

# LOS RECURSOS MINERALES Y LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

## *Mineral Resources and Construction Materials*

Manuel Bustillo Revuelta (\*)

### RESUMEN

*Los materiales de construcción son aquellos materiales que se utilizan con un fin constructivo. Muchas sustancias minerales naturales, como la arcilla, las gravas y las rocas se utilizan como materias primas para fabricar productos de construcción en edificación y obra civil (p.e. puentes). En este sentido, la arcilla, la piedra, los metales y las arenas y las gravas son los recursos minerales más básicos utilizados en la fabricación de los materiales de construcción. Algunos recursos minerales (p.e. los áridos) sufren un mínimo procesado, mientras otros recursos minerales (p.e. las calizas para cemento) necesitan complejos procesos para la obtención del producto final en la construcción. Los metales son también otra materia prima mineral que necesita un complejo procesado para obtener el producto de construcción, por ejemplo el acero (aleación metálica cuyo principal componente es el hierro), utilizado como elemento estructural en grandes edificios y como elemento para cubiertas.*

### ABSTRACT

*Construction material is any material which is used for a construction purpose. Many naturally occurring substances, such as clay, gravel and rocks have been used as raw materials to make construction materials for buildings and other constructions (e.g. bridges). In this sense, mud, stone, metal, and gravel and sand are the most basic mineral resources used to manufacture construction materials. Some mineral resources (e.g. aggregates) are minimally processed, whereas other mineral resources (e.g. limestone for cement) need complex processes to obtain the final product for construction. Metals are also another mineral resources which need complex processes to obtain the construction material, for example steel (a metal alloy whose major component is iron), used as structural framework for larger buildings or an external surface covering.*

**Palabras clave:** *Materiales de construcción, áridos, piedra natural, cemento, materiales cerámicos y acero.*

**Keywords:** *Construction materials, aggregates, natural stone, cement, ceramic materials and steel.*

### INTRODUCCIÓN

Los materiales de construcción están íntimamente ligados al desarrollo del ser humano. Han sido utilizados, desde tiempos inmemoriales, para dar cobijo frente a las inclemencias del tiempo (la piedra o la madera siempre), facilitar el transporte de personas o mercancías (p.e. las calzadas romanas) o servir de base para la construcción de obras de ingeniería (p.e. el acueducto de Segovia para el transporte del agua). El uso de los materiales más simples, la citada piedra o madera, ha ido dando paso, con el tiempo y los avances tecnológicos, a otros más complejos, en muchos casos implicando procesos industriales laboriosos, como los ladrillos, el vidrio, el acero o el hormigón. No obstante, la llegada de estos “nuevos” materiales nunca ha producido el abandono de los “antiguos”, pues tanto la madera como la piedra natural todavía están presentes en la mayoría de las obras de construcción, incluso asociados, en ocasiones, al lujo. Los últimos materiales incorporados han sido los plásticos, bien en forma de productos para la edificación (p.e. las conducciones de PVC) o como material base para la fabricación de geosintéticos, muy utilizados en la obra civil (p.e. en las carrete-

ras). Es de esperar que el futuro lleve consigo la introducción de otros nuevos materiales, probablemente hoy en día desconocidos, que abaraten el proceso constructivo y, a la vez, constituyan una mejora en la calidad de vida del hombre.

Por otro lado, es indudable que la fabricación de los materiales de construcción supone una enorme demanda de materias primas, las cuales son, en su práctica totalidad, excepción hecha de la madera y el corcho, sustancias que se integran en lo que se denomina “recursos naturales almacenados” (Blunden, 1985; Bustillo *et al.*, 2001), es decir, recursos minerales no renovables, salvo a escala de tiempo geológico, existentes en la superficie o zonas próximas de la corteza terrestre. Dentro de este tipo de recursos se incluirían las sustancias minerales metálicas, aquellas de las que se extraen elementos tales como el hierro, aluminio, cobre o cinc, las sustancias minerales no metálicas, sobre todo las rocas industriales, y los combustibles fósiles líquidos como el petróleo y sus derivados.

En cuanto a los procesos de fabricación, algunos materiales de construcción, caso de la piedra natural y los áridos, son materias primas naturales

(\*) Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid. bustillo@geo.ucm.es.



Fig. 1. Proceso de corte de un granito para la obtención de tableros con fines ornamentales.

que sólo necesitan un proceso sencillo de corte (Fig. 1), fragmentación o lavado, por lo que se conservan sus propiedades intrínsecas. Sin embargo, la mayor parte de los materiales de construcción exigen un procesado más amplio y complejo de su materia prima. Así, cualquiera de las sustancias utilizadas para la fabricación de conglomerantes, sea el cemento pórtland, el yeso o la cal, requiere que las piedras calizas y de yeso y arcillas sean trituradas, molidas, seleccionadas en cuanto a tamaño, mezcladas, calcinadas y, en muchos casos, aditivadas con otras sustancias, antes de convertirse en el material de construcción finalmente obtenido. Por su parte, las arcillas y los minerales silíceos que forman la base de los productos cerámicos y los vidrios, respectivamente, deben someterse también a elaborados procesos de manufactura y, en muchos casos, a especificaciones muy estrictas en cuanto a la calidad inicial de la materia empleada y a su comportamiento físico-químico en las distintas fases del procesado. En el caso de los materiales bituminosos, geosintéticos y plásticos, el punto de partida es el petróleo y diversas sustancias orgánicas afines, las cuales sufren una amplia variedad de transformaciones dentro de la industria petroquímica. Por último, la fabricación de materiales metálicos destinados a la construcción se nutre de los yacimientos naturales de óxidos, hidróxidos y sulfuros con alta ley en metales relativamente comunes que, separados mediante procesos minero-metalúrgicos específicos, proporcionan hierro, aluminio, cobre, plomo y otros elementos con los que se formulan las aleaciones que constituyen los distintos tipos de aceros.

Es importante tener en cuenta, para acabar esta introducción, que la fuerte demanda de estas materias primas implica una necesaria abundancia de todas ellas, así como su rápida disponibilidad, sin olvidar el factor económico, es decir, unos precios asequibles que permitan su utilización.

## ÁRIDOS

Los áridos, definidos de forma rápida y sencilla por la Asociación Europea de Áridos (UEPG) como “los materiales granulares usados en la construcción”, son, después del agua, el recurso natural más

utilizado por el ser humano, siendo imprescindibles en la fabricación de una parte muy importante de los materiales de construcción. Para hacerse una idea de la trascendencia que tiene el consumo de esta materia prima, baste decir que un kilómetro de autopista necesita 25.000 toneladas de áridos, un metro cúbico de hormigón 2 toneladas o un kilómetro de doble vía de ferrocarril unas 10.000 toneladas, por citar tres de las aplicaciones más importantes de los áridos. El auge de los áridos, baratos y presentes en la naturaleza en grandes cantidades, surgió a finales del siglo XIX, con la aparición del cemento y hormigón y el comienzo del desarrollo de las redes de ferrocarril, carreteras, etc., continuando, lógicamente, en la actualidad.

Los áridos se clasifican, según su procedencia, en tres grandes grupos: naturales, artificiales y reciclados. Los primeros, los naturales, se subdividen, a su vez, en dos grandes grupos: granulares y de machaqueo. Los áridos naturales granulares se obtienen en las graveras (Fig. 2), que se localizan frecuentemente en las terrazas de los ríos, utilizándose después de un tratamiento que incluye el lavado y la clasificación. El otro gran grupo de áridos naturales, los de machaqueo, se producen en canteras, de muy diferentes características geológicas (se utilizan tanto rocas ígneas como sedimentarias o metamórficas), tras arrancar los materiales y someterlos, principalmente, a procesos de trituración y clasificación. Por su parte, los áridos artificiales se obtienen como subproductos de diferentes procesos industriales, como son los estériles mineros, cenizas del carbón, etc. En cuanto a los áridos reciclados, que constituyen la gran mayoría de los denominados RCD (residuos de la construcción y demolición), son los que se generan básicamente con la destrucción de estructuras previas: edificios, pavimentos antiguos, etc. Este último tipo, debido a la gran cantidad de desechos que producen las sociedades modernas, está recibiendo, en los últimos tiempos, un notable interés, con gran desarrollo de legislaciones, aplicaciones, etc. La aportación de cada una de las fuentes de áridos citadas al cómputo general no es proporcional, ya que el grupo de los áridos naturales, bien granulares o de machaqueo,



Fig. 2. Gravera para la explotación de áridos granulares utilizados, principalmente, en la fabricación del hormigón.



Fig. 3. Planta de tratamiento para el lavado y clasificación de los áridos granulares.

constituye, hoy en día, la inmensa mayoría de los materiales utilizados, quedando el resto como meras excepciones a la regla general, frecuentemente como situaciones puntuales que se llevan a cabo, por ahora, por cuestiones de carácter medioambiental, aunque bien es verdad que esto está cambiando, y lo seguirá haciendo, a gran velocidad en los últimos años.

Una vez que han recibido el correspondiente tratamiento (Fig. 3), los áridos, en sus granulometrías adecuadas (por ejemplo, para el hormigón es necesario una fracción entre 0 y 4 mm y otra entre 4 y 10 ó 20 mm), son el componente fundamental de materiales de construcción básicos como los hormigones y los morteros, utilizándose en su fabricación, en proporciones alrededor del 70%, junto con otros productos como los conglomerantes (cemento en el caso del hormigón y cemento, cal y/o yeso para los morteros), el agua, los aditivos y las adiciones. También son el componente principal de las bases y subbases de carreteras, con unos tamaños y características muy estrictas forman el balasto, la capa de piedras que está presente en las vías de los ferrocarriles, y así hasta un largo etcétera que hace que, como se comentó al comienzo del epígrafe, sean el recurso más utilizado después del agua.

### PIEDRA NATURAL

El término Piedra Natural incluye, genéricamente, todas aquellas rocas susceptibles de ser utilizadas como elemento constructivo tras ser extraídas de su yacimiento natural (Fig. 4), ser dimensionadas de acuerdo con su disposición en obra y ser sometidas a tratamientos diversos en su

superficie, desde el simple desbaste hasta el pulido. De acuerdo con esta definición, quedan integrados dentro del sector de la Piedra Natural todos aquellos materiales rocosos que poseen resistencia mecánica suficiente para su emplazamiento en obra, así como una durabilidad aceptable que les permite perpetuarse sin perder fácilmente sus características iniciales. A esto se añade el que tengan un aspecto atractivo y que sean aceptablemente extraíbles y dimensionables.

La utilización de la piedra como material de construcción se remonta, al menos, hasta hace 10.000 años, habiendo servido como elemento básico de la arquitectura funeraria, religiosa, de defensa y suntuaria desarrollada por la mayor parte de las civilizaciones. A ello se une su utilización común en la arquitectura urbana y rural, que comienza su declive hacia finales del siglo XIX con la introduc-



Fig. 4. Cantera para la producción de granitos como Roca Ornamental.

ción de los materiales que, como es el caso del hormigón, conforman los modernos modos de construcción. La Piedra Natural incluye tanto lo que se denomina Piedra de Cantería o Piedra Natural de Construcción como las Rocas Ornamentales, estas últimas más exigentes en cuanto a su acabado, al ser el proceso de pulido, junto con su ubicación, lo que las diferencia de las anteriores.

Con relación a la Piedra de Cantería, son muchas y variadas, en cuanto a formas y dimensiones, las piezas de roca utilizadas para cubrir funciones específicas dentro de una edificación. Dentro de estas funciones se incluye el uso de las piezas como elementos estructurales (muros, columnas, vigas, arcos y otras fábricas de piedra), como recubrimientos (losas y chapas para suelos y paredes), o como elementos de uso común en el adoquinado de calles, construcción de escaleras y escalinatas, bordillos, etc., complementándose todos estos usos con una amplia variedad de componentes decorativos, tales como balaustradas, fuentes, bancos y otras realizaciones escultóricas en las que la talla de la piedra puede alcanzar niveles de elevado refinamiento. El rasgo común de estos elementos constructivos es que las rocas utilizadas son extraídas en cantera en bloques de relativo pequeño tamaño, dimensionadas mediante corte y, en todo caso, sometidas a un tratamiento de superficie que podemos denominar como acabado rústico. La obtención de piezas dimensionadas de piedra para construcción ha sido, tradicionalmente, una actividad artesanal ligada a la figura del cantero (Brusi y Bach, 1992).

Por lo que respecta a las Rocas Ornamentales, más importantes, económicamente hablando, que la Piedra de Cantería, existen en el mercado tres grandes grupos, granitos, mármoles y pizarras, términos los dos primeros que, comercialmente, no tienen nada que ver con la definición geológica (por ejemplo, un basalto, como roca ornamental y comercialmente hablando, entra dentro del grupo de los granitos). A grandes rasgos, los granitos y los mármoles se requieren por sus características primarias de carácter estético, como son el color, tamaño de grano, textura, etc., utilizándose en un sin fin de aplicaciones: revestimientos interiores y exteriores, solados, escaleras, chimeneas, revestimientos de baños, encimeras, muebles de uso doméstico y objetos decorativos en general. Otro mundo aparte son los usos de la pizarra como Roca Ornamental, pues se dedica a la fabricación de cubiertas en forma de tejas (el uso más noble y de mayor valor añadido), solados, baldosas y, últimamente, revestimientos exteriores (Fig. 5). En las Rocas Ornamentales cobra una importancia decisiva el acabado final del producto, es decir, el aspecto externo del mismo, existiendo un amplio abanico de posibilidades: flameado (Fig. 6), abujardado, apiconado, apomazado, pulido, envejecido, etc.

España es uno de los principales países productores, a nivel mundial, de Rocas Ornamentales, lo que da una idea de la importancia de este sector en la economía y mercado de trabajo español, siendo, dicho sector, un referente a nivel mundial, tanto por



Fig. 5. Edificio con revestimientos externos de pizarra.

la cantidad, como, sobre todo, por la calidad alcanzada en los productos españoles, lo que ha situado a nuestro país como uno de los líderes mundiales en el sector de la Piedra Natural.

## CONGLOMERANTES

Por conglomerante se entiende la sustancia capaz de endurecerse a corto o medio plazo al mezclarse con agua, siendo utilizable para unir o trabar materiales de diversa naturaleza. Este término es, por tanto, muy abierto y engloba sustancias de naturaleza tanto orgánica (resinas o polímeros en general), como inorgánica. Dentro de los materiales conglomerantes de tipo inorgánico, que son los más comúnmente utilizados en construcción, hay tres tipos básicos: cementos, cales y yesos.

Aunque la cal ya fue utilizada por los griegos, fueron los romanos quienes hicieron extensivo su uso para la construcción de grandes obras y monumentos. La palabra cal es un término general con el que se designan las diferentes formas en que pueden presentarse los óxidos e hidróxidos de calcio y magnesio. En función de su composición, las cales se clasifican, básicamente, en aéreas e hidráulicas. Las primeras están compuestas principalmente de óxido e hidróxido de calcio y magnesio, los cuales endurecen lentamente por su combinación con el



Fig. 6. Proceso de flameado de un granito ornamental.

CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Este tipo de cales no presenta propiedades hidráulicas, es decir, no endurecen o fraguan con el agua. Las hidráulicas, formadas a partir de la calcinación de calizas con contenido en arcillas y que endurecen o fraguan en contacto con el agua, son más oscuras que las cales aéreas y en ellas se superpone, durante el fraguado, el efecto de hidratación de estos componentes con el de la carbonatación de los óxidos de Ca y Mg con el CO<sub>2</sub>.

La materia prima esencial para la fabricación de cales es la piedra caliza, la cual se encuentra en cantidades elevadas en la superficie de la corteza terrestre. Cuando la caliza es pura, está formada en un 100% por carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>), del cual el 56% en peso es CaO y el 44% CO<sub>2</sub>. Este tipo de caliza químicamente pura es inusual en la naturaleza, presentándose contaminada en mayor o menor grado por arcillas, cuarzo u otros componentes. La cantidad de materia prima necesaria para producir una tonelada de cal es, aproximadamente, del doble de caliza o dolomía.

Junto con la cal, el yeso es el conglomerante artificial más antiguo y un producto con presencia cotidiana en la construcción en el mundo moderno, estando las primeras evidencias de su uso en la construcción en ciudades neolíticas de Anatolia (6.000 años a.C.), Líbano e Iberia. El yeso natural es sulfato cálcico dihidratado (CaSO<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O) que, tras ser sometido a temperaturas de cocción adecuadas, sufre una deshidratación parcial, convirtiéndose en sulfato cálcico semihidratado (CaSO<sub>4</sub> + 1/2H<sub>2</sub>O), que es la base del yeso comercial utilizado usualmente en construcción. La proporción de arcillas mezcladas con el yeso, o estratificadas entre los niveles yesíferos, pueden constituir un elemento limitador para su aprovechamiento, aunque son admisibles porcentajes de hasta un 20%, en volumen, cuando se trata de yeso común.

En cuanto a los tipos de productos con base yeso, existe una gran variabilidad. La utilización más común del yeso es en la construcción de interiores, bien como elemento de revestimiento de soportes cerámicos u otros (yesos de construcción y escayolas), bien en forma de piezas prefabricadas destinadas a tabiquería y placado de techos y soleras. A ello hay que añadir el uso del yeso como mortero, su presencia en pegamentos para unir y fijar trabajos con prefabricados, la instalación de pavimentos autonivelantes (en este caso mediante la utilización de anhidrita) y, en otro orden de cosas, las molduras de escayola fabricadas con fines decorativos en los diseños de interior.

Por último, el cemento es un material clásico en la edificación y la ingeniería civil del mundo moderno. Desde los tiempos de Grecia y Roma y hasta mediados del siglo XVIII, el conglomerante más frecuentemente utilizado era la cal y, en ocasiones, el yeso, pero tanto uno como otro presentaban problemas por su durabilidad limitada, sobre todo en exteriores sometidos a condiciones meteorológicas adversas. Las razones por las que el cemento ha alcanzado este singular protagonismo en la construcción moderna, a partir de su descubrimiento a co-

mienzos del siglo XIX, se deben al hecho de que las materias primas para su fabricación son abundantes y de bajo coste, de que su fabricación es relativamente sencilla y económica y de que, tras su hidratación, es moldeable, pudiendo tomar todas las formas deseadas, adaptándose a todas las necesidades arquitectónicas posibles y prestándose a muy diversos tratamientos y procedimientos de puesta en obra.

El cemento se puede fabricar tanto a partir de materiales de origen natural, como con productos industriales, con tal de que los elementos elegidos aporten los componentes requeridos para el proceso. Estos componentes, en forma de óxidos, son básicamente cuatro: cal (CaO), sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Su mezcla, en dosis bastante delimitadas, permite obtener el crudo a partir del cual se fabrica el cemento. Aunque las opciones para obtener los citados componentes, evidentemente, son variadas, lo más frecuente es la explotación de calizas para producir el óxido de calcio y de arcillas para el resto de compuestos, lo que implica, dado el consumo a nivel mundial del cemento, una extracción intensiva de estos recursos minerales.

Posteriormente, y dado que no existe ningún material natural o artificial que posea los citados componentes en las cantidades adecuadas, es imprescindible llevar a cabo un proceso de mezcla de diferentes sustancias para conseguir la dosificación que debe tener el denominado “crudo del cemento”, entendido éste como el material que forma la base para la obtención de los diferentes productos a lo largo del proceso de fabricación del mismo (Fig. 7). Frecuentemente, es necesario acudir a la utilización de los denominados correctores, sustancias que aportan determinados compuestos que entran en pequeñas proporciones con el objetivo de aumentar la cantidad del óxido deficitario. Así, por ejemplo, se introduce las bauxitas como mena de aluminio, las pirritas como fuente de hierro o las arenas silíceas para compensar el déficit en sílice. En general, para obtener una tonelada de cemento pórtland, el tipo de cemento más común y base de la mayor parte de las variedades de cemento, se emplean aproximadamente 1,5 toneladas de materias primas, de las cuales entre un 80 y un 85% son calizas y entre un 15 y un 20% son arcillas.



Fig. 7. Hornos para la fabricación del cemento.

## MATERIALES CERÁMICOS Y VIDRIOS

El término “cerámica” deriva de la palabra griega “kéramos”, que significa “cosa quemada” y que, genuinamente, se refiere al arte de la alfarería, procediendo de una raíz sánscrita más antigua que alude al proceso de cocción o calcinación. En la actualidad, el término cerámica se aplica a cualquier material sólido inorgánico, no metálico, que se fabrica por calentamiento a alta temperatura. La mayoría de los productos cerámicos parten de la arcilla, con mayor o menor proporción de arena, siendo conformados en estado húmedo plástico y posteriormente cocidos a alta temperatura para dar al objeto su dureza final. Este procesado básico es el usual en la fabricación de ladrillos, tejas y baldosas (Bustillo y Calvo, 2005). Tanto en la alfarería tradicional como en la producción cerámica más actualizada, la cocción es un momento clave, dado que con ella se consigue la condición pétreo del producto cerámico y la definición final de colores y tonos. Este proceso aparece refinado y perfeccionado en la manufactura de baldosas, sea con base de pasta roja o blanca, en la fabricación de elementos refractarios y, ya lejos de los modos de trabajo de la cerámica tradicional, en la producción de materiales cerámicos avanzados (vidrios cerámicos, fibras cerámicas, cerámica térmica, semiconductores, etc.), fabricados con tecnología punta y que se sustentan, en la mayor parte de los casos, en compuestos químicos preparados sintéticamente.

El uso cerámico de la arcilla se basa en que, cuando se mezcla con una cantidad limitada de agua, se obtiene una masa cohesiva (pasta cerámica) que puede ser moldeada con facilidad. Esta propiedad, característica de los minerales arcillosos, se denomina plasticidad y en ella se ha fundamentado el moldeo de los productos cerámicos desde la antigüedad. La plasticidad de las pastas cerámicas depende de la relación entre las cantidades de arcilla y agua, así como de las características y propiedades del material arcilloso (composición mineralógica, granulometría, superficie específica, coloides, contenido en sales solubles, etc.).



Fig. 8. Diferentes productos de cerámica estructural.

En la fabricación de los productos cerámicos, tanto si se trata de cerámica estructural (Fig. 8), como de baldosas cerámicas, queda patente la gran variedad de sustancias utilizadas, correspondiendo el máximo de material consumido a las arcillas, arenas y feldespatos, que son la base de su manufactura. Las razones de ello, y de las diferentes proporciones, radican en los objetivos que se persigan en el proceso: plasticidad, carácter fundente, función desgrasante o desfloculante, modificación del color, etc. Por lo que respecta al proceso de fabricación, si bien en el caso de la cerámica estructural el material (la arcilla) pasa, a grandes rasgos, de la cantera a la fábrica de tejas o ladrillos, en las baldosas cerámicas, sector en el cual España juega un papel fundamental a nivel mundial, sobre todo en lo que a tecnología e innovación se refiere, es imprescindible un paso industrial intermedio (entre la cantera y la fábrica), cual es la obtención de la pasta granulada en el atomizador; dicha pasta, posteriormente, es el producto base para obtener las diversas variedades de baldosas cerámicas: azulejo, pavimento de gres, gres porcelánico, baldosín catalán, gres rústico o barro cocido.

En cuanto al vidrio, puede ser considerado también como un material cerámico, con la particularidad de que sus constituyentes son calentados hasta fusión y después enfriados a un estado rígido sin cristalización. Los vidrios se caracterizan por una estructura no ordenada, o amorfa, al contrario de los que ocurre en los sólidos cristalinos. El resultado es un material translúcido, de brillo vítreo, duro, con fractura concoidea y resistente a la corrosión, propiedades que justifican su amplísimo uso en construcción y en sectores industriales muy diversos. Las variedades del vidrio dependen de las materias primas utilizadas y de la combinación de ellas. La materia prima esencial para la fabricación de vidrio son las arenas silíceas, a las que se añaden proporciones variables de carbonatos, boratos, feldespatos y óxidos, que contribuyen a dotar al vidrio de las propiedades exigidas según su destino en la construcción (Fig. 9) o en usos tales como recipientes, fibras y lanas, vidrio doméstico o vidrios especiales.



Fig. 9. Piezas de vidrio (pavés) en fachadas.

## METALES

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, con la invención por parte del inglés Bessemer de un método mucho más barato que los existentes hasta ese momento para la producción de acero, es cuando se generaliza en Occidente el uso industrial de este material. Desde entonces y hasta la actualidad, la utilización en la construcción de los metales y sus aleaciones ha ido creciendo de forma imparable, especialmente en el caso del hierro y el acero, que constituyen, hoy en día, más del 90% de la producción mundial de metales. Son las propiedades de los metales, como su dureza y resistencia, bajo peso estructural en comparación con otros materiales de construcción, su flexibilidad o, en último caso, su estética e incluso su facilidad de reciclado, las que hacen que sus aplicaciones en la construcción sean muy numerosas y variadas. De esta forma, se pueden encontrar constituyendo elementos estructurales (Fig. 10), instalaciones auxiliares de edificios o modelados decorativos, muy de moda últimamente en los edificios de uso público. Y ello sin olvidar sus diversas aplicaciones, tanto en el ámbito de la obra pública (puentes, pasos elevados, etc.) como en el interior de las viviendas: fregaderos, radiadores, tuberías, puertas o ventanas. Para que un metal pueda ser utilizado como material de construcción es necesario, en primer lugar, extraerlo de un yacimiento mineral, normalmente en proporciones muy variables según el metal que se considere. Además, los metales que se utilizan en la construcción rara vez, por no decir nunca, se encuentran en forma nativa en la Naturaleza, siendo imprescindible, una vez extraídos, llevar a cabo un proceso de concentración, de carácter físico (Fig. 11), y otro, posteriormente y de carácter químico, para separar la fase metálica de los otros componentes que la acompañan. El primero se denomina mineralurgia mientras que el segundo recibe el nombre de metalurgia.

En cuanto a los metales que se utilizan en construcción, por encima de todos destaca el hierro, elemento con el que se fabrica el acero, aleación de aquél con el carbono. De acuerdo con los contenidos en carbono de la aleación, se diferencian dos grandes productos, el citado acero, que posee contenidos en carbón que no superan el 2%, y la fundición, cuyos contenidos en carbono superan el cita-



Fig. 10. Edificio con elementos estructurales de metal.



Fig. 11. Celdas de flotación, como método de separación de los componentes, para obtener los concentrados de metal.

do 2%. El otro gran grupo de metales que se utilizan en la construcción es el de los metales no féreos, y aunque su uso es muy inferior a la del hierro y el acero, tanto en cantidad como en calidad (nunca se utilizan estos metales, por ejemplo, en estructuras portantes), sí es cierto que para diversas aplicaciones complementarias, y específicamente para interiores y exteriores de los edificios y viviendas, los metales no féreos todavía tienen un nicho de aplicación muy importante. Ejemplos serían el aluminio, utilizado, entre otras, en paneles de fachadas y chapas, el cobre, en piezas de fontanería, canalones y ornamentación, o el cinc, para recubrimiento y protección del acero mediante galvanizado, o como componente de aleación con otros metales.

## MATERIALES BITUMINOSOS Y PLÁSTICOS

Este gran grupo de materiales utilizados en la construcción se puede conformar a partir del origen de los materiales utilizados en su fabricación, pues todos ellos proceden del petróleo y sus derivados. Los materiales bituminosos son sustancias aglomerantes, de naturaleza sólida o relativamente viscosa a temperatura ambiente, que están constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos, denominándose también ligantes bituminosos o hidrocarbonados, y siendo su aplicación fundamental la construcción de carreteras (Fig. 12).



Fig. 12. Preparación de la capa de rodadura de una carretera con el material bituminoso, junto con el árido, como componentes principales.



Fig. 13. Geomembrana para evitar filtraciones de los lodos.

En cuanto a los plásticos, después del mercado de los envases y embalajes, la construcción es el sector que mayor cantidad de plásticos consume. Esto es debido a que sus aplicaciones, basadas en sus peculiares características, son numerosas, siendo frecuente encontrarlos en forma de canalones para el desagüe de aguas, planchas aislantes para cubiertas inclinadas, láminas para aislamiento térmico y acústico, etc. También forman parte, como aditivos, de diversos productos de la construcción, confiriéndoles, todo lo expuesto, la importancia anteriormente citada. En realidad, todos los edificios construidos a partir de 1950 contienen plásticos en tuberías, ventanas, tejados, suelos, revestimiento de cables, conducciones y aislamiento. Y todo lo dicho en este párrafo es sin tener en cuenta los geosintéticos, que se definen como productos planos, fabricados a partir de un material polimérico (de ahí el sufijo sintético), que se utilizan con suelos, rocas o cualquier otro material relacionado con la ingeniería geotécnica

(causa del prefijo geo), como una parte integral de un sistema, estructura o proyecto hecho por el hombre. Esta definición, algo compleja en su desarrollo, concreta lo que serían los aspectos básicos y a considerar sobre este producto: su fabricación a partir de materiales poliméricos, y su utilización, fundamentalmente en la ingeniería civil, para un sin fin de aplicaciones relacionadas con la filtración (Fig. 13), drenaje, reforzamiento, etc. Los geosintéticos, al menos con el objetivo de agrupar las diferentes terminologías en el menor número de tipos, se subdividen en cuatro grandes grupos: geotextiles, geomembranas, geomallas y geocompuestos. De estos cuatro grupos, el más importante, sin duda, es el de los geotextiles, pues copa aproximadamente el 75% de la producción de geosintéticos. Tan es así, que en muchas ocasiones se toma la parte por el todo y se habla de geotextiles cuando en realidad se quiere hacer mención a los geosintéticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blunden, J. (1985). *Mineral resources and their management*. Longman, London. 302 pp.
- Brusi, D y Bach, J. (1992). *Posibilidades didácticas de las rocas de construcción. Rocas ornamentales*. Actas del VII Siposio sobre Enseñanza de la Geología. Santiago de Compostela. pp. 269-292.
- Bustillo, M. y Calvo, J.P. (2005). *Materiales de Construcción*. Fuego Editores, Madrid. 458 pp.
- Bustillo, Calvo, J.P. y Fuego, L. (2001). *Rocas Industriales*. Editorial Rocas y Minerales, Madrid. 410 pp. ■

*Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 4 de diciembre de 2008 y aceptado definitivamente para su publicación el 26 de febrero de 2009.*