

# LOS ÁRIDOS Y EL CEMENTO

EL RECORRIDO DE LOS MINERALES



# contenido

1. ¿QUÉ SON LOS ÁRIDOS?
  - 1.1. Definición
  - 1.2. Propiedades y características
  - 1.3. Clasificación
  
2. EL RECORRIDO DE LOS ÁRIDOS
  - 2.1. Un poco de historia
  - 2.2. La obtención de los áridos
  - 2.3. Procesos de transformación y reciclado
  - 2.4. Maquinaria y tecnología
  - 2.5. La seguridad en los procesos
  - 2.6. El transporte
  
3. APLICACIONES Y USOS DE LOS ÁRIDOS.  
LOS ÁRIDOS EN TU VIDA
  - 3.1. Productos y materiales
  - 3.2. Nuevas aplicaciones
  
4. LOS ÁRIDOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID, EN ESPAÑA Y EN EL MUNDO
  - 4.1. Los áridos en la Comunidad de Madrid
  - 4.2. Los áridos en España
  - 4.3. Los áridos en el mundo
  - 4.4. Industrias de la Comunidad de Madrid
  
5. EL CEMENTO
  - 5.1. Fabricación y comercialización
  - 5.2. Producción y consumo

DIRECCIÓN: **Carlos López Jimeno**  
Director General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

COORDINACIÓN TÉCNICA: **Emilio Llorente Gómez**  
Doctor Ingeniero de Minas  
Profesor Emérito de la E.T.S.I. de Minas de la U.P.M.

**Pilar García Bermúdez**  
Doctor Ingeniero de Minas

**Jorge Vega Calle**  
Ingeniero Técnico Industrial

AUTOR: **César Luaces**  
Ingeniero de Minas  
Director Técnico de la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos

© Comunidad de Madrid  
Consejería de Economía e Innovación Tecnológica  
Dirección General de Industria, Energía y Minas

© DE LA EDICIÓN: Domènech e-learning multimedia, S.A. 

PRIMERA EDICIÓN: 2007

DISEÑO Y MAQUETACIÓN: Enrique Domínguez



# 1. ¿QUÉ SON LOS ÁRIDOS?

La industria productora de áridos, es decir, arena o rocas fragmentadas, actualmente es uno de los subsectores básicos de la minería española y mundial.

Sin los áridos no sería posible la construcción de viviendas, oficinas, aeropuertos, hospitales, calles, carreteras, autopistas, vías de ferrocarril y puertos, ni se podría disponer de muchos productos industriales de uso cotidiano.



## 1.1. DEFINICIÓN

Los áridos son **materiales granulares** inertes formados por **fragmentos de roca o arenas** utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales. Coloquialmente son conocidos como arena, grava, gravilla, etc.

Cada español consume, sin ser consciente de ello, 11.650 kg al año, es decir, aproximadamente 150 veces su peso. Prácticamente todo lo que una persona puede observar a su alrededor procede de una cantera o de una mina, a excepción de lo proveniente de los mundos vegetal y animal (muebles, tejidos, etc.).

Normalmente, a causa de sus características y los grandes volúmenes que se utilizan, los áridos se **comercializan a granel** en camiones con caja (conocidos como "bañeras" vistos con mucha frecuencia por carreteras).

Los áridos son materias primas minerales indispensables para la sociedad. En general, se trata de materiales baratos y abundantes que se explotan necesariamente cerca de los centros de consumo, con el fin de reducir los costes de transporte.

## 1.2. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

En función de la aplicación a la que están destinados, los áridos deben reunir características diferentes, asociadas a su naturaleza petrográfica o al proceso empleado para su producción, entre las que cabe destacar:

- Propiedades **geométricas**: tamaño, forma de las partículas (p.ej. si son alargadas o no), caras de fractura, calidad de los finos, etc.
- Propiedades **mecánicas y físicas**: resistencia al desgaste (p.ej. para que los coches no se deslicen en las carreteras), resistencia a la fragmentación, resistencia al pulimento, densidad, porosidad, contenido en agua, etc.
- Propiedades **térmicas y de alteración**: resistencia a los ciclos de hielo y deshielo, etc.
- Propiedades **químicas**: contenido en azufre, cloruros, materia orgánica, contaminantes ligeros, reactividad potencial, etc.

Estas propiedades son evaluadas gracias a un conjunto de más de 50 normas de ensayo y de especificaciones comunes a todos los países de la Unión Europea.

La idoneidad del control de producción que desarrollan las empresas es verificada periódicamente por organismos notificados independientes, emitiendo un certificado acreditativo. Gracias al control del proceso, se dispone de productos de calidad contrastados, tras el sometimiento continuo de los áridos a ensayos de laboratorio, que permiten determinar si sus propiedades cumplen con los requisitos de las aplicaciones en los que se van a emplear, lo que implica que los procesos de fabricación estén perfectamente controlados en sus diferentes etapas.

Desde el 1 de junio de 2004, los áridos deben llevar obligatoriamente el marcado CE tanto para su comercialización como para su uso. Por lo tanto, todo usuario tiene el derecho y el deber de solicitar la existencia de dicho marcado en los áridos, como indicador del cumplimiento de los requisitos esenciales establecidos por la Unión Europea.

Los áridos, para las aplicaciones como el hormigón o las carreteras, están regidos por reglamentos técnicos oficiales conocidos como EHE (instrucción para hormigón estructural) y el PG-3 (carreteras).

Actualmente, numerosas empresas del sector cuentan con registro de empresa de los sistemas de gestión de la calidad, según la norma UNE en ISO 9001-2000. Hoy en día, están desarrollándose marcas de calidad para los áridos.



Las plantas de áridos cuentan con sistemas tecnológicos muy avanzados que permiten controlar la calidad de los productos.



Equipo de tamizado para seleccionar el tamaño de los áridos.

### 1.3. CLASIFICACIÓN

Los áridos pueden clasificarse por el tipo de roca del que proceden, por la aplicación a la que están destinados y por su tamaño.

#### 1.3.1. Por tipo de roca

En función del **tipo de roca**, los áridos pueden clasificarse en las categorías de la tabla siguiente:

##### CLASIFICACIÓN DE LOS ÁRIDOS POR TIPO DE ROCA

Acopio de áridos señalizado.			Árido reciclado cerámico.	Árido fino artificial.
				
ÁRIDOS NATURALES			ÁRIDOS RECICLADOS	ÁRIDOS SECUNDARIOS (ARTIFICIALES)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedentes de la corteza terrestre.</li> <li>• Suponen el 99 % del consumo.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedentes del tratamiento de residuos de construcción y demolición.</li> <li>• Actualmente representan menos del 1 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedentes de escorias de otras industrias generadas en procesos térmicos.</li> <li>• Actualmente su uso es escaso.</li> </ul>
ROCAS ÍGNEAS	ROCAS SEDIMENTARIAS	ROCAS METAMÓRFICAS		
<b>Plutónicas</b> Granitos Dioritas Gabros	<b>Calcáreas</b> Calizas Dolomías	Gneises Cuarzitas Mármoles		
<b>Hipoabisales</b> Diabasas Pórfidos	<b>Arenosas</b> Arenas Arenas silíceas Gravas Conglomerados Areniscas Grauvacas		Hormigones Ladrillos Tejas Carreteras Mezclas	Escorias de horno alto Escorias de acería Otras escorias
<b>Volcánicas</b> Basaltos Riolitas Traquitas Andesitas				

Los áridos **naturales** pueden obtenerse:

- De yacimientos detríticos no consolidados, tipo arenas y gravas, en explotaciones denominadas **graveras**.
- Mediante la trituración de rocas masivas y consolidadas tipo granito, diorita, calizas, cuarcitas, en explotaciones denominadas **canteras**.

Los áridos pueden presentar formas redondeadas, cuando se trata de materiales aluviales que no son sometidos a trituración, o angulosas en el resto de los casos donde existe trituración.

#### 1.3.2. Por tipo de aplicación

En función de su **aplicación**, los áridos pueden clasificarse en las categorías de la tabla siguiente:

##### CLASIFICACIÓN DE LOS ÁRIDOS POR APLICACIONES

CONSTRUCCIÓN
Áridos para <b>hormigón</b>
Áridos para <b>morteros</b>
Áridos para <b>capas de rodadura</b> (carreteras)
Áridos para <b>bases y subbases</b> (carreteras)
Áridos para <b>balasto de ferrocarril</b>
Áridos para <b>escolleras</b> (puertos, diques, presas)
Áridos <b>ligeros</b>
INDUSTRIA
Áridos <b>industriales</b>

#### 1.3.3. Por tamaños

En cuanto al tamaño, los áridos se designan mediante la **fracción granulométrica d/D** comprendida entre el tamaño inferior (d) y el tamaño superior (D), por ejemplo, un árido 6/12 mm.

## 2. EL RECORRIDO DE LOS ÁRIDOS

### 2.1. UN POCO DE HISTORIA

Desde la Antigüedad, los áridos han acompañado el desarrollo de la civilización humana. En efecto, desde el inicio de los tiempos, el hombre ha utilizado materiales naturales para la construcción de su hábitat y la ordenación de su entorno.

#### 2.1.1. Origen y desarrollo

En el periodo que comprende desde la Antigüedad hasta la Revolución Industrial del siglo XIX, la producción de áridos se realizaba artesanalmente recurriendo a medios manuales, rompiendo y triturando las rocas con herramientas rudimentarias como mazas, martillos, etc. Para evitar su transporte, los áridos se producían en las proximidades del lugar donde iban a utilizarse. En esa época, una persona podía llegar a producir 125 t al año.

El final del siglo XIX supuso una revolución en el arte de la construcción, gracias a la aparición del cemento industrial y del hormigón. En esa misma época, la creación de las redes de ferrocarril, de la infraestructura de carreteras y de las obras públicas necesarias para franquear obstáculos, requirió el uso de grandes cantidades de materiales nuevos y económicos.

Comienza entonces el verdadero auge de los áridos como sector productivo, dependiente en gran medida de la actividad constructora.

A lo largo del siglo XX, fueron desarrollándose nuevas tecnologías que permitieron incrementar las producciones mediante la incorporación al proceso de maquinaria fija y móvil, cada vez con mayor capacidad. De este modo, ha ido creciendo el tamaño de las explotaciones de áridos a cielo abierto, denominadas canteras y graveras. Hoy en día, una explotación moderna puede llegar a producir más de un millón de toneladas al año con, aproximadamente, una docena de trabajadores.



Los avances tecnológicos han facilitado enormemente el rápido crecimiento económico mediante los nuevos sistemas, y la modernización de la maquinaria en las plantas de extracción de áridos.

#### 2.1.2. Evolución

A principios del siglo XXI, la industria extractiva de los áridos destaca como uno de los sectores mineros más importantes, a la hora de proveer a la sociedad de recursos naturales primordiales para el desarrollo económico.

La profesionalización creciente es una de las metas de las empresas pertenecientes a este sector, que aplican, cada vez más, tecnologías innovadoras para optimizar y controlar los procesos.

En la actualidad, la producción de áridos se realiza en el marco de un desarrollo sostenible, procurando obtener productos de calidad con la consideración del medio ambiente y la prevención de riesgos laborales.



Para la construcción de edificios y múltiples infraestructuras en una ciudad son necesarios los áridos; de ahí, la gran importancia de éstos en el desarrollo económico.

## 2.2. LA OBTENCIÓN DE LOS ÁRIDOS

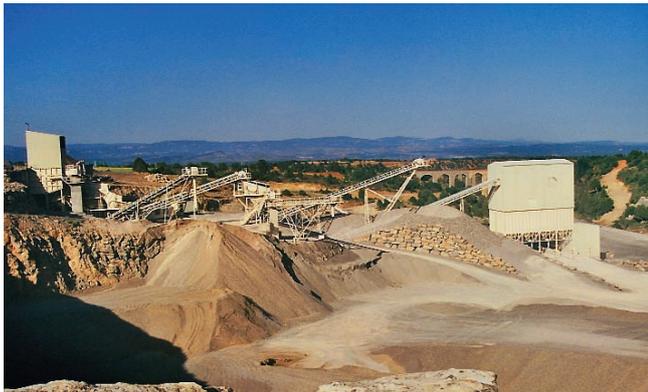
La explotación de los áridos se realiza habitualmente a cielo abierto en **canteras** o en **graveras**.

La concepción y el diseño de las explotaciones, así como la técnica operativa empleada, varían cuando se trata de extraer rocas masivas o materiales sin consolidar, en vía seca o en vía húmeda.

### 2.2.1. Investigación

La investigación minera permite determinar la existencia o no de un yacimiento de áridos y, en caso afirmativo, si sus características lo hacen viable (ubicación, dimensiones, tipo de roca, calidad, etc.), ponerlo en explotación.

En principio, puede decirse que las reservas de áridos (sedimentarios y masivos) son prácticamente ilimitadas en España. Pero, en numerosos casos, la inaccesibilidad del yacimiento, que éste se encuentre situado en zonas urbanas, en espacios clasificados o en espacios protegidos, así como el excesivo coste de explotación y de transporte o los posibles impactos sobre el medio ambiente, pueden hacer inviable la explotación.



Vista general de una planta de tratamiento de áridos.

### 2.2.2. Proyecto de explotación

Cualquier explotación de áridos debe contar con un proyecto aprobado por la Administración, el cual comprende todos los aspectos relacionados tanto con la propia extracción de la materia prima (diseño de la explotación) como con su tratamiento (diseño de la planta de tratamiento), además de las medidas previstas para corregir los efectos de la actividad sobre el medio ambiente, y garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

En la mayoría de los casos, los proyectos de explotación están obligados a superar un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental.

### 2.2.3. Extracción

La etapa de extracción se desarrolla en dos fases principales que se realizan de forma consecutiva: la descubierta de las capas explotables y la extracción de la materia prima.

- **Descubierta de las capas explotables.** Antes de comenzar la extracción propiamente dicha, es necesario poner al descubierto el yacimiento explotable, retirando selectivamente la cubierta vegetal, los estériles y las rocas alteradas. Estos materiales no aptos como áridos son, sin embargo, de un gran valor para la restauración de las áreas ya explotadas.
- **Extracción de los materiales.** Para la extracción de áridos se emplean distintos métodos de arranque de la roca, adaptados a los diferentes tipos de yacimientos denominados graveras o canteras. La zona donde se obtiene la roca se denomina frente de extracción. Cuando la potencia del yacimiento, es decir el espesor del material, es grande, se forman bancos o escalones de altura limitada, diseñados de tal manera que permitan un acceso fácil a los equipos de carga y de transporte. Existen dos grandes grupos de explotaciones:
  - **Graveras:** cuando los materiales no están consolidados, se emplean equipos de arranque mecánico como excavadoras, palas cargadoras, dragalinas, y tractores sobre orugas (*bulldozer*), que extraen directamente la roca.



Arranque en frente con retroexcavadora.



Arranque mecánico en gravera.



Extracción con dragalina.

- En **vía seca**: cuando el yacimiento se encuentra por encima del nivel del agua (capa freática o nivel del curso de agua), se emplea maquinaria minera y de obras públicas, como excavadoras, *bulldozers* y palas cargadoras, atacando el frente de material desde arriba, o bien desde el pie del mismo.

- En **vía húmeda**: cuando el yacimiento se encuentra por debajo del nivel del agua, desde la orilla se utilizan dragalinas con cables y cuchara o retroexcavadoras (si la profundidad es escasa) o, desde el agua, dragas (en profundidades mayores).

- Explotación **mixta**: es una combinación de los dos métodos anteriores.

- **Canteras**: cuando se trata de macizos rocosos, la extracción de materiales consolidados se efectúa mediante voladura con explosivos, adoptando grandes medidas de seguridad, para la fragmentación controlada de la roca y la obtención de la materia prima, llamada todo-uno, que pueda ser trasladada hasta la planta de tratamiento.

- **Transporte a la planta de tratamiento**. Se realiza mediante camiones volquetes (*dumpers*), que pueden llegar a ser de grandes dimensiones, o cintas transportadoras.



Voladura, con explosivos para la fragmentación controlada de materiales consolidados.

Los denominados camiones *dumpers*, pueden cargar y transportar a lo largo del tiempo miles de toneladas de áridos desde el lugar de extracción hasta la planta de tratamiento o el lugar de destino.

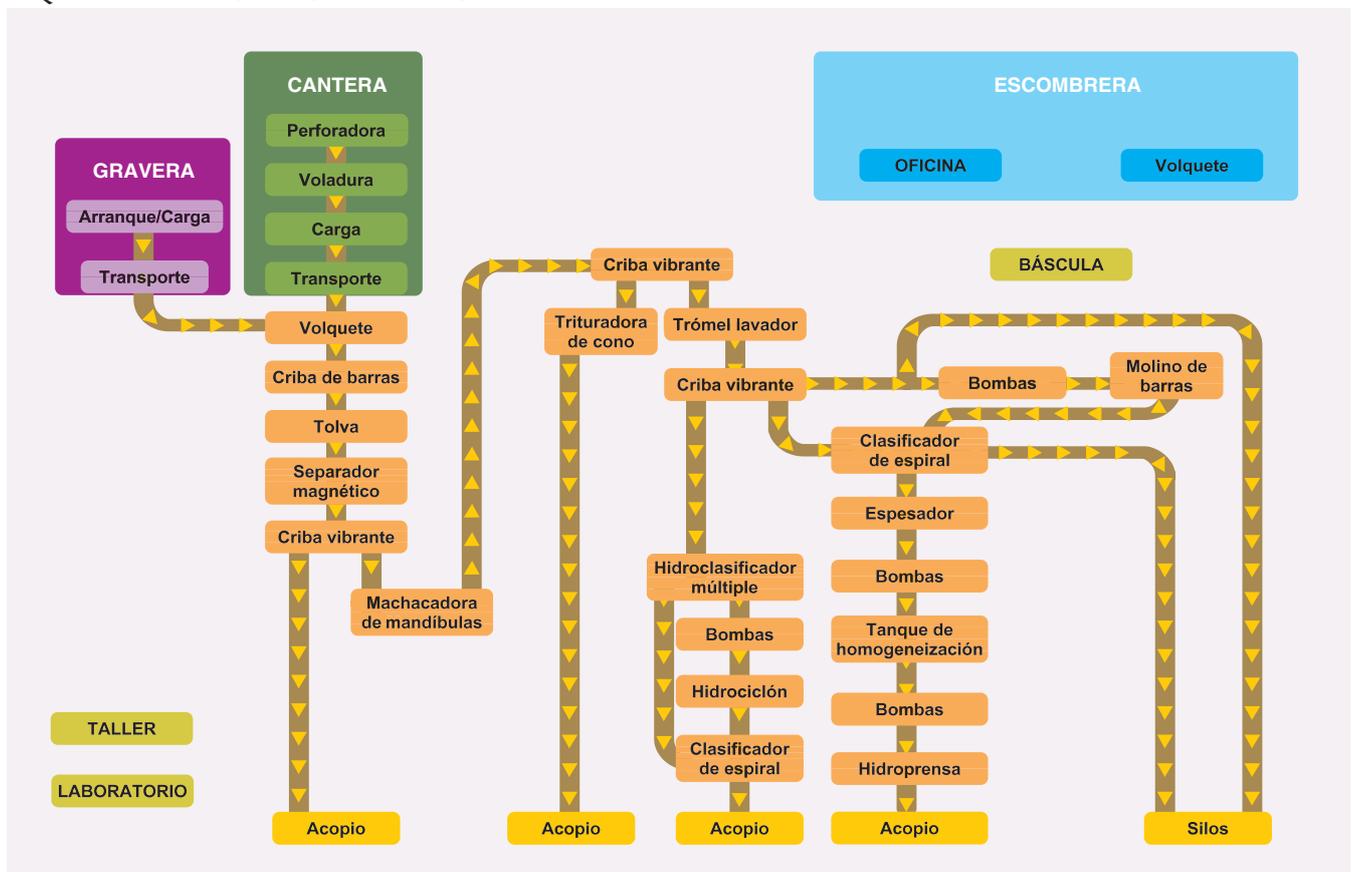


Otra forma de transporte en las canteras o graveras son las cintas transportadoras, capaces de mover grandes toneladas de áridos.

## 2.3. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN Y RECICLADO

El proceso de tratamiento de los áridos permite obtener productos terminados aptos para el consumo. Se trata de un proceso muy automatizado y tecnológicamente complejo, pues intervienen en él una gran cantidad de disciplinas. Sin embargo, en cuanto a su principio básico, puede decirse que es sencillo, ya que consiste en triturar el todo-uno procedente de la explotación para obtener tamaños menores y clasificarlos con el fin de almacenar por separado cada granulometría. En algunos casos, es necesario lavar el material para mejorar sus características. Las etapas básicas son:

### ESQUEMA DE EXPLOTACIÓN DE ÁRIDOS



### 2.3.1. La trituración y la molienda

La **tritución** y la **molienda** permiten disminuir, en sucesivas fases, el tamaño de las partículas, empleando para ello equipos de trituración de características diferentes como los de mandíbulas, los de percusión, los giratorios o los molinos de bolas o de barras. En las arenas y gravas de origen aluvial, únicamente se trituran los tamaños superiores y, por lo tanto, el número de etapas de trituración suele ser inferior.

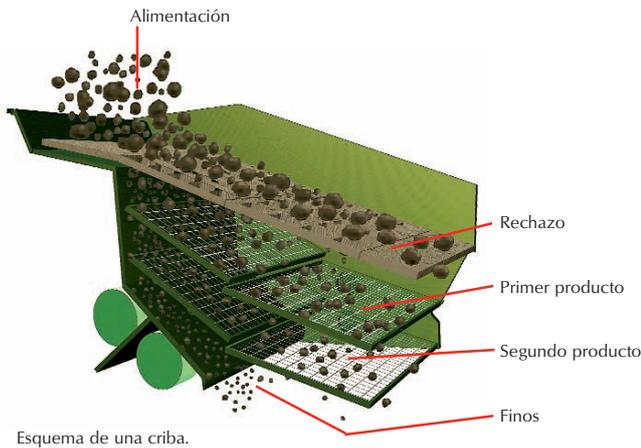
En el proceso de trituración y molienda de los áridos, también se requiere maquinaria específica de grandes dimensiones. Equipo de trituración primaria.





### 2.3.2. La clasificación

Entre las etapas de trituración, aparecen intercalados los equipos de **clasificación**, las cribas, que permiten seleccionar el tamaño de las partículas separándolas entre las que pasan y las que no pasan por las mallas. De este modo, se logran áridos de todos los tamaños posibles, en función de la demanda del mercado.



Mediante los sistemas de criba se seleccionan los diferentes tamaños de los áridos para su posterior comercialización según su uso.

### 2.3.3. El lavado

Las operaciones de desenlodado y lavado del material se realizan cuando el yacimiento presenta lodos, arcillas u otras sustancias que afecten en la calidad de los áridos, y permiten obtener áridos limpios con el fin de responder a las necesidades de determinadas aplicaciones de la industria, evitando así la alteración de la adherencia con los ligantes (cemento, cal, compuestos bituminosos u otros) permitiendo así proceder a su correcta aplicación.



Los equipos de lavado de áridos son imprescindibles para conseguir la máxima calidad en las aplicaciones de éstos, cuando el tipo de yacimiento lo requiere.

### 2.3.4. El almacenamiento

En la etapa de almacenamiento, gracias al control del proceso de fabricación, ya se dispone de productos de calidad clasificados según su granulometría, que se almacenan en silos o en apilamientos a la intemperie o cubiertos, llamados acopios.



Los áridos, una vez finalizado el proceso de transformación en la planta, son almacenados en silos o en apilamientos (acopios) antes de su comercialización.

### 2.3.5. El reciclado de residuos de construcción y demolición

En ciertos casos, puede ser posible la realización de labores de reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) o de vaciados de obras procedentes de la construcción, de la demolición de estructuras y edificaciones o de la obra civil (túneles).

De los RCD mencionados pueden obtenerse áridos reciclados aptos para ser consumidos, siempre y cuando cumplan los requisitos de calidad exigibles para cada una de las diferentes aplicaciones. Para ello, es muy importante que el residuo haya sido seleccionado en origen, de manera que se evite la mezcla de materiales no deseados, que perjudican la calidad del producto final.



Los residuos de construcción y demolición (RCD), tras una selección, pueden ser reciclados para la obtención de nuevos áridos aptos para la construcción.

## 2.4. MAQUINARIA Y TECNOLOGÍA

El proceso de producción de áridos requiere el empleo de una maquinaria muy robusta, resistente y de grandes dimensiones, para poder manipular los grandes volúmenes de materias primas que demanda la sociedad.

La obtención de áridos con las características de calidad requeridas por el mercado, es posible gracias a que los sistemas de control empleados son cada día más completos y automatizados y permiten, en todo momento, regular la producción.

### 2.4.1. Equipos de arranque y carga

Las operaciones de arranque y carga se realizan en canteras y graveras, fundamentalmente con equipos móviles como palas cargadoras sobre ruedas, excavadoras (frontales o retros) y *bulldozers*, además de perforadoras y dragalinas.

- La **perforadora** realiza, en las canteras, los barrenos que se rellenan con el explosivo necesario para la voladura.
- La **pala cargadora** es un equipo de carga muy versátil por su gran movilidad y fácil maniobrabilidad, que se utiliza, sobre todo, en el movimiento de tierras, ya sea en la descubierta o en la restauración, en la carga en el frente y en la carga en el parque de áridos de *dumpers*, camiones y tolvas de alimentación.



Pala cargadora en operación de carga del todo-uno en el frente.

- La **excavadora hidráulica** es un equipo de excavación y carga ampliamente utilizado que puede ser de arranque frontal, o retro. Se utiliza en la excavación de tierras, en el arranque de materiales no consolidados y en la carga de materiales en *dumpers*, camiones y tolvas de alimentación.
- La **dragalina** permite extraer el material cuando se encuentra por debajo del nivel del agua. Está formado por un cazo que se encuentra suspendido de una pluma por medio de cables, que permiten lanzarlo vacío y recogerlo con el material escurrido.
- Por último, el **bulldozer** o **tractor** se utiliza en el arranque, empuje y apilado del material para su posterior carga y transporte, en el desbroce del terreno y en el empuje y extendido de material de relleno, sin olvidar labores auxiliares como apertura, nivelación y limpieza de pistas.

### 2.4.2. Equipos de transporte

Las operaciones de transporte en canteras y graveras se realizan con el *dumper* o con el camión.

- El **dumper**, o **camión volquete** (rígido o articulado), es el principal medio de transporte sobre ruedas dentro de una explotación de áridos y también en la obra pública. Su utilización se centra en el transporte de material cargado en el frente hasta su punto de vertido en tolvas, acopios intermedios o escombreras.
- El otro vehículo de transporte, el **camión**, es similar al *dumper* pero de menores dimensiones y capacidad de carga. Al igual que éste, se emplea en el transporte interno de material cargado en el frente hasta su punto de vertido, ya sean tolvas, acopios intermedios o escombreras, y además en el transporte externo por carretera para distribuir los productos a los usuarios finales.

### 2.4.3. Equipos de la planta de tratamiento

Entre los equipos fijos de proceso utilizados en una planta de tratamiento de áridos cabe citar las tolvas, los alimentadores, los equipos de trituración y molienda, las cintas transportadoras, las cribas, los silos, los equipos de lavado, los motores y bombas, la instalación eléctrica y los sistemas de control.



Vista general de una planta de tratamiento de áridos en construcción.

## 2.4.4. Sistemas y equipos para la protección del medio ambiente

La creciente aplicación de los criterios ligados al desarrollo sostenible en las explotaciones permite mirar al futuro, con la confianza de poder afrontar los nuevos retos que demanda la sociedad.

Desde el inicio de la explotación hasta su clausura, las empresas que producen áridos deben aplicar una serie de técnicas para prevenir o minimizar los efectos de la actividad sobre el medio ambiente.

La implantación de estas medidas dependerá de las circunstancias concretas de cada explotación, ya que es difícil hablar de actuaciones universalmente aplicables.

La variedad de equipos y técnicas disponibles es muy amplia por lo que, como ejemplos, pueden citarse:

- Sistemas de control del polvo (aspiración, filtros de mangas, pulverización de agua, etc.).
- Sistemas para la protección frente al ruido (pantallas, carenados, etc.).

- Minimización de residuos, recogiendo selectivamente para una correcta gestión.
- Depuración del agua de lavado, por sedimentación de sólidos en balsas o en tanques espesadores, o por filtrado.
- Apantallamiento de la explotación para reducir el impacto visual.

Además, la restauración o recuperación de los terrenos explotados, que es la última fase del proceso productivo, tiene por objetivo reacondicionar los terrenos en conformidad con unas directrices de calidad medioambiental, con el fin de devolver el área a su entorno. La legislación sobre restauración obliga a las empresas a:

- Disponer de un Proyecto de Restauración de los Terrenos aprobado por la autoridad competente.
- Depositar un aval que garantice la realización de ese proyecto.

Frente de cantera restaurado.



Lago de una gravera restaurada.



Aspecto de una gravera restaurada con una lago anexo.



## 2.5. LA SEGURIDAD EN LOS PROCESOS

La seguridad en las explotaciones de áridos, considerada desde la fase inicial del proyecto, es una exigencia social y debe ser una muestra del compromiso de las empresas con sus trabajadores. Por esta razón, cada vez son más numerosos los casos de aplicación de buenas prácticas en la prevención de riesgos laborales.

La seguridad, que se basa en la integración de la prevención de riesgos laborales en el seno de la actividad de la empresa, es una de las prioridades del sector de los áridos, cuyo objetivo es "cero accidentes".



En la actualidad, la prevención de riesgos laborales en el sector de los áridos, como en el resto de la minería, es una prioridad.



## 2.6. EL TRANSPORTE

En España, el transporte externo de los productos a granel se encuentra altamente condicionado por las características de las infraestructuras del país. La práctica inexistencia de redes fluviales navegables y la falta de infraestructuras ferroviarias y portuarias para la carga y descarga de los grandes volúmenes de minerales necesarios, ha originado que cerca del 99 % del transporte se realice por carretera, en el caso de los áridos.

El transporte por carretera es, sin lugar a dudas, la opción más costosa; de manera que por cada 50 km desde el yacimiento de procedencia, el coste de los áridos se duplica, produciéndose a menudo una situación paradójica en la que el coste del transporte supera al coste del material y de su producción.



Ésta es una imagen frecuente en las carreteras de nuestro país. El transporte masivo de áridos por este tipo de vías es debido a las deficientes infraestructuras en otros tipos de transporte alternativos.

# 3. APLICACIONES Y USOS DE LOS ÁRIDOS. LOS ÁRIDOS EN TU VIDA

Los áridos se emplean en cantidades considerables en todos los ámbitos de la construcción, ya sea en viviendas, obras de infraestructura, vías de comunicación, equipamientos, industria, etc.

Sin embargo, esta materia prima no es nada conocida por el gran público quien, normalmente, utiliza o adquiere los bienes ya terminados donde esta materia prima ya está integrada y no en su estado natural.

## 3.1. PRODUCTOS Y MATERIALES

### 3.1.1. El uso de los áridos en la construcción

#### Las aplicaciones

Los áridos son la primera materia prima consumida por el hombre después del agua. Basta decir que cada persona consume en su vida cerca de 850.000 kg de áridos, más de 10.000 veces su peso, cantidad equivalente a la transportada en 32 camiones bañera.

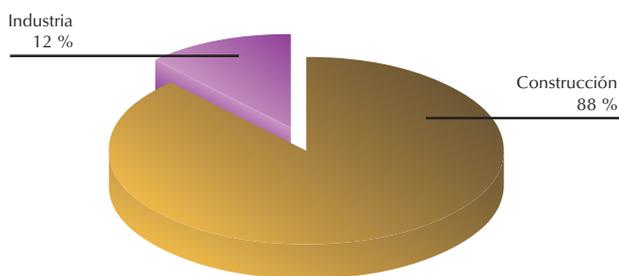
Ya se trate de una autopista, aeropuerto, o vía de ferrocarril, las técnicas constructivas requieren cantidades ingentes de áridos. El balasto para las vías férreas, los cimientos de las edificaciones, las distintas capas, - ligadas o no ligadas -, que forman las carreteras, etc., son esencialmente áridos.



Las principales aplicaciones en construcción son:

- **Morteros;** empleados para unir ladrillos o revestir paredes. 1 m<sup>3</sup> de mortero contiene 1,3 t de áridos.
- **Hormigones;** que pueden ser estructurales (cimientos, vigas y pilares) o en masa (pavimentos, etc.). Para la fabricación de 1 m<sup>3</sup> de hormigón son necesarias entre 1,8 y 1,9 t de áridos.
- **Prefabricados;** como ladrillos, bloques, vigas, bordillos, aceras, tuberías, etc.

DISTRIBUCIÓN DE LAS APLICACIONES DE LOS ÁRIDOS



Los prefabricados para pavimentos, es uno de los usos más comunes en los núcleos urbanos.



Obras de construcción del Auditorio de Madrid.

- **Bases, subbases y aglomerados asfálticos;** que son los elementos que componen las carreteras, autovías, calles, aparcamientos, pistas, etc. Para 1 km de autopista son necesarias unas 30.000 t.
- **Balasto;** para construcción de vías férreas, y sobre el que se apoyan las traviesas y los raíles. 1 km de vías de ferrocarril requiere unas 10.000 t de áridos.
- **Piedras y bloques de escollera** para puertos.

- Y otras aplicaciones como: presas, puentes, aeropuertos, calles, centros comerciales, parques de ocio, viviendas, recintos feriales, edificios singulares, rascacielos, túneles, universidades, etc.

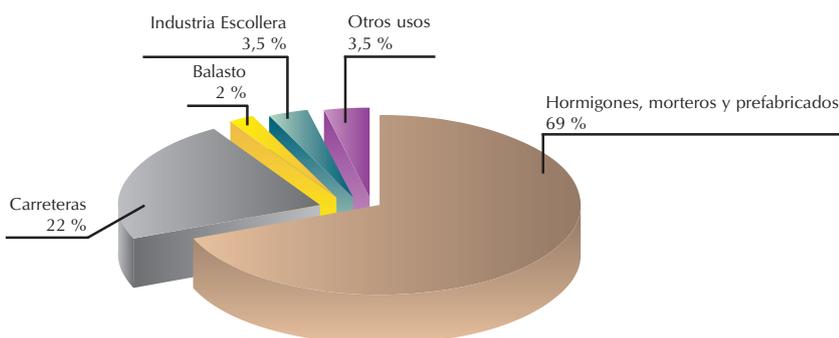
- Una vivienda unifamiliar necesita entre 100 y 400 t de áridos.
- Para un colegio hacen falta entre 2.000 y 4.000 t de áridos.
- La construcción de un estadio de fútbol requiere unas 300.000 t de áridos.



Los asfaltos de las autopistas, las escolleras de los puertos, los pavimentos de las ciudades, el metro y hasta el tren de alta velocidad -AVE-, requieren para su construcción de miles de toneladas de áridos de diferentes propiedades y características en función de su aplicación.

Las principales aplicaciones de los áridos se desglosan en el cuadro adjunto:

APLICACIONES DE LOS ÁRIDOS EN CONSTRUCCIÓN (Estadística minera, 2002)





Hotel.



Túnel y autopista.



Estadio de fútbol.



Puente.



Parque de atracciones.



Universidad.



Rascacielos.



Calles y aceras.



Edificio de comunicaciones.



Paseos y avenidas.



Jardines.



Obra de reparación de una calle.



Centro comercial.



Recinto ferial.



Calles, aceras y edificios.

Fuente de las imágenes: ANEFA.

### 3.1.2. Las aplicaciones industriales

Además de estar presentes en la construcción, los áridos también se encuentran en innumerables elementos de la vida cotidiana. Es sorprendente descubrir cuántos objetos habituales han sido fabricados con áridos y en cuántos procesos industriales se emplean. Asimismo, los áridos tienen diversas aplicaciones para mejorar el medio ambiente: reducción de las emisiones de azufre y de la acidez de los suelos, filtros para la depuración de aguas, etc.

Los áridos destinados a usos industriales requieren unas propiedades muy específicas, como una mayor pureza en cuanto a su composición química, y un tamaño muy pequeño (micronizado), obtenido a través de la molienda fina de los materiales.

- **Fabricación del cemento.** El 80 % del cemento es caliza.
- **Industria de la cerámica y vidrio.** 1 t de vidrio requiere 700 kg de arena de sílice muy pura, 300 kg de dolomía y caliza, y 130 kg de sosa.
- **Fabricación del acero.** La caliza se emplea como fundente.
- **Materiales abrasivos.**
- **Industria papelera.** 1 t de papel contiene unos 300 kg de carga mineral.
- **Industria de los plásticos.**
- **Industrias de pintura y detergentes.** La caliza se emplea como carga en pinturas e incluso como pigmento. En la fabricación de detergentes, interviene la arena sílicea.
- **Industria informática.** La arena sílicea permite la fabricación de componentes de los ordenadores.
- **Industrias químicas y farmacéuticas.** La caliza finamente molida interviene en la composición de numerosos productos químicos como la pasta de dientes, cosméticos, medicamentos, etc.
- **Tratamiento de aguas.** Filtración de aguas de consumo humano, depuración de aguas residuales y neutralización de aguas ácidas.
- **Producción de energía eléctrica.** Cargas para centrales térmicas, desulfuración de gases y presas para energía hidroeléctrica.
- **Alimentación.** Para fabricar 100 kg de azúcar, son necesarios 20 kg de caliza. También se emplea en el proceso de fabricación del pan, del vino y de la cerveza.
- **Otras aplicaciones industriales.** Usos agrícolas, corrección de suelos, fertilizantes, aditivos para piensos, lechos filtrantes, revestimientos aislantes y refractarios, etc.

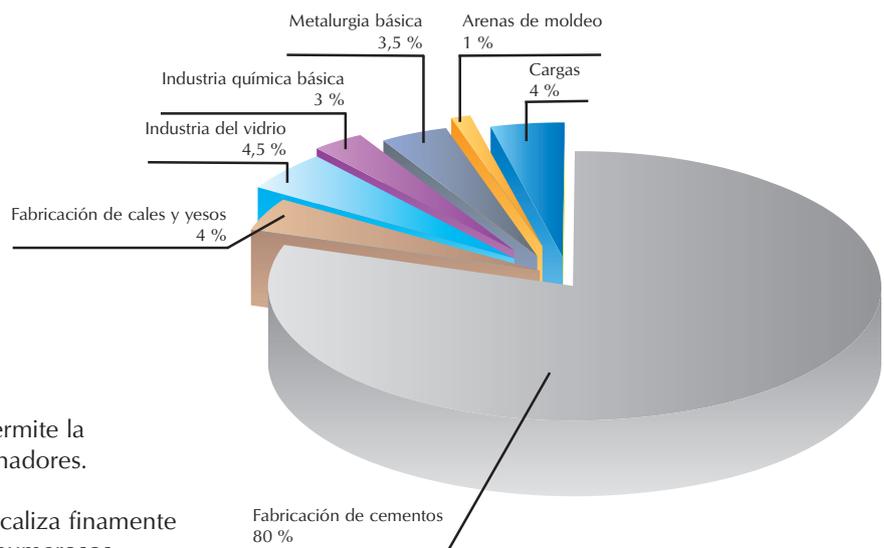
### 3.2. NUEVAS APLICACIONES

El desarrollo constante de nuevas técnicas constructivas y de productos industriales innovadores abre nuevos campos para los materiales que los constituyen. Con el fin de asegurar una mayor durabilidad y prestaciones de las obras, las exigencias que deben reunir los áridos son cada día mayores.

Un ejemplo de lo anterior es la demanda creciente de áridos ligeros para dotar de esta característica a los hormigones a los que se agregan.

Los avances en la fabricación de materiales constituidos por áridos posibilitan que, cada día, se amplíen los campos de aplicación.

APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS ÁRIDOS (Estadística Minera, 2002)





Vidrio.



Acero.



Vidrio.



Papel.



Componentes de ordenador.



Pinturas.



Detergentes.



Objetos de plástico.



Cosméticos.



Vino, cerveza y pan.



Medicamentos.



Filtración de aguas.



Abrasivos.



Pasta de dientes.



Electricidad.



Azúcar.

## 4. LOS ÁRIDOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID, EN ESPAÑA Y EN EL MUNDO

### 4.1. LOS ÁRIDOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Actualmente, la industria de los áridos es, con diferencia, la más importante dentro de la minería de la Comunidad de Madrid, ya que cuenta con 70 canteras y graveras (más del 60 % de las explotaciones mineras) y produce más del 90 % de los recursos minerales extraídos, es decir aproximadamente 35 Mt (millones de toneladas) de áridos para la construcción y para usos industriales.

Además de esa cifra, la Comunidad de Madrid consume otros 11 Mt de áridos procedentes de las Comunidades de Castilla-La Mancha y de Castilla y León. El consumo total es pues de 41 Mt para la construcción y 5 Mt para usos industriales, lo que supone que cada madrileño consume más de 20 kg diarios de áridos.

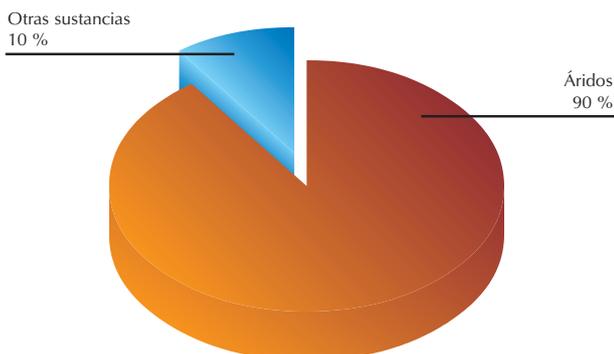
En cuanto a consumo, la Comunidad de Madrid es la cuarta por detrás de Andalucía, la Comunidad Valenciana y Cataluña; el consumo prácticamente se ha duplicado desde el año 1995, por lo que es cada vez más necesario disponer de reservas de áridos explotables, ya que sin ellos no sería posible el desarrollo de la construcción que, hoy en día, es la actividad económica más importante de la Comunidad.

Los áridos de esta Comunidad proceden fundamentalmente de arenas y gravas, de canteras de caliza y, en menor medida, de yacimientos graníticos. Las explotaciones de áridos de la Comunidad de Madrid figuran entre las más grandes del país, ya que producen de media cerca de 475.000 t cada una.

Finalmente, cabe destacar que el sector cuenta, en Madrid, con más de 600 trabajadores directos y cerca de un total de 5.500 indirectos, incluyendo transportistas. Además, las empresas del sector de los áridos tienen una cifra de negocios anual de cerca de 400 millones de euros.

Consecuentemente, es fácil comprender la importancia real de esta actividad dentro de la economía de Madrid.

DISTRIBUCIÓN DE PRODUCCIÓN MINERA EN LA COMUNIDAD DE MADRID (PORCENTAJE EN PESO)



Son muchas las obras de construcción, mantenimiento, rehabilitación y mejora que se realizan diariamente en la Comunidad de Madrid. Por lo tanto, aunque la producción de áridos en nuestra Comunidad es importante, se ve superada por el consumo.

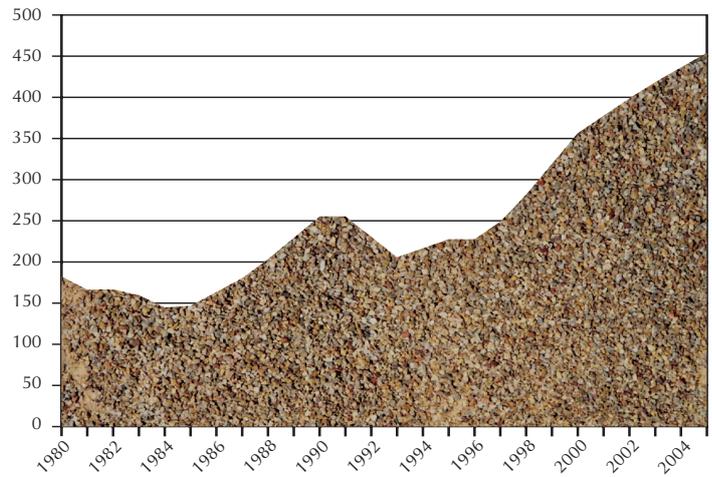
## 4.2. LOS ÁRIDOS EN ESPAÑA

La producción de áridos en España ocupa puestos muy destacados en aspectos tan importantes como:

- Toneladas producidas: 500 Mt en 2004, cifra que representa cerca del 85 % del total de los minerales producidos en España, repartidas en 438 Mt de áridos para la construcción y otros 65 Mt para aplicaciones industriales. Actualmente, nuestro país es el segundo productor europeo, por detrás de Alemania.
- Volumen de negocio: 3.350 millones de euros, en 2004.
- Explotaciones de áridos: 2.250, de las que unas 1.900 están activas, lo que supone el 55,3 % del total de explotaciones mineras españolas.
- Empleo directo: con 13.000 trabajadores directos que representan el 30,5 % del total de la minería del país, el sector de los áridos está cerca de convertirse en el primer generador de empleo minero.
- Empleo total: considerando el empleo total generado, cerca de 85.000 trabajadores, en labores relacionadas con la extracción, la producción y el transporte de los materiales hasta el mercado.

El sector es un motor de desarrollo en las áreas escasamente industrializadas donde se encuentran, normalmente, las explotaciones.

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ÁRIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN 1980-2005 (Mt)



La explotación de los áridos es un sector con un impulso creciente y con unas buenas expectativas económicas que favorecen entre otros aspectos el empleo y el desarrollo de zonas rurales o poco industrializadas.



### 4.3. LOS ÁRIDOS EN EL MUNDO

La industria de los áridos es la más importante dentro de la minería mundial, en cuanto a volumen producido y número de trabajadores y de explotaciones. Es la única minería con presencia en la totalidad de países, exceptuando los de menor superficie como, por ejemplo, San Marino o Mónaco.

El consumo mundial de áridos es imposible de evaluar a ciencia cierta, pero su tendencia es creciente por ir ligado al desarrollo económico.

En la Unión Europea, actualmente existen más de 27.000 explotaciones de áridos, que producen cerca de 2.750 Mt de áridos anuales generando 250.000 empleos.

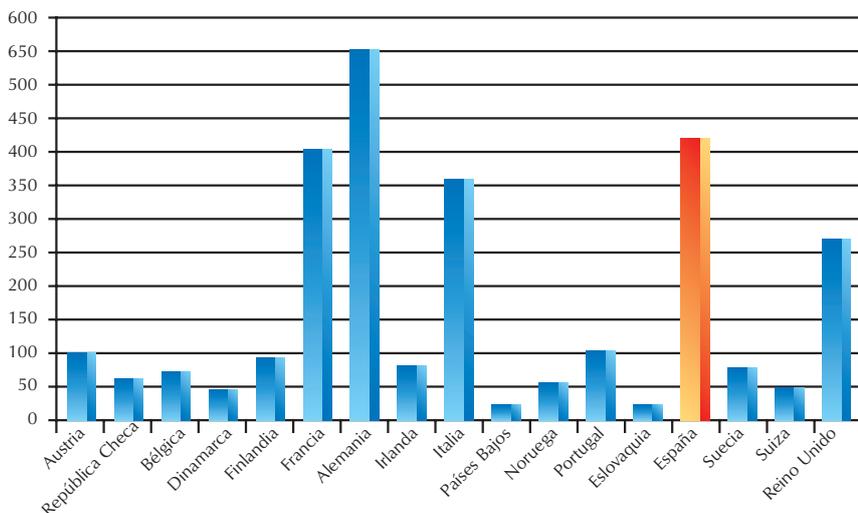
Actualmente, España ocupa el segundo lugar después de Alemania, que produce unas 525 Mt, por encima de Francia (402 Mt), Italia (360 Mt) y el Reino Unido (260 Mt). Otro gran productor es Estados Unidos, donde se producen anualmente unas 2.800 Mt en aproximadamente 10.000 canteras o graveras.

### 4.4. INDUSTRIAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Las principales empresas de áridos de la Comunidad de Madrid también tienen presencia en otras comunidades autónomas. Además de producir áridos para las distintas aplicaciones, fabrican hormigones y, en algunos casos, morteros y cementos. Entre estas empresas destacan ARICEMEX, S.A., Áridos y Premezclados, S.A.- ARIPRESA, Grupo Cetya, S.L., Hanson Hispania, S.A., Holcim Áridos, S.L., Readymix Asland, S.A. y Tarmac Iberia, S.A.U., con producciones superiores a 1 Mt anuales, en Madrid.

Asimismo, algunas empresas como Morteros y Áridos Especiales, S.A. - MARESA y Transportes de Aglomerados y Materiales, S.A. - TRAMSA, únicamente están presentes en esta Comunidad y también cuentan con grandes producciones de áridos.

CONSUMO DE ÁRIDOS EN EUROPA EN EL AÑO 2004 (Mt)



España se encuentra en el segundo puesto en el consumo de áridos en Europa.

## 5. EL CEMENTO

El cemento es un material básico en construcción, cuya obtención se basa en la transformación de minerales. El producto final es un sólido granulado de elevada finura de color gris o blanco.

Es un producto clave para el desarrollo de las actividades de construcción por sus propiedades conglomerantes: fragua y endurece cuando se amasa con agua y áridos.

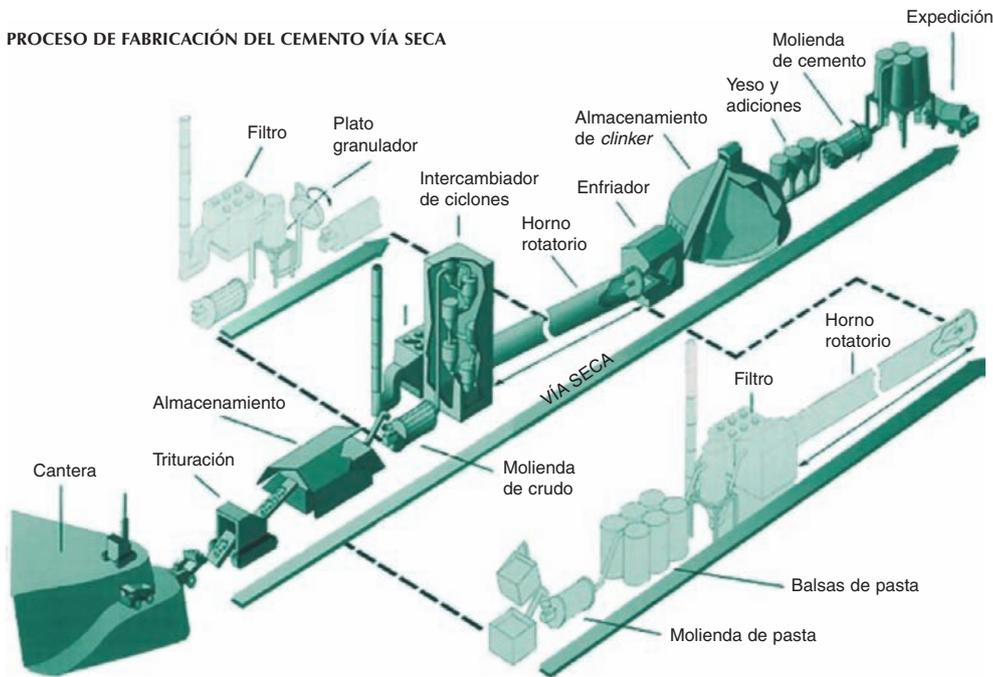
Su fácil moldeabilidad ha hecho que los productos derivados del cemento (hormigón, prefabricados y morteros) se utilicen de forma intensiva y universal en obras de infraestructura y edificación.



Fábrica de cemento El Alto. Cementos Portland Valderribas, S.A.

## 5.1. FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

El proceso de fabricación del cemento consiste en la obtención y la preparación de las materias primas, la cocción de una mezcla convenientemente dosificada de materiales finamente molidos (caliza, marga, arcilla, pizarra, etc.) y el enfriamiento para obtener un producto semielaborado -*clinker*-, y la molienda conjunta de este *clinker* con yeso y con adiciones, como cenizas volantes, escoria granulada de horno alto, caliza, puzolanas naturales o artificiales, para dar lugar al cemento.



Como se ha dicho, el proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención de las materias primas necesarias para obtener la composición deseada de óxidos metálicos para la producción de *clinker*.

El *clinker* se compone de los siguientes óxidos: óxido de calcio (60-69 %), óxido de silicio (18-24 %), óxido de aluminio (4-8 %) y óxido de hierro (1-8 %).

La obtención de la proporción adecuada de los distintos óxidos se realiza mediante la mezcla dosificada de los minerales de partida: caliza y marga para el aporte de CaO y arcillas y pizarras para el aporte del resto de óxidos.

Normalmente, es necesario ajustar la composición mediante la adición de los materiales denominados "correctores" que, dosificados en cantidades relativamente pequeñas, permiten obtener la relación de óxidos deseada. Estos materiales correctores pueden ser de origen natural (bauxita para el aporte de alúmina, arena para el aporte de sílice) o de origen artificial (arenas de fundición, cenizas de piritita, etc.).

La mayor parte de las materias primas empleadas en la fabricación de cemento son de origen natural y se obtienen de explotaciones mineras, normalmente a cielo abierto.

Los estudios de composición de los materiales en las distintas zonas de cantera y los análisis que se realizan en fábrica, permiten dosificar la mezcla de materias primas para obtener la composición deseada.

Las materias primas son transportadas a la fábrica de cemento, donde se descargan para su almacenamiento.

La prehomogeneización realizada mediante diseños adecuados del apilamiento y la extracción de los materiales en los almacenamientos, reduce la variabilidad natural de los mismos.



Nave cubierta para la preparación del crudo

La molienda de materias primas (molienda en crudo) se efectúa para reducir el tamaño de las partículas de material para que las reacciones químicas de cocción en el horno puedan realizarse de forma adecuada. Se utilizan equipos mecánicos rotatorios, en los que la mezcla dosificada de materias primas es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas.

El material obtenido debe ser homogeneizado para garantizar la calidad de *clinker* y la correcta operación del horno.

En función de cómo se procesa el material en la molienda y antes de su entrada al horno, se distinguen cuatro tipos de proceso de fabricación de *clinker*: vía seca, vía húmeda, vía semiseca y vía semihúmeda.

**Vía seca:** la materia prima es introducida en el horno en forma seca, pulverulenta.

El sistema del horno comprende una torre de intercambio de calor en la que se precalienta el material en contacto con los gases provenientes del propio horno.

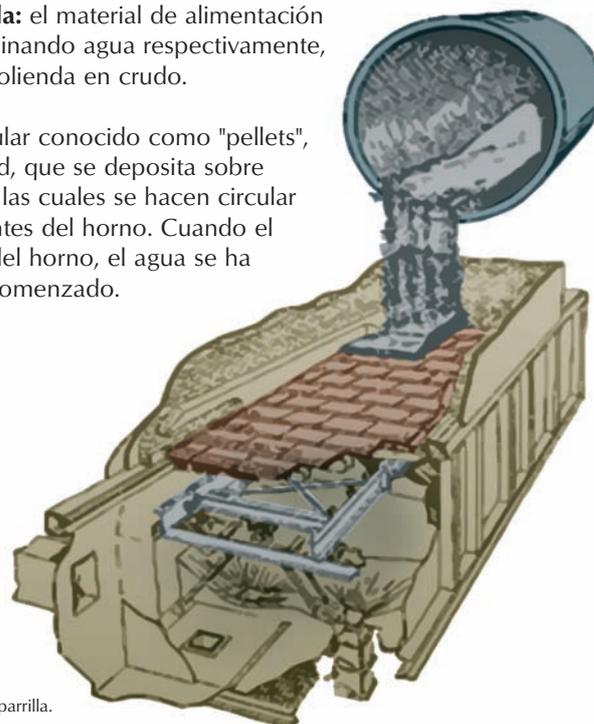
Para el secado y el movimiento del material en el sistema de molienda de la vía seca, se utilizan normalmente los gases de combustión provenientes del horno.

**Vía húmeda:** utilizado normalmente para materias primas con algo de contenido en humedad.

El material de alimentación se prepara mediante molienda conjunta del mismo con agua, resultando una pasta con contenido de agua de un 30-40 % que es alimentada por el extremo más elevado del horno *clinker*.

**Vía semi-seca y semi-húmeda:** el material de alimentación se obtiene añadiendo o eliminando agua respectivamente, al material obtenido en la molienda en crudo.

Se obtiene un material granular conocido como "pellets", con un 15-20 % de humedad, que se deposita sobre parrillas móviles, a través de las cuales se hacen circular los gases calientes provenientes del horno. Cuando el material alcanza la entrada del horno, el agua se ha evaporado y la cocción ha comenzado.



Enfriador de parrilla.

El material procesado en el horno rotatorio alcanza una temperatura en torno a 1450 °C. Es enfriado bruscamente al abandonar el horno en enfriadores planetarios o de parrillas obteniéndose de esta forma el *clinker*. Para alcanzar la temperatura de cocción se quemaron en el horno combustibles normalmente sólidos (hulla y coque de petróleo), previamente molidos en instalaciones similares a las utilizadas en la molienda de crudo.



Clinker.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el proceso de fabricación de cemento termina con la molienda conjunta de *clinker*, yeso y otros materiales denominados "adiciones".

Los materiales utilizables como "adiciones" para la fabricación de cemento vienen recogidos en unas normas: escorias de horno alto, humo de sílice, puzolanas naturales, cenizas volantes y caliza.

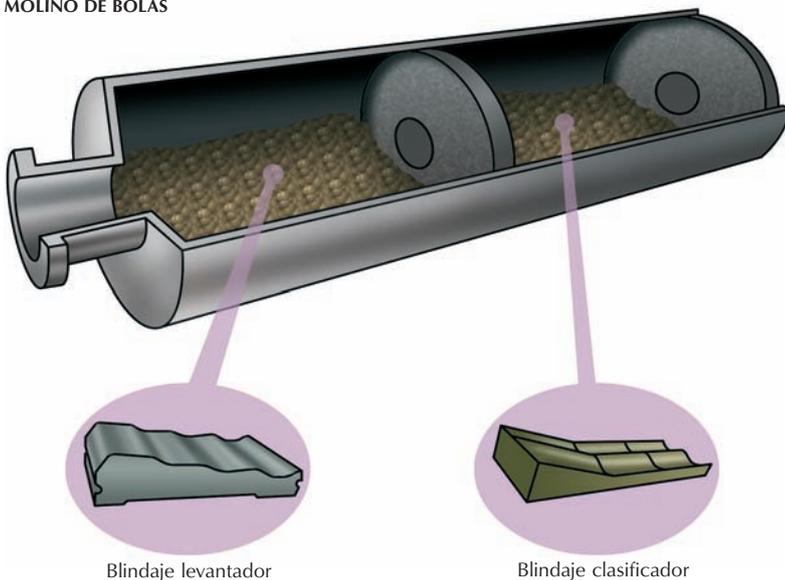
En función de la composición, la resistencia y otras características adicionales, el cemento es clasificado en distintos tipos y clases.

De las cinco adiciones relacionadas, tres provienen de otras actividades industriales: la escoria de la obtención de arrabio para la fabricación de acero, el humo de sílice del procesado de minerales silíceos y ferroaleaciones y las cenizas volantes de la combustión de carbón en instalaciones de generación de energía eléctrica.

Al igual que en el caso de la molienda de crudo, la molienda de cemento se realiza en equipos mecánicos en los que la mezcla de materiales es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas. En la actualidad se utilizan para este propósito los siguientes equipos:

- Prensa de rodillo.
- Molinos verticales de rodillos.
- Molinos de bolas
- Molinos horizontales de rodillos.

#### MOLINO DE BOLAS



La fabricación y la comercialización están sujetas a normas estrictas que aseguran la calidad del producto y que permiten que los distintos tipos de cemento fabricados se adecúen a las necesidades específicas de cada aplicación.



Vista general de la fábrica de cemento El Alto.

## 5.2. PRODUCCIÓN Y CONSUMO

La primera fábrica de cemento española se instaló en Tudela Veguín (Asturias) en 1898, hace ahora 100 años. Actualmente, existen 40 fábricas de cemento, distribuidas por prácticamente la totalidad del territorio.

La fabricación de cemento es una actividad industrial básica de gran volumen. La producción mundial ronda los 2.200 Mt al año.

En la Unión Europea el cemento se fabrica en más de 300 plantas, con una producción superior a los 230 Mt de cemento al año.

Corresponde a España aproximadamente un 20 % de esta producción, lo que sitúa a nuestro país como tercer productor de la Unión Europea, tras Italia y Alemania.

En la tabla siguiente se indican las producciones y los consumos por Comunidades Autónomas para el año 2004.

ÁREA GEOGRÁFICA	PRODUCCIÓN (Mt)	CONSUMO (Mt)
Galicia	813.825	2.854.968
Asturias	1.883.339	901.825
Cantabria	1.010.089	507.497
País Vasco	2.007.953	1.369.314
La Rioja	0	389.950
Navarra	1.127.197	1.238.099
Aragón	1.109.820	704.862
Zona Norte	7.952.223	7.966.515
Cataluña	8.524.816	6.672.210
C. Valenciana	6.698.397	6.700.285
Murcia	1.170.554	2.691.582
Andalucía	10.118.471	10.365.424
Zona Levante	26.512.238	26.429.501
Castilla León	2.906.652	3.028.362
Madrid	2.301.783	3.946.567
Castilla La Mancha	4.122.595	2.014.256
Extremadura	-	1.117.300
Zona Centro	9.331.030	10.106.485
Baleares	682.454	950.095
Canarias	2.124.525	2.453.154
Ceuta y Melilla	-	97.350
Fuera Península	2.806.979	3.500.599
<b>Total Nacional</b>	<b>46.602.470</b>	<b>48.003.100</b>

En la Comunidad de Madrid se cuenta con una de las fábricas más modernas actualmente, como es la de Cementos Portland Valderribas, S.A. en Morata de Tajuña, con unas producciones de 2.250.000 t de cemento gris y 280.000 t de cemento blanco.