios sobre áridos reciclados llevados a cabo en España	7
Tabla 2.2	Mortero adherido en áridos reciclados según diversos autores	13
Tabla 2.3	Norma japonesa. Granulometría de áridos reciclados para fabricar hormigones en obra civil.	15
Tabla 2.4	Norma japonesa. Granulometría de áridos reciclados para fabricar hormigones en edificación	15
Tabla 2.5	Norma belga. Husos granulométricos para el árido reciclado	15
Tabla 2.6	Densidad de áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores.	17
Tabla 2.7	Absorción en áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores.	20
Tabla 2.8	Valores de la absorción según la norma japonesa	21
Tabla 2.9	Coefficiente de Los Ángeles en áridos reciclados según diversos autores	22
Tabla 2.10	Contenido máximo de impurezas en áridos reciclados según anejo EHE	27
Tabla 2.11	Propiedades del árido reciclado clase H JIS A 5021	29
Tabla 2.12	Sustancias contaminantes del árido reciclado clase H JIS A 5021	29
Tabla 2.13	Contenido de impurezas	35
Tabla 2.14	Requisitos físico-químicos según países	37
Tabla 2.15	Composición de los áridos reciclados según DIN 4223	38
Tabla 2.16	Impurezas en áridos reciclados según BS 8500-2	38
Tabla 2.17	Resistencia a compresión del hormigón reciclado	46
Tabla 2.18	Recomendaciones para la resistencia a compresión en hormigones reciclados	50
Tabla 2.19	Valores del módulo de elasticidad en hormigones reciclados	51
Tabla 2.20	Coefficiente de corrección del módulo de elasticidad en hormigones reciclados	54
Tabla 2.21	Variación de la resistencia a tracción en hormigones reciclados	55
Tabla 2.22	Coefficiente de reducción de la resistencia a tracción en hormigones reciclados	56
Tabla 2.23	Variación de la resistencia a flexión en hormigones reciclados	57
Tabla 2.24	Variación de la resistencia a flexión en hormigones reciclados	57
Tabla 2.25	Variación de la retracción por secado en hormigones reciclados	58
Tabla 2.26	Variación de la fluencia en hormigones reciclados	60
Tabla 2.27	Factor de durabilidad en hormigones reciclados	62
Tabla 3.1	Ingresos del impuesto a las materias naturales	79
Tabla 3.2	Frecuencia de pago de los impuestos	85

Tabla 3.3	Cantidad de arena y grava usada en proporción al total de los áridos	87
Tabla 3.4	Ingresos obtenidos en Estonia por impuesto sobre la minería	100
Tabla 3.5	Tabla resumen de impuestos del árido en Europa	101
Tabla 3.6	Esquema general de procesos de una planta de reciclaje	114
Tabla 3.7	Clasificación de las técnicas de clasificación y limpieza de RCD's	115
Tabla 3.8	Características de los sistemas de trituración	119
Tabla 3.9	Lista LER de residuos más habituales	126
Tabla 3.10	RCD's entregados a gestor autorizado	130
Tabla 3.11	Datos de RCD's recogido y/o tratado en las plantas de la comunidad de La Rioja	131
Tabla 3.12	Número de lugares para la extracción de rocas de construcción	152
Tabla 3.13	Tipo y número de explotaciones en La Rioja	154
Tabla 3.14	Producción de roca y minerales industriales	158
Tabla 3.15	Producción por tipo de producto	159
Tabla 3.16	Superficie de las labores	163
Tabla 3.17	Distribución de las explotaciones por subsectores	164
Tabla 3.18	Número de explotaciones y tipo de impactos sobre el suelo	165
Tabla 3.19	Tipos de impacto en el agua	165
Tabla 3.20	Impactos que se producen en la atmósfera	166
Tabla 3.21	Impacto visual que producen las explotaciones	166
Tabla 3.22	Tipos de afección paisajística	166
Tabla 3.23	Impactos en la fauna y flora	167
Tabla 3.24	Estabilidad de las explotaciones	167
Tabla 3.25	Estado de conservación de las explotaciones	168
Tabla 3.26	Resumen de impactos y medidas de los trabajos de minería	169
Tabla 3.27	Distribución de la producción de las explotaciones	171
Tabla 3.28	Tabla de valoraciones	174
Tabla 3.29	Valoración media de las explotaciones	174
Tabla 3.30	Puntuación medioambiental de las explotaciones	175
Tabla 3.31	Valores medios de las explotaciones	175
Tabla 3.32	Valoración media de impacto medioambiental y de seguridad	176
Tabla 3.33	Respuestas a la encuesta Plaminicar	179
Tabla 3.34	Previsión realizada en el año 2005 de producción	179
Tabla 3.35	Número de respuestas según concepto	180
Tabla 3.36	Número de trabajadores previstos	180
Tabla 3.37	Inversión prevista hasta el año 2010	180
Tabla 3.38	Inversión prevista para investigación y desarrollo	181
Tabla 3.39	Ayudas previstas para investigación y desarrollo	181
Tabla 3.40	Aplicaciones de los áridos	184

Tabla 3.41	Comparativa de precios de empresas de La Rioja en el año 2012	185
Tabla 3.42	Precio por recogida de residuos en planta	186
Tabla 3.43	Licencias municipales en La Rioja	187
Tabla 3.44	Construcción de viviendas en La Rioja	188
Tabla 3.45	Tarifas de venta de áridos reciclados	189
Tabla 3.46	Coste de vertido de residuos en las plantas de reciclado	190
Tabla 3.47	Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento	197
Tabla 3.48	Requisitos generales de los tamaños máximo D y mínimo d	201
Tabla 3.49	Series de tamices	202
Tabla 3.50	Condiciones granulométricas de los áridos	204
Tabla 3.51	Limitaciones de los áridos	206
Tabla 3.52	Resumen de los requisitos químicos	209
Tabla 3.53	Tipos y función de los aditivos	215
Tabla 3.54	Impurezas máximas en el árido reciclado	223
Tabla 3.55	Resumen de las características de los áridos reciclados	225
Tabla 3.56	Ensayos realizados	226
Tabla 4.1	Determinación de los sulfatos solubles en ácido	230
Tabla 4.2	Determinación de los cloruros solubles en agua	230
Tabla 4.3	Determinación de la granulometría de las partículas.	230
Tabla 4.4	Determinación de la resistencia a la fragmentación	231
Tabla 4.5	Determinación de las partículas de la absorción de agua	231
Tabla 4.6	Determinación de la estabilidad de áridos frente a disoluciones	231
Tabla 4.7	Determinación de la reactividad potencial	232
Tabla 4.8	Lista de las minas con licencia en la actualidad en La Rioja	234
Tabla 4.9	Plantas de tratamiento de RCDs	237
Tabla 4.10	Lista de municipios y su disponibilidad de áridos	243
Tabla 4.11	Análisis de sensibilidad de los coeficientes	244

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 3.1	Distribución de la generación de RCD en La Rioja	109
Imagen 3.2	Situación de Gestores de RCD	110
Imagen 3.3	Imagen de plantas y vertederos existentes en La Rioja en Agosto del 2012	111
Imagen 3.4	Proceso de producción de RCD's	113
Imagen 3.5	Separación de material recibido	114
Imagen 3.6	Separación de materiales para procesado	116
Imagen 3.7	Trituradora de mandíbulas	118
Imagen 3.8	Molinos de impactos	119
Imagen 3.9	Molinos de conos	120
Imagen 3.10	Planta fija de extracción con fosos para los materiales extraídos.	122
Imagen 3.11	Residuos para reciclar y restos de los residuos después del tratamiento	122
Imagen 3.12	Vista exterior de planta de reciclaje	123
Imagen 3.13	Planta de extracción y vertedero	124
Imagen 3.14	Vertedero situado en una localidad de La Rioja	125
Imagen 3.15	Obligaciones de información de las empresas de tratamiento de residuos	127
Imagen 3.16	Área de influencia de las instalaciones de valorización y eliminación de RCD	130
Imagen 3.17	Número de minas en La Rioja en octubre 2013.	141
Imagen 3.18	Imagen de vertedero controlado. Agosto 2012	154
Imagen 3.19	Precio medio del árido en origen en el año 2007	189
Imagen 3.20	Imagen de los áridos reciclados usados para el ensayo	219
Imagen 3.21	Separación del material recibido para tratamiento en planta de reciclaje	221
Imagen 3.22	Árido reciclado usado para los ensayos	225
Imagen 4.1	Localización de minas y plantas de reciclaje	235
Imagen 4.2	Minas de extracción de árido natural en un radio de 5 Km.	235
Imagen 4.3	Minas de extracción de árido natural en un radio de 10 Km.	236
Imagen 4.4	Minas de extracción de árido natural en un radio de 20 Km.	236
Imagen 4.5	Plantas de tratamiento de áridos reciclados en un radio de 5 Km.	238
Imagen 4.6	Plantas de tratamiento de áridos reciclados en un radio de 10 Km.	238
Imagen 4.7	Plantas de tratamiento de áridos reciclados en un radio de 20 Km.	239

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1	Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridos 10 min.	19
Gráfico 2.2	Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridos 24 horas	19
Gráfico 2.3	Comparación de consistencia entre el hormigón reciclado y el de control	42
Gráfico 2.4	Corrección de la consistencia por adición de superplastificante	43
Gráfico 2.5	Relación entre la resistencia a compresión del hormigón original y el reciclado	48
Gráfico 2.6	Evolución de la resistencia a compresión del hormigón reciclado	49
Gráfico 2.7	Reducción del módulo de elasticidad en hormigones reciclados	52
Gráfico 2.8	Relación entre la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad en hormigones reciclados según diversos autores	54
Gráfico 2.9	Retracción por secado en hormigones reciclados	59
Gráfico 2.10	Resistencia a la helada de hormigón reciclado y convencional	62
Gráfico 2.11	Resistencia a la helada en hormigones reciclados	63
Gráfico 2.12	Penetración de cloruros en hormigones reciclados	65
Gráfico 3.1	Extracción de materiales en Dinamarca	82
Gráfico 3.2	Ganancias de los impuestos sobre la extracción de los áridos	84
Gráfico 3.3	Evolución de los impuestos en Estonia	100
Gráfico 3.4	Distribución por comunidades de las primeras obras realizadas	102
Gráfico 3.5	Año de finalización de las obras	103
Gráfico 3.6	Tipo de obra	103
Gráfico 3.7	Tipos de residuos empleados para la obtención de áridos	104
Gráfico 3.8	Tipos de residuos empleados para las obras con áridos reciclados.	104
Gráfico 3.9	Distribución de la generación de RCD en Madrid.	108
Gráfico 3.10	Tipo de explotaciones mineras	157
Gráfico 3.11	Distribución de las explotaciones	158
Gráfico 3.12	Distribución del volumen total de producción.	170
Gráfico 3.13	Consumo en millones de toneladas de árido para la construcción en La Rioja	183
Gráfico 3.14	Consumo en millones de toneladas de árido para la construcción en España	183
Gráfico 3.15	Índice de precios del árido en España 2005-2011	186
Gráfico 3.16	Evolución de la construcción en España	187
Gráfico 4.1	Granulometría del árido reciclado 12/20	230
Gráfico 4.2	Diagrama de la evolución para el consumo de áridos reciclados	245
Gráfico 4.3	Esquema comparativo árido natural frente a árido reciclado	245

Gráfico 4.4	Comparativa de precios	247
Gráfico 4.5	Evolución de los precios con un impuesto en los materiales naturales	248
Gráfico 4.6	Evolución de los precios con subvención en los materiales reciclados	249
Gráfico 4.7	Diagrama de la evolución del consumo de áridos reciclados	250