16
2020

Energía&Minas

Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos
de Minas y Grados en Minas y Energía

RELACIÓN DE COLEGIOS OFICIALES DEL CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS Y GRADOS EN MINAS Y ENERGÍA

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE ARAGÓN
Decano: Emilio Querol Monfil
Pº Mª Agustín, 4-6, ofic. 14 50004 Zaragoza
Tfno: Tlf./Fax 976 442 400
Ámbito territorial: Comunidad autónoma de Aragón.
Sede: Zaragoza.
http://www.coitma.com coitma@coitma.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CATALUÑA Y BALEARES
Decano: Juan Ignacio Navarro Villanueva
C/ Rosellón, 214. 08008 Barcelona
Tfno: 93 215 13 59 / 93 215 98 09
Ámbito Territorial: Comunidades autónomas de Cataluña y Baleares.
Sede: Barcelona.
http://www.colegiominas.com barcelona@colegiominas.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CARTAGENA, CASTELLÓN, VALENCIA, ALBACETE, MURCIA, ALICANTE Y ALMERÍA
Decano: Andrés Jerez García
C/ Salitre, 33. 30205 Cartagena (Murcia)
Tfno: 968 50 41 10 / 968 50 41 85
Ambito territorial: Comunidad Autónoma de Murcia, Comunidad Valenciana, y Provincias de Albacete y Almería.
Sede: Cartagena.
http://www.coitminas.com cartagena@coitminas.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE GALICIA
Decano: Juan Carlos Morán del Pozo
C/ Alejandro Novo González, 4 bajo. 15706 Santiago de Compostela (A Coruña)
Tfno: 981 534 356 - Fax: 981 534 357
Ambito territorial: Comunidad Autónoma de Galicia.
Sede: Santiago de Compostela
http://www.coitmgalicia.com correo@coitmgalicia.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE HUELVA, SEVILLA, CÁDIZ, BADAJOZ, CÁCERES Y CANARIAS
Decano: José Luis Leandro Rodríguez
Avda. Martín Alonso Pinzón, 11. 21003 Huelva
Tfno: 959 24 82 13 / 959 24 82 13 Fax: 959 25 79 10
Ambito territorial: Provincias de Huelva, Sevilla, y Cádiz, y Comunidades Autónomas de Extremadura y Canarias.
Sede: Huelva
http://www.cminas.com huelva@cminas.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CASTILLA Y LEÓN - NORTE Y CANTABRIA
Decano: Victor Aitor Álvarez González
Pza. Sto. Domingo, 4-7º 24001 León
Tfno: 987 23 19 37 / 987 27 29 65
Ambito territorial: Provincias de Castilla y León - Norte y Comunidad Autónoma de Cantabria.
Sede: León
http://www.coitminasleon.com colegio@coitminasleon.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE LINARES, JAÉN, GRANADA Y MÁLAGA
Decano: Rafael Parra Salmerón
C/ Isaac Peral, 10, 1º. 23700 Linares (Jaén)
Tfno: 953 60 63 12 / Fax: 953 65 38 20
Ambito territorial: Provincias de Jaén, Granada y Málaga.
Sede: Linares
http://www.colegiominaslinares.com colegio@minaslinares.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE MADRID, AVILA, CUENCA, GUADALAJARA, SALAMANCA, SEGOVIA, TOLEDO, VALLADOLID Y ZAMORA
Decano: Patricio Gil Cosío
C/ Almagro, 28-5º 28010 Madrid)
Tfno: 91 308 28 42 / 91 319 35 56
Ambito territorial: Comunidad Autónoma de Madrid y provincias de Toledo, Guadalajara, Cuenca, Segovia, Avila, Salamanca, Valladolid y Zamora.
Sede: Madrid
http://www.coitm.org secretaria@coitm.org

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DEL PAÍS VASCO, NAVARRA, LA RIOJA Y SORIA
Decano: Jonatan Rodríguez Calzada
C/ José Mª Olabarri, 6. 48001 Bilbao
94 423 76 67 / 94 423 76 67
Ambito territorial: Comunidades Autónomas de País Vasco, Navarra y La Rioja y la Provincia de Soria.
Sede: Bilbao.
http://www.colminasbi.org colegio@colminasbi.org

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS
Decano: José Augusto Suárez García
C/ Caveda, 14. 33002 Oviedo
Tfno: 98 521 77 47 y 521 77 51 / 98 522 96 74
Ambito territorial: Comunidad Autónoma del Principado de Asturias.
Sede: Oviedo
http://www.colminas.es correo@colminas.es

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CIUDAD REAL
Decana: Rosina María Martín González
Pza. de la Constitución, 13 - 1º 13400 Almadén (Ciudad Real)
Tfno: 926 710 517 / 600 579 698 - Fax: 926 098 080
Ámbito territorial: Provincia de Ciudad Real.
Sede: Almadén.
http://www.icoitma.com secretaria@icoitma.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA
Decano: Antonio Villareal Pacheco
Pza. Sta. Bárbara, 26. 14200 Peñarroya-Pueblonuevo (Córdoba)
Tfno: 957 56 06 95 / Fax: 957 56 70 77
Ambito territorial: Provincia de Córdoba.
Sede: Peñarroya - Pueblo Nuevo (Córdoba)
http://www.minaspya.org

Energía&Minas

Revista profesional, técnica y cultural de Ingenieros Técnicos de Minas y Grados en Minas y Energía

Edita:
Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos de Minas y Grados en Minas y Energía
C/ D. Ramón de la Cruz, 88. Oficina 55
28006 Madrid
Tel: 91 402 50 25 / Fax: 91 402 50 63
www.consejominas.org
consejominas@consejominas.org

Comité Ejecutivo:
PRESIDENTE:
José Luis Leandro Rodríguez
VICEPRESIDENTE:
Emilio Querol Monfil
SECRETARIO:
Rafael Parra Salmerón
TESORERO:
Víctor Aitor Álvarez González
Consejeros:
Andrés Jerez García
Carlos Morán del Pozo
Juan Ignacio Navarro Villanueva
Patricio Gil Cosío
Jonatan Rodríguez Calzada
José Augusto Suárez García
Rosina María Martín González
Antonio Villareal Pachecho

Directora de la publicación:
Nuria Yagües Pérez

Fotografía de portada:
Antonio Palanco Salguero

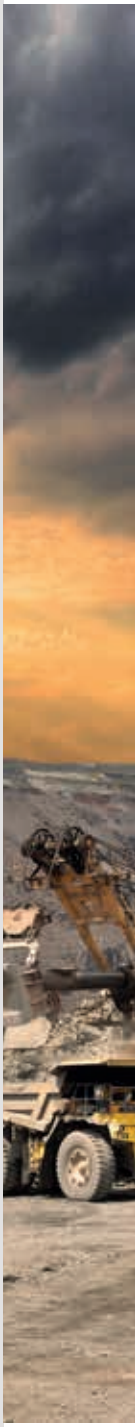
Colaboran en este número:
Emilio Querol Monfil, Juan Ignacio Navarro Villanueva, José Rodríguez García–Viso, Aníbal Seminario García, M. Boluda Gutierrez, M.V.M. Robles-Arenas, C. García García, José Carlos Losilla Rayo, María de los Remedios Gil Ortega, Jonatan Rodríguez Calzada

Diseño y maquetación:
Arts&Press

Impresión:
Cofás

ISSN 1699-7743
DEPOSITO LEGAL: AS-3.629/2004

Prohibida la reproducción total o parcial del contenido de esta revista sin previa autorización. Los artículos e informaciones firmadas expresan la opinión de sus autores, con la que Energía y Minas no se identifica necesariamente.



04 editorial

El carácter esencial del sector 4

06 actualidad tecnológica

MINERÍA
La arcilla: un recurso mineral estratégico 6

Materias primas fundamentales. Estrategias de la UE para reducir la actual dependencia 18

La minería sostenible en España 28

ENERGÍA
El comulonimbus como una variedad de plasma. Frecuencia de una nube de tormenta y su influencia al paso de ondas electromagnéticas 34

PATRIMONIO MINERO
El travertino rojo de Mula: aportaciones a su geología y minería 42

SEGURIDAD Y SALUD
Efectos de la exposición a vibraciones globales. Medidas técnicas de prevención y vigilancia de la salud. Caso práctico 54

La higiene industrial para proteger contra el riesgo por inhalación de polvo en la industria extractiva 60

PROFESIÓN
Visión actualizada de la situación laboral de nuestro colectivo 68

ACTUALIDAD COLEGIAL
Concurso de dibujo infantil para Primaria y Secundaria 71

EL CARÁCTER ESENCIAL DEL SECTOR

José Luis Leandro Rodríguez.
Ingeniero Técnico de Minas y Economista.
Presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas y Energía y Decano del Colegio de Huelva.

Efectivamente, el sector de las industrias extractivas y sus auxiliares, tiene un marcado carácter esencial y, por ese motivo, es de los que ha sufrido algo menos en cuanto al impacto de la COVID-19 se refiere, demostrando una vez más la importancia que tiene en la economía de un país.

Precisamente por eso aprovechamos para señalar la trascendencia que tiene y que ha de darse desde los poderes públicos a este sector económico, uno de los motores imprescindibles para la futura recuperación de la crisis en la que estamos instalados.

Queremos, por ello, hacer una llamada a las autoridades y a la sociedad en general con unas breves consideraciones para poner en valor el sector y, como decimos, contribuir a la salida de la crisis económica a que nos ha llevado la pandemia.

Para eso, es imprescindible fomentar el consumo de materias primas españolas, y no solo minerales, sino de cualquier otra naturaleza. Como dicen algunos eslóganes “consuma nuestros productos”, ayudaremos a salvar nuestras empresas.

Igualmente debe fomentarse la investigación minera, tan olvidada por las Administraciones públicas, siendo el momento

actual idóneo para sentar las bases del próximo futuro del sector.

Asimismo, proponemos una imprescindible simplificación de trámites administrativos, pues la ralentización de los procedimientos hace que los inversionistas huyan de los posibles proyectos españoles. Consideramos por ello que es el momento de agilizarlos para activar nuestra economía.

Echamos en falta, también, una publicidad institucional positiva del sector tantas veces denostado. Si una cosa caracteriza a las explotaciones mineras del siglo XXI es el escrupuloso cumplimiento de todas las medidas medioambientales que se requieren desde las Administraciones públicas.

Podemos afirmar con toda garantía y, sin ninguna duda, que la extracción de materias primas mineras sostenible, es hoy una realidad incuestionable.

Para contribuir a la fortaleza del sector en el futuro, en las próximas ofertas públicas de empleo de la Administración General del Estado, de las Comunidades Autónomas e incluso de Diputaciones y Ayuntamientos, deberían incluirse plazas para nuestros profesionales, los ingenieros técnicos de minas, que una vez incorporados contribuirían de manera eficiente a la regulación, control e inspección de las explotaciones mineras y sus industrias auxiliares.

Hacemos una llamada de atención a la clase política en general que, en estos momentos tan críticos, cuenten de verdad con los Colegios y Consejos profesionales, únicos garantes de la calidad y validez de los proyectos y actuaciones de los profesionales.

Reclamamos para España el papel primordial que desarrollan las influyentes asociaciones profesionales en los países de nuestro entorno europeo y de ese modo se podrá comprobar su proyección y colaboración directa con la sociedad que en nuestro país se está reduciendo.

Para finalizar, insistir una vez más en la falta de estudiantes en los Grados de Minas y Energía de las Escuelas Superiores de Ingeniería de las universidades españolas. Es sorprendente la escasa cantidad de alumnos que se matriculan en esta rama de la ingeniería a pesar de ser de las pocas que está absorbiendo con rapidez a casi todos los egresados curso tras curso.

Lo tiene todo, es una rama de la ingeniería con tecnología punta y similar a cualquier otra de las que se pueden cursar, futuro cierto, muchas posibilidades en nuestro propio país, entre otras salidas profesionales, en un sector que, como hemos dicho, es esencial y que genera riqueza y empleo de calidad, razonablemente bien remunerado. ■

La arcilla: Un recurso mineral estratégico

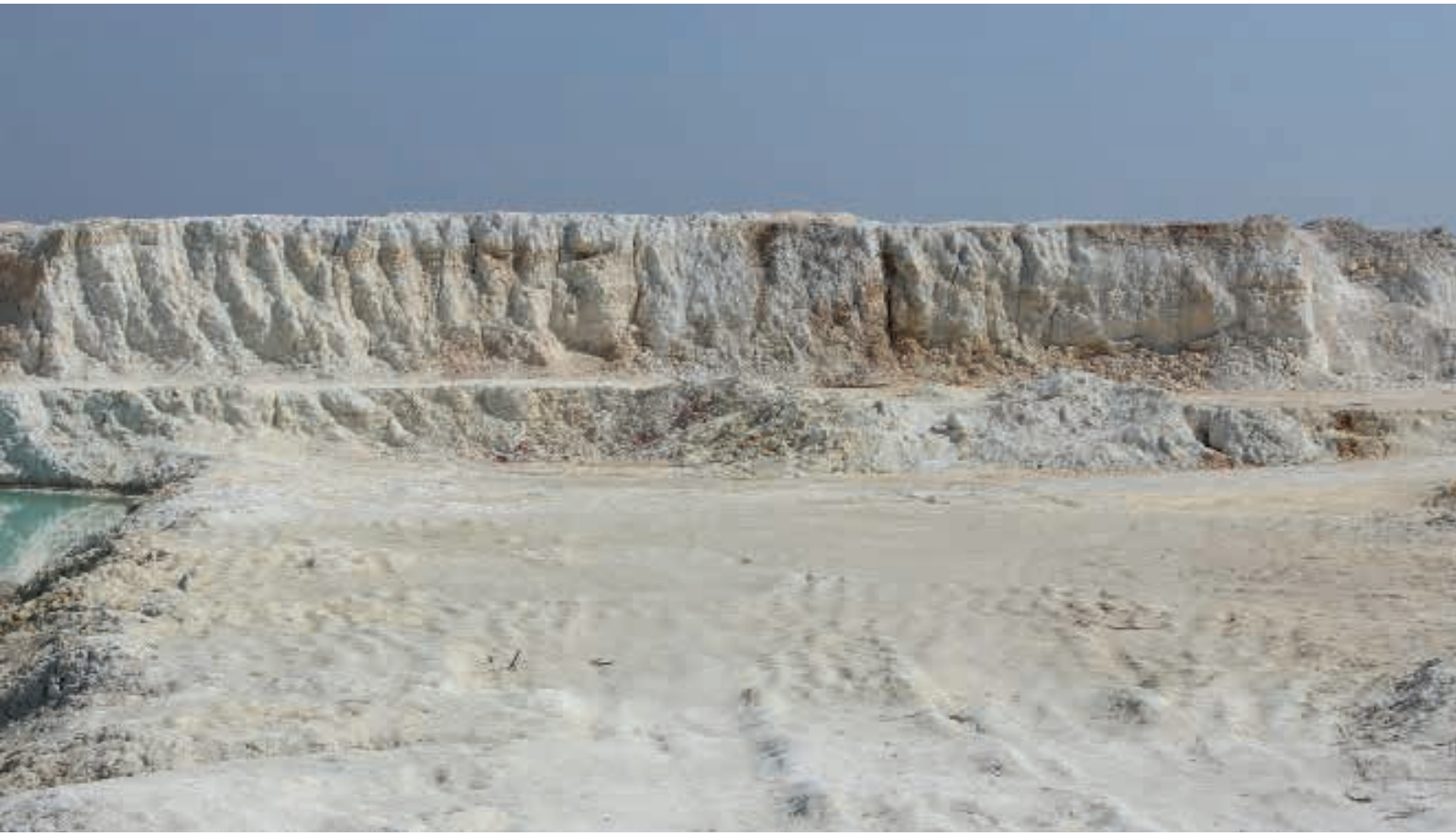
Emilio Querol Monfil. Decano-Presidente Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas y Energía de Aragón. Vicepresidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas y Energíaz.

La arcilla es el primer recurso mineral que conocemos en nuestra vida. Desde niños nos explican sus características moldeables, sus características de endurecer bajo cocción, y con ellas nos enseñan a preparar un afectivo regalo para uno de nuestros familiares queridos.

INTRODUCCIÓN

Posiblemente este prematuro conocimiento del recurso y de parte de sus características, junto con el hecho de verlo posteriormente aplicado a multitud de utensilios de nuestra vida habitual, nos concibe a menospreciar su dependencia ya que lo concebimos como algo abundante y sin importancia; algo que no tenemos que buscar, que está ahí, por tanto al lector cuando menos, habrá discernido con el título de este artículo ya que no lo considerará, hasta ahora, un recurso mineral estratégico.

Nada más lejos de la realidad técnica, ya que la arcilla al fin y al cabo está formada por un conjunto complejo de minerales y con una forma compleja y diversa de asociarse estos; eso le confiere multitud de características técnicas distintas entre unas arcillas y otras, según sea su composición mineral y su distribución mineralógica y por tanto multitud de utilidades. A la complejidad antes descrita de la composición de la arcilla, le debemos sumar su ubicación. Un recurso mineral es útil, es utilizable, cuando su coste de extracción y transporte al destino de consumo lo hacen rentable para las empresas consumidoras. Por tanto, una arcilla con unas características muy óptimas podría dejar de ser un recurso mineral utilizable si su coste de extracción y/o su coste de transporte la encarecen por encima del costo del consumidor.



En este artículo nos vamos a centrar exclusivamente en el uso cerámico de la arcilla dentro del uso en azulejos y baldosas cerámicas, y en concreto de la importancia de la arcilla tipo "Teruel" en el uso cerámico que de forma tradicional se desarrolla en la provincia de Castellón.

La centenaria tradición de moldear la arcilla junto con el espíritu de adoptar y crear la última tecnología por parte del empresariado cerámico de la provincia de Castellón, han sabido llevar a esa provincia a ser uno de los mayores referentes cerámicos del mundo. Actualmente en la provincia de Castellón se ubica el 94% de la producción nacional y el 80% de las empresas del sector (datos de ASCER).

La afirmación de la importancia mundial de la provincia de Castellón debe de ir acompañada de datos, datos que obtenemos de la página web de la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER).

Primer dato, EMPLEO. Con 15.800 puestos de trabajo directos el sector cerámico es imprescindible en el tejido socio económico de este país, y valdría sólo este dato para considerar a esta industria como una de las más importantes dentro del marco social. Pocos sectores industriales acumulan tal cantidad de empleo directo dentro de su estructura y además concentrado su inmensa mayoría en pequeña y mediana empresa; empresas de origen familiar con mucho relevo generacional ya consolidado de las propias familias, lo que aporta un valor de estabilidad, de continuidad, que en ningún sector industrial existe.

Segundo dato, VENTAS. Con 3.757[2] millones de euros de venta anuales (datos ASCER 2019) vuelve a liderar los sectores de mayor importancia económica. Estas ventas anuales son el fruto de un trabajo continuo durante los últimos años, lo que significa el gran esfuerzo no conformista que el sector y el empresariado viene realizando de forma tenaz, y constante, por hacerse un hueco por calidad de producto frente a otros países con mayores datos de producción. La calidad del sector cerámico Español, es un referente mundial de cualquier sector cerámico mundial. Las cifras económicas, por su magnitud, suelen ser muy frías si no las

comparamos; por ello para visualizar la magnitud, indicamos que el sector cerámico tiene unas ventas anuales igual al 42% del PIB de la comunidad autónoma de La Rioja, o el 10% de la comunidad autónoma de Aragón.

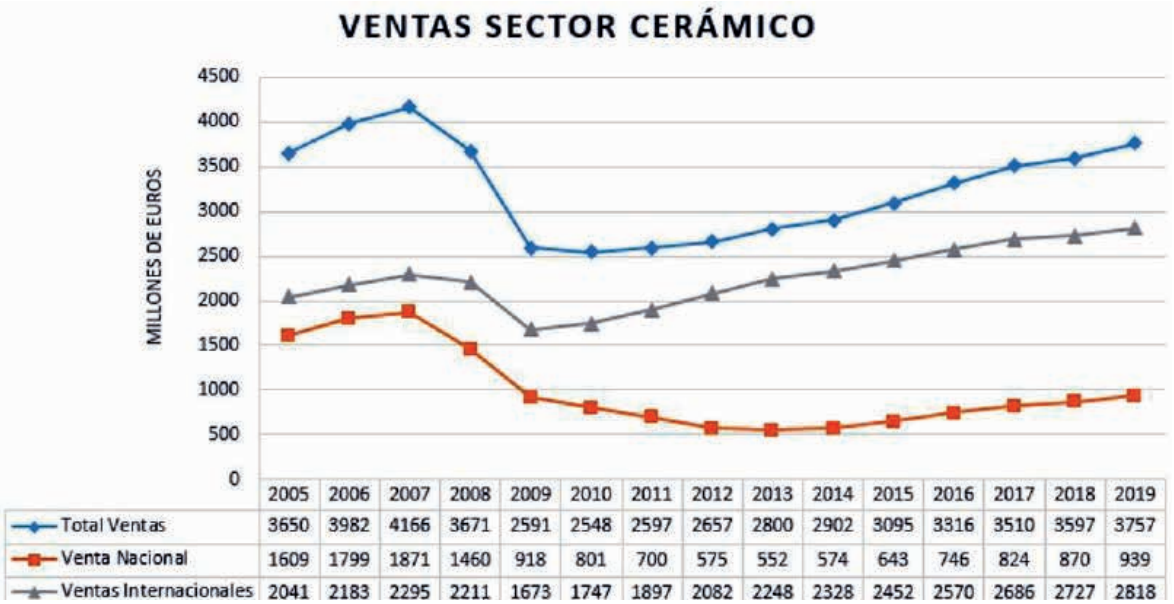
Tercer dato, EXPORTACIÓN. Más del 75% del total de ventas se realiza en el exterior, con un importe en el año 2019 de 2.818 millones de Euros. Estos datos la sitúan como el sector de mayor exportación en volumen dentro de la UE, segundo exportador en volumen a nivel mundial. Si enfrentamos exportaciones e importaciones, la media de la tasa de cobertura en la balanza comercial del sector de la última década supera el 2.300%, siendo con esta cifra líder nacional entre los principales sectores industriales (datos ASCER 2019).

Es obvio que la crisis del 2008/2009 supuso, como para todos los sectores una profunda brecha en la tendencia creciente que tenía el sector hasta ese momento; pero a diferencia de otros sectores y este sector además con dependencia directa de la construcción, se supo reinventar con un salto comercial hacia el exterior. Obsérvese en los datos anteriormente expuestos que antes de la crisis el sector exterior suponía el 55% de sus ventas, cuando actualmente supone el 75%, un crecimiento de 20 puntos en poco más de 10 años. Pero además, podemos comprobar que el volumen total de ventas exteriores son actualmente superiores en más de 700 millones de Euros a los datos de antes de la crisis económica (año 2005) con un crecimiento del 38%; mientras que las ventas nacionales no se han recuperado, con un decrecimiento de ventas superior a los 670 millones de Euros que supone porcentualmente un decrecimiento del 42% con respecto al año 2005.

Finalmente y analizando los últimos datos del año 2019 proporcionados por ASCER, se observa que pese a la bajada de ventas en países, podemos decir inestables, como Arabia Saudí,

AÑO	Total Ventas	Venta Nacional		Ventas Internacionales	
2005	3650	1609	44%	2041	56%
2006	3982	1799	45%	2183	55%
2007	4166	1871	45%	2295	55%
2008	3671	1460	40%	2211	60%
2009	2591	918	35%	1673	65%
2010	2548	801	31%	1747	69%
2011	2597	700	27%	1897	73%
2012	2657	575	22%	2082	78%
2013	2800	552	20%	2248	80%
2014	2902	574	20%	2328	80%
2015	3095	643	21%	2452	79%
2016	3316	746	22%	2570	78%
2017	3510	824	23%	2686	77%
2018	3597	870	24%	2727	76%
2019	3757	939	25%	2818	75%

Fuente: ASCER



Fuente: ASCER

Aunque cada uno de los distintos tipos de materiales cerámicos tradicionales tiene un proceso de fabricación diferente, todos ellos tienen en común, una preparación previa de la composición con una materia prima mayoritaria como es la arcilla.

el crecimiento en países líderes económicamente como Estados Unidos, durante el último año (2018-2019) es del 17,4%, un crecimiento de 2 dígitos altos anuales, lo que es una tendencia del desarrollo del sector cerámico en un gran país consumidor.

Estos datos expuestos nos hacen ver el dinamismo, la profesionalidad y la rápida adecuación que el sector cerámico, sus empresarios, han sabido adoptar para seguir creciendo desde el mismo momento de la crisis económica y adaptando sus ventas (sus productos) a nuevos países con grandes crecimientos económicos. La fortaleza e importancia del sector es incuestionable por cualquier analista socio-económico, y porque no decirlo, es la envidia de otros países desarrollados el disponer de un sector tan vanguardista, dinámico y profesionalizado como el sector cerámico español.

Pero el sector cerámico lo que hace principalmente es moldear, cocer y decorar la arcilla; de acuerdo a las tendencias que el mercado y los nuevos mercados van exigiendo. Por supuesto no cualquier arcilla, luego entraremos en ello, pero su base principal y sin la cual no podría llegar a las cotas de triunfo económico antes descrita, es la arcilla. Por tanto, el lector entenderá que la arcilla es un recurso imprescindible y por tanto estratégico de un sector prioritario en España.

Se puede hablar de un sinfín de tipos de materiales cerámicos tradicionales, baldosas cerámicas, ladrillos para la construcción, tuberías de desagües, tejas de drenaje, tejas de cubiertas, vajillas, aislantes eléctricos, sanitarios, etc.

Las propiedades de cualquiera de estos productos cerámicos son una manifestación de sus características micro-estructurales, las cuales dependen a su vez de las características físico-químicas de las materias primas de partida (principalmente arcilla) y del desarrollo de cada una de las etapas que comprenden su procesado de cocción.

Si hablamos de forma extensamente genérica del sector; éste abarca distintos sectores productivos, que de forma simplificada y para este artículo podríamos definir como:

- Loza sanitaria
- Gres de extrusión
- Estructurales
- Refractario.
- Engobes
- Revestimientos y pavimentos cerámicos. porcelánicos.

Aunque cada uno de los distintos tipos de materiales cerámicos tradicionales tiene un proceso de fabricación diferente, e incluso con grandes variaciones dependiendo de las especificaciones propias de cada uno de aquellos, de su tamaño y de su utilización posterior, todos ellos tienen en común, una preparación previa de la composición con una materia prima mayoritaria como es la arcilla.

Una vez elegidas por sus características físicas y químicas las materias primas a emplear, se debe determinar la proporción en la que va a intervenir cada una de ellas para que el producto base siempre sea homogéneo. El material mezclado es triturado para garantizar un tamaño de las partículas óptimo para las interacciones que van a producirse entre ellas en etapas posteriores del proceso. Esta homogenización y trituración de materias primas con destino a

la cerámica, puede realizarse en seco (vía seca) o bien poniéndolas en suspensión acuosa (vía húmeda).

SECTOR SANITARIO

Abarca toda la gama de productos cerámicos realizados con loza sanitaria (lavabos, inodoros, vidés, urinarios, bañeras, etc.). La loza sanitaria es un producto cerámico denso, de baja porosidad y mínima absorción de agua (menor a 0,5 %) que generalmente se obtiene por colada de barbotinas en moldes de yeso.

Las materias primas más utilizadas para la fabricación de loza sanitaria son arcillas especiales que proporcionan plasticidad y resistencia en crudo (antes de cocer) durante la etapa del formato, y contribuye a la formación de mullita después del quemado. El cuarzo, que actúa como un material de relleno cuyos granos gruesos proporcionan resistencia a la propagación de grietas durante el secado y forman una red tipo esqueleto durante el quemado reduciendo así la deformación piroplástica y los feldespatos cuya acción fundente por arriba de los 1000 ºC lleva a la densificación en la presencia de un líquido reactivo que disuelve parcialmente al cuarzo y a la arcilla, lo cual lleva a la formación de cristales de mullita acicular inmersos en el vidrio feldespático.

Fuente: www.duravit.es

GRES DE EXTRUSIÓN

El gres extrusionado suele ser un gres de aspecto "rustico" realizado a alta temperatura o muy alta temperatura, que se presenta tanto natural como esmaltado.

Es un material cerámico con requerimientos técnicos muy altos para su uso en exterior (antideslizamiento, resistencia al hielo, resistencia mecánica, etc.) aunque igualmente se usa para interiores por la calidez de sus destonificaciones y la textura rustica de su superficie.

Generalmente se utiliza como pavimento, ya que el grosor de su soporte lo convierten en un producto cerámico pesado. En revestimiento se utilizan piezas de menor tamaño.

Fuente: www.gresdearagon.com

Para su fabricación se necesitan arcillas de alto contenido en alúmina (Al_2O_3>24%), con los fundentes (K_2O+Na_2O+MgO aproximadamente del 3%) necesarios para que, a una temperatura alta, pero no excesiva, el producto empiece a gresificar (reducir la absorción de agua), y con contenidos en hierro Fe_2O_3 entre el 4-7% que proporciona una destonificación natural al producto por la fusión de este hierro. Se cuecen a temperaturas elevadas, superiores a los 1200 ºC

Dentro del gres extrusionado (el extrusionado es una forma de moldeo), existen diferentes productos en base a las características de su materia prima y de su producción (temperatura de cocción):

Fuente: www.gresdebreda.com

Gres rústico: es el nombre empleado para designar las baldosas cerámicas con absorción de agua baja o media baja, extruidas y generalmente no esmaltadas. Se cuecen a altas o muy altas temperaturas.

Baldosín catalán: es el nombre empleado para designar las baldosas con absorción de agua desde media-alta a alta, extruidas y generalmente no esmaltadas. Se cuecen a temperaturas bajas. Generalmente necesitan tratamiento posterior a la colocación con ceras o similares para evitar el ensuciamiento de la baldosa.

Barro cocido: es el nombre empleado para designar las baldosas con una absorción de agua muy alta y no esmaltada. Siempre necesitan un tratamiento posterior a la colocación con ceras o productos especiales.

ESTRUCTURALES

El producto cerámico estructural es el ladrillo. Los ladrillos estructurales están presentes en las edificaciones, pisos, muros, lozas, techos, etc. Los Ladrillos ofrecen alternativas estructurales térmicas, acuáticas, arquitectónicas. Las buenas cualidades de aislamiento térmico de arcilla cocida contribuyen a obtener un clima interior sano y agradable. El ladrillo es incombustible y no tóxico, permite el diseño racional y económico de muros más resistentes al fuego, aún en condiciones de sobrecarga. Por todo ello su gran difusión en nuestro país en donde no se concibe la construcción de ninguna vivienda cuyo elemento no sea el ladrillo.

Para su fabricación se utilizan arcillas con elementos fundentes abundantes, para que el ladrillo se cuezca a la más baja temperatura y eso permita obtener un producto de calidad al menor coste energético.

Para ello las fábricas de este tipo de productos se ubican en zonas muy próximas a las canteras y a centros importantes de consumo. En Teruel, si bien es cierto que existen arcillas que pudieran valer para la fabricación de estos productos, la poca población y la gran distancia a zonas habitadas las hacen inviables para su explotación.

Variedades de este tipo de producto cerámico son los ladrillos caravista y los ladrillos clínker.

Ladrillo caravista: Al igual que el anterior, es un ladrillo que requiere unas arcillas de baja temperatura de fundencia y buena plasticidad. Reviste el problema (en los no esmaltados) de mantener colores estables en las distintas partidas de cocción, ya que al ser un producto natural es muy difícil mantener las mismas condiciones de fabricación (materia prima, secado, cocción, enfriamiento, etc.), con lo que una mínima variación puede modificar levemente el color del ladrillo. Esto puede suponer un gran problema estético a la fachada de un edificio.

Ladrillo clínker: Son ladrillos cerámicos fabricados a partir de arcillas especiales de buena plasticidad, que, al ser cocidas a alta temperatura, cierran de tal forma su porosidad que dan como resultado un material con una absorción de agua por debajo del 6% y una densidad superior a 2 g/cm^3. Además de estas características, los ladrillos clínker deben tener una resistencia mínima a compresión de 500 daN/cm^2.

Fuente: www.palautec.es

OTRAS APLICACIONES: REFRACTAREO

La aplicación de arcillas en productos refractareos tiene dos sectores distintos:

Fabricación de chamotas: La chamota es una arcilla natural cocida, posteriormente molida y reducida a granos según distintas clasificaciones.

Para su elaboración se emplean a modo industrial arcillas refractarias, es decir, arcillas que dispongan de una alta temperatura de fusión (alta alúmina y bajos fundentes). La chamota forma parte de la masa cerámica de algunos productos cerámicos (material extrusionado) tiene la gran característica de no contraerse al mezclarse con la pasta, ya que ha eliminado en la cocción previa toda el agua de su composición.

Su función es de desengrasante, para dar textura y expresión a la pasta, quitar un exceso de plasticidad, etc. Su uso cerámico es conocido desde la antigüedad.

Para su fabricación se utilizan arcillas de alta alúmina, con contenido en Fe_2O_3 entre el 2% y el 5%.

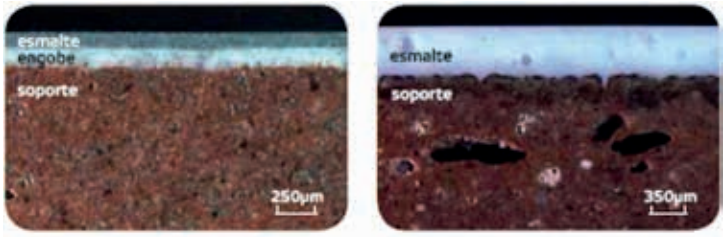
Fabricación de ladrillo refractareo: Su destino es la fabricación de hornos o barbacoas. Al igual que el anterior la fabricación de ladrillo refractareo necesita el mismo tipo de arcillas quizás con mayores exigencias según el destino del horno en donde se pretenda emplear el ladrillo. Si es en una barbacoa su exigencia, aunque alta es inferior a la construcción de un horno de cocción de alta temperatura.

OTRAS APLICACIONES: ENGOBE

Debido a la diferente naturaleza química del soporte y del esmalte, se suele aplicar una capa de interfase entre ellos, con una composición química intermedia entre ambos. Este producto cerámico con base en arcilla es un tipo de esmalte que se denomina “engobe”.

El engobe tiene entre sus funciones:

- Crear una interfase entre el esmalte y el soporte que favorezca un adecuado acoplamiento entre ambos.
- Ocultar el color del soporte para permitir un desarrollo óptimo del esmalte y de las decoraciones aplicadas sobre él.
- Homogeneizar y eliminar las irregularidades superficiales del soporte para favorecer posteriores aplicaciones.
- Formar una capa impermeable que evite problemas derivados de la porosidad del soporte sobre todo en las piezas de revestimiento en las que este presenta alta porosidad.



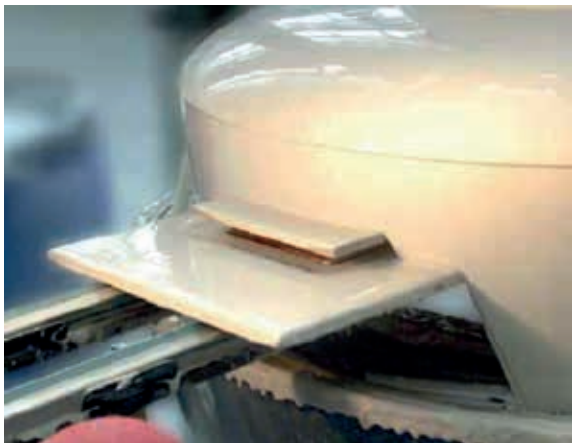
Azulejo de pasta roja con englobe y esmalte verde (izquierda) y barro cocido de pasta roja con esmalte azul (derecha).
Fuente: www.ascer.es

Las arcillas empleadas para engobes deben de ser súper plásticas, con alta alúmina y con valores de hierro inferiores al 1%. Además de todo ello, deben de ser de cocción muy blanca.

Además de estas características de alta calidad, se debe de proporcionar una estabilidad en el producto con unas variaciones inapreciables en la calidad.

Por todo ello estas arcillas el precio de adquisición es muy elevado, pero su consumo es mínimo, ya que se aplicar una capa inferior a 100 micras (ver foto superior).

Los engobes presentan diversas formas de aplicación en la línea de esmaltado (campana, doble disco, airless, etc.), facilitando el trabajo a los técnicos involucrados en estas tareas.



Fuente: www.ascer.es

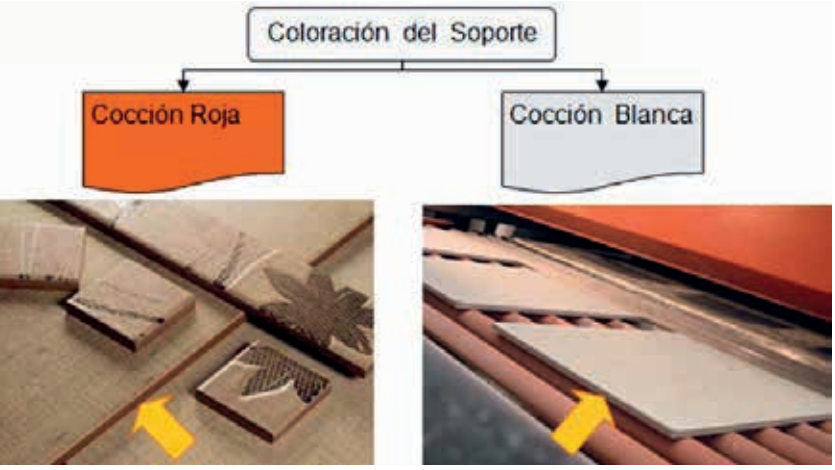
REVESTIMIENTOS Y PAVIMENTOS CERÁMICOS

Entre todos los tipos de cerámica mencionados, puede considerarse como el de mayor interés desde el punto de vista de la arquitectura moderna, por tanto con una gran proyección como base arquitectónica en el presente y en el futuro. Las baldosas cerámicas son placas de poco espesor generalmente utilizadas para revestimiento de suelos (pavimento) y recubrimiento de paredes (revestimiento); tanto en interior como exterior de edificios.

Obviamente, como se indicaba al principio del artículo no vale cualquier arcilla para este sector. Intentaremos a continuación describir los productos a los que nos referimos dentro de este sector cerámico tan importante.

Fuente: catálogo de Cerámica Venís.

Para describir los tipos de arcilla que se usan en este sector, es importante realizar primeramente una separación de acuerdo al tipo de soporte cerámico. La primera distinción según el soporte es de pasta roja o pasta blanca. Tradicionalmente se usaba un soporte de pasta roja utilizándose de forma mayoritaria arcillas de cocción roja en las proximidades geográficas de la ubicación del sector. La pasta roja compuesta por un mix de arcillas rojas de distintas procedencias locales (San Juan de Moro –Castellón–, Higueruelas –Valencia–, Chulilla –Valencia–, Galve –Teruel–), suponía hace unos 20 años un porcentaje superior al 80% de toda la producción cerámica, y la pasta blanca suponía solamente el 20%.



La coloración natural del soporte depende exclusivamente del tipo de materia prima (arcilla) utilizada, ver flechas

Actualmente y por un efecto meramente comercial, la pasta blanca ha ido creciendo porcentualmente estando en la actualidad (nos faltan datos reales para esta afirmación) en un 50% aproximadamente, con tendencias claras de seguir creciendo el sector de pasta blanca, ya que es la más demandada internacionalmente y como ya se dijo la exportación supone un 75% de las ventas del sector.

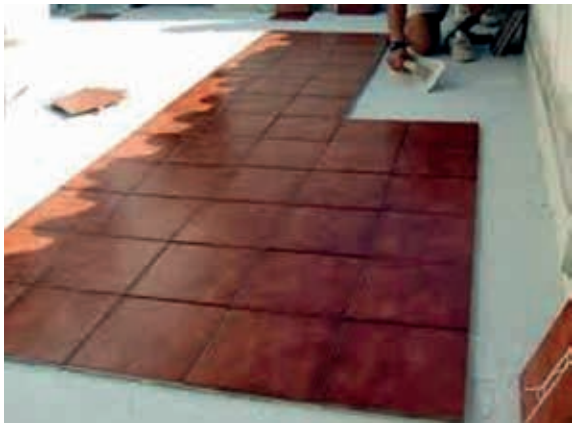
Esta coloración natural del soporte depende exclusivamente del tipo de materia prima (arcilla) utilizada.

Uso al que va destinado

Las baldosas cerámicas se usan para revestir paredes y pavimentar suelos, tanto en interiores como en exteriores de locales y edificios.

Los soportes de los revestimientos cerámicos (recubrimiento de pared), presentan normalmente alta porosidad medida como absorción de agua, lo que favorece su adherencia a la pared y su mayor estabilidad dimensional.

Por el contrario los soportes de los pavimentos cerámicos (recubrimientos de suelos) presentan una baja porosidad con lo que se pueden conseguir mejore características técnicas.



Por tanto existen diferencias sustanciales en la naturaleza y porcentaje de las materias primas empleadas entre un revestimiento y un pavimento.

Gres esmaltado

Soporte Rojo		Soporte Blanco	
Arcilla No Calcárea	100 %	Arcilla Silícea	45-60 %
		Arcilla Plástica	0-15 %
		Feldespato (Na y K)	23-35 %
		Arena silícea	0-15%
		Talco	0-10 %

Azulejo

Soporte Rojo		Soporte Blanco	
Arcilla Calcárea	40-60 %	Arcilla Silícea	40-60 %
Arcilla No Calcárea	60-40 %	Arcilla Plástica	0-15 %
		Caolín	0-20 %
		Carbonatos	10-15%
		Arena silícea	15-25 %

Gres porcelánico

Es la denominación de las baldosas cerámicas con muy baja absorción de agua, prensadas en seco y generalmente no esmaltadas y fabricadas por monococción.

Se utilizan para recubrimientos de interiores en edificaciones residenciales, comerciales por su gran comportamiento al desgaste e incluso industriales. Igualmente se utiliza para suelos exteriores. En revestimiento generalmente con acabado pulido tanto en paredes interiores como en fachadas.

El gres porcelánico es el tipo de baldosa cerámica de más reciente aparición en el mercado.

Se diferencias dos tipos básicos:

Gres porcelánico no esmaltado, para el que se ha generalizado la denominación de "Porcelánico Técnico", con absorción de agua extremadamente baja (inferior al 0,1%). Su característica principal es que la cara vista, es la del propio soporte de la baldosa y puede ser de color liso o decorada.

Se presenta tal y como resulta de la cocción (gres porcelánico natural) o tras un proceso de pulido más o menos intenso, que le da brillo (gres porcelánico pulido). Es el único producto cerámico que permite pulido, ya que no se afecta a la capa de esmalte. El color va incluido dentro del soporte. Respecto a la textura, la cara vista puede tener relieves con fines decorativos o antideslizantes con el fin de poderlo usar en exterior o locales industriales.

Comparado con la piedra natural el gres porcelánico requiere un menor mantenimiento. Prácticamente no tiene absorción de agua, +/- 0,1%, a diferencia de la piedra natural que está entre el 0,11% y el 0,46%. Mucha más resistencia a la abrasión profunda, 109 mm^3, contra unos valores de la piedra natural que están entre 170 y 560 mm^3. Una mayor resistencia a la flexión 61 N/mm^2 cuando la piedra tiene 14,8 N/mm^2 de media.

Gres porcelánico esmaltado, con absorción de agua muy baja (inferior a 0,5%), pero superior al no esmaltado. La cara vista está cubierta de un esmalte vitrificado que puede ser monocolor o decorado. El color del soporte, de la masa varía según el tipo de producto y es de textura muy fina y homogénea.

Gres porcelánico

Esmaltado		No Esmaltado	
Arcilla Silícea	40-60 %	Arcilla Plástica	30-45 %
Arcilla Plástica	10-20 %	Caolín	15-25 %
Feldespato (Na y K)	30-40 %	Feldespato (Na y K)	35-45 %
Talco	0-3%	Arena silícea	0-10%
		Zirconio	2-6 %

Si nos centramos en estos últimos productos que hemos definido como baldosas, azulejos y porcelánicos que consideramos los más importantes y según las cifras obtenidas de ASCER la producción en el año 2019 fue de 510 millones de metros cuadrados de cerámica, levemente menor a los 530 millones de los años 2018 y 2017; sin embargo como se observaba en las tablas anteriores, la facturación ha ido incrementando pese a esa pequeña reducción en volumen, lo que significa que el precio medio del producto español ha sabido revalorizarse en su precio medio de venta. Esta es una de

Si nos centramos en los productos de mayor crecimiento y proyección a futuro debemos de hablar de productos de "pasta blanca". La pasta blanca está compuesta por un mix de diferentes arcillas, feldespatos, carbonatos y otros minerales que se aditivan para obtener un comportamiento cerámico adecuado de la masa.

las principales batallas del sector cerámico español, intentar incrementar el precio medio de su metro cuadrado fabricado, haciendo valer su gran calidad con respecto a otros países productores.

Convertir esos 510 millones de metros cuadrados en las toneladas de arcilla empleadas, puede ser algo difícil, ya que el peso por metro cuadrado de revestimiento es distinto al de pavimento, y según los distintos formatos y tipos de material varían considerablemente el peso medio del metro cuadrado, además hay que indicar que en menor medida entran otros recursos minerales en la mezcla (arenas, feldespatos, carbonatos, etc.).

No se dispone de cifras por productos vendidos, lo que facilitaría considerablemente el control de materia prima empleada. Pero a falta de datos reales, y sólo a los efectos del presente artículo, podemos considerar un peso medio de 25 kg/m^2 de producto cerámico. Por tanto obtendríamos una cifra extraordinariamente enorme de 20,4 millones de toneladas de materia prima de la que una gran parte es arcilla.

Por tanto no se puede descuidar y menos despreciar el sector minero que abastece año tras año a un sector tan importante en la económica española y tan referente de la economía mundial, como el sector cerámico de baldosas, azulejos y porcelánicos.

Como se indicaba anteriormente el 50% (no disponemos de datos reales) corresponde a "pasta roja" y el otro 50% a "pasta blanca". Por tanto, se necesitan unos 10 millones de toneladas al año de materia prima para abastecer a la pasta blanca, en la que gran parte de esta materia prima son arcillas.

Si nos centramos en los productos de mayor crecimiento y proyección a futuro debemos de hablar de productos de "pasta blanca". La pasta blanca está compuesta por un mix de diferentes arcillas, feldespatos, carbonatos y otros minerales que se aditivan para obtener un comportamiento cerámico adecuado de la masa tanto en crudo como cocido así como mantener una blancura de soporte exigida por el mercado. Las arcillas necesarias son de gran pureza y se les exige un comportamiento muy estable, dado que cada vez más el mercado demanda formatos de mayor tamaño y por tanto con unas características físicas cada vez más exigentes al soporte y por tanto exigencias a la arcilla. Estas arcillas se traen en gran medida del extranjero (importación), especialmente de países como Ucrania, Inglaterra, Francia o Portugal; no obstante cada vez va teniendo más hueco dentro del mix arcilloso las arcillas de la provincia de Teruel, por su mejora en calidad como principalmente por su cercanía geográfica. Es por ello, por lo que se comentaba al principio, la importancia de la ubicación geográfica para que un recurso empiece a ser estratégico para un sector necesitado de esa materia prima.

Estas arcillas obtenidas en la provincia de Teruel, son cada vez de mayor calidad, al profesionalizarse cada vez más tanto la extracción como el control de calidad constante que se realiza con numerosos ensayos de laboratorio, y que consiguen homogenizar un producto arcilloso acorde con las exigencias del sector cerámico. A esta mejora de calidad se le debe de unir el efecto de proximidad ya

nombrado, de garantías institucionales y administrativas para desarrollar la actividad minera, e igualmente unas grandes reservas por las que apostar a un futuro próximo del sector cerámico de pasta blanca.

Actualmente las arcillas de Teruel están en un volumen de unos 2 millones de toneladas de suministro al sector cerámico de Castellón, pero con un crecimiento importante año tras año. A todos los efectos es la arcilla nacional que más importancia reviste sobre el mix cerámico actual y del futuro. Por tanto, si hemos deducido la gran importancia socio económica del sector cerámico y que a los efectos de minería nacional depende de una forma muy importante de los yacimientos de arcilla blanca tipo Teruel; deberíamos empezar a considerar ese elemento tan comúnmente conocido como es la arcilla en un Recurso Mineral Estratégico para el desarrollo económico del país.

Las autoridades, tanto a nivel nacional como autonómico (Comunidad Valenciana y Comunidad Aragonesa) deberían tomar conciencia de que sin minería no es posible mantener un sector tan importante a efectos sociales y económicos, así como tan envidiable a efectos internacionales como es el sector cerámico de Castellón. ■

Actualmente las arcillas de Teruel están en un volumen de unos 2 millones de toneladas de suministro al sector cerámico de Castellón, pero con un crecimiento importante año tras año.

Materias primas fundamentales.

Estrategias de la UE para reducir la actual dependencia

Juan Ignacio Navarro Villanueva. Decano del Colegio de Ingenieros Técnicos y de Grado en Minas y Energía de Cataluña y Baleares.

El pasado 3 de septiembre de 2020, la Comisión Europea emitió un informe dirigido al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, bajo el título "Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad".

Lo que se esconde bajo este título tan grandilocuente, en realidad es el establecimiento de la estrategia de la Unión Europea para asegurarse el aprovisionamiento de las materias primas fundamentales. Las preguntas que enseguida surgen son; ¿cuándo se considera una materia prima fundamental? y ¿cuáles son esas materias primas? Pues la respuesta a ambas preguntas la encontramos en una lista de treinta materiales que se consideran vitales para la economía y presentan un alto riesgo en el suministro (véase Fig. 1).

Antimonio	Hafnio	Fósforo
Barita	Tierras Raras Pesadas	Escandio
Berilio	Tierras Raras Ligeras	Silicio metálico
Bismuto	Indio	Tantalio
Borato	Magnesio	Wolframio
Cobalto	Grafito Natural	Vanadio
Carbón de coque	Caucho Natural	**Bauxita**
Espato Flúor	Niobio	**Litio**
Galio	Metales del Grupo Platino	**Titanio**
Germanio	Fosforita	**Estroncio**

Figura 1. Materias primas fundamentales en 2020 (en negrita las nuevas respecto 2017).

Conviene detenerse en los motivos por los que unos materiales se consideren vitales para la economía y otros no. La comunicación 640 de 2019 de la Comisión Europea estableció la nueva estrategia industrial para Europa para la transición hacia la neutralidad climática y que alertaba sobre la sustitución de la actual dependencia de los combustibles fósiles por la dependencia de una serie de materias primas.

Por poner solo algunos ejemplos, para la fabricación de células fotovoltaicas se necesita Galio y Silicio metálico, para las baterías de los coches eléctricos se necesita Litio y Cobalto, el Indio se requiere para las bombillas LED y los metales del grupo del Platino son indispensables para la fabricación de combustible de Hidrógeno.

La lucha contra el cambio climático es un desafío que todo el planeta debe y está afrontando. Probablemente muchos dirán que todavía no se está haciendo suficiente y que muchos estados no solo no están tomando medidas, sino que siguen aumentando sus emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, Europa no está sola en esta lucha. Hay otros muchos estados que ya llevan años trabajando y adaptando sus sistemas productivos y de transporte para hacerlos más sostenibles. En cualquier caso, no pretendo abrir un debate en este sentido, pero lo que sí es ya una realidad es que en los próximos años aumentará exponencialmente el consumo de aquellas materias primas fundamentales necesarias para la fabricación de componentes y el desarrollo de nuevas tecnologías en la dirección de una economía más verde.

A esto hay que añadir que dicho crecimiento exponencial, se verá reforzado por dos factores multiplicadores. Me estoy refiriendo a la evolución imparable de la población mundial que cada día demandará un mayor consumo de los recursos del planeta, incluyendo lógicamente las materias primas fundamentales. Por otro lado, debemos considerar también que es esperable que en las próximas décadas cada vez más estados que actualmente están en vías de desarrollo, vean cómo crecen sus clases medias y por ende una mayor conciencia de sostenibilidad que a su vez comportará también que reclamen bienes y servicios que consumen este tipo de materias primas.

Ante este panorama, es tan lógico como deseable, que la Unión Europea se prepare para un escenario de escasez de este tipo de materiales, que ya empezamos a padecer. Efectivamente, la ley de la oferta y la demanda es implacable, y la curva de la evolución de los precios de estas materias primas responden al aumento de su consumo en los últimos años.

Para hacernos una idea de la magnitud de las futuras necesidades, se prevé que para las baterías de los coches eléctricos y el almacenamiento de energía, en 2030 la UE demandará hasta 18 veces más Litio y 5 veces más Cobalto, y en 2050 una cantidad casi 60 veces mayor de Litio y 15 veces más de Cobalto, o el caso de las Tierras Raras empleadas para fabricar imanes permanentes que también incorporan los vehículos eléctricos, tecnologías digitales o generadores eléctricos, podría multiplicarse por 10 de aquí a 2050.

Estas previsiones de la UE, vienen corroboradas, sino aumentadas, por estudios del Banco

Mundial y también por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), teniendo en cuenta que, si para 2050 el calentamiento global ha seguido escalando, el consumo de materias primas fundamentales crecería exponencialmente.

Más tarde analizaremos cómo se está preparando la Unión Europea para hacer frente a este reto, pero veamos antes otro aspecto crítico a tener en cuenta en lo referente al suministro de las materias primas fundamentales.

Este aspecto crítico no es otro que su grado de concentración. Sabido es que la madre naturaleza es caprichosa y, en términos geológicos, deposita, genera y metamorfosea los materiales allá donde quiere. Dicho de otro modo más obvio, tan solo podemos extraer Antimonio, Vanadio o Magnesio allá donde exista. Se trata de materiales de una rareza geológica suficiente para que solo podamos encontrarlos en lugares muy determinados por lo que es muy frecuente que los productores de un tipo de material concreto concentren un tanto por ciento muy elevado de la producción mundial de ese material. En consecuencia, el suministro de estos materiales a la Unión Europa se encuentra también muy concentrado. Por ejemplo, el 98% de las Tierras Raras que importa la Unión Europea proviene de China y el 98% del Borato procede de Turquía. En la Figura 2 pueden observarse la procedencia porcentual de las materias primas fundamentales que se consumen en la Unión Europea.

En términos generales, el porcentaje de dependencia de la UE en relación con las importaciones de la mayoría de los metales (fundamentales o no) varía entre el 75% y el 100%.

Cabe destacar que este tipo de estudio no es nuevo en la UE. Ya en 2011, en el marco de los Programas de la UE "Horizonte 2020" y posteriormente "Horizonte Europa", se empezó a alertar de la dependencia que tenía el conjunto de la UE para una serie de materiales estratégicos para la economía. Así, en 2011, se determinó que 14 materiales entraban dentro de esta categoría, pasando a 20 en su primera revisión de 2014 y a 27 en la revisión de 2017. Vemos pues como tras cada revisión, el número de materiales que se ha ido incorporando ha ido creciendo, lo cual refuerza lo anteriormente dicho en cuanto a las previsiones hechas para las próximas décadas.

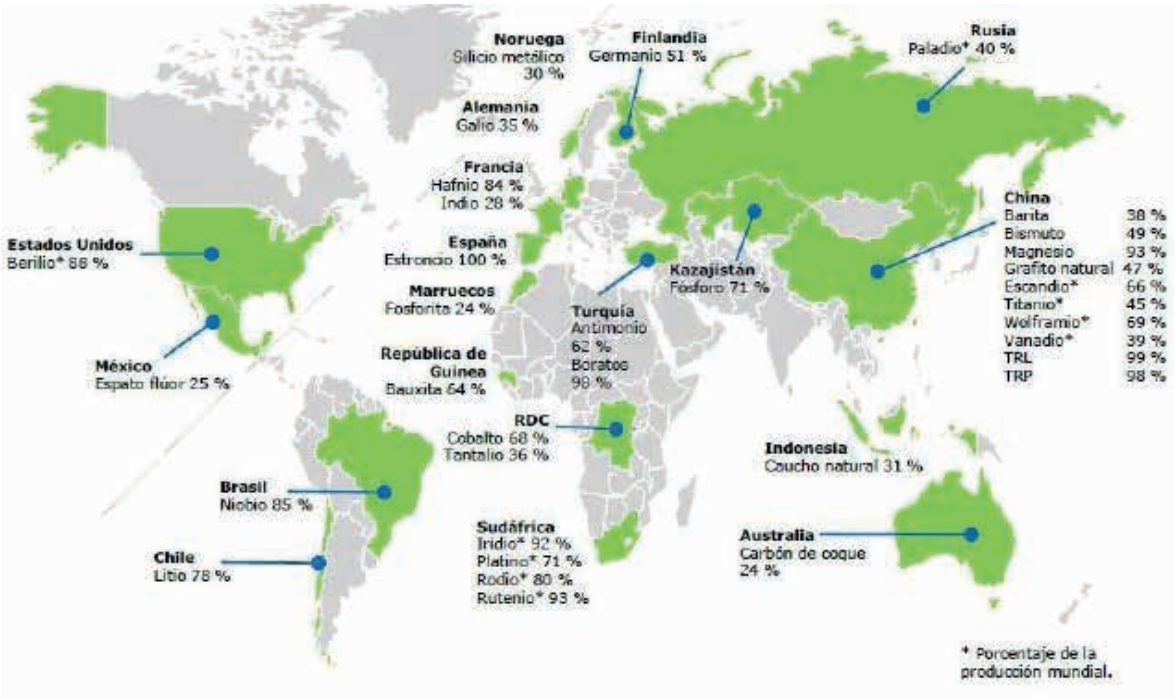


Figura 2. Principales países proveedores de Materias Primas Fundamentales a la UE.

La UE está intentando planificar y prever sus necesidades de materias primas fundamentales de aquí a 2030 y 2050 con la mirada puesta en lograr una economía digital y climáticamente neutra.

Y fue también a partir de 2011 cuando la UE, dentro de su estrategia de contrarrestar su dependencia de este tipo de materiales, empezó a recomendar a los estados miembros sobre la necesidad de promover la investigación minera dentro de sus territorios para la búsqueda de yacimientos de minerales incluidos en la lista. Además, aconsejaba establecer medidas de protección del yacimiento para aquellos casos en que la investigación fuera positiva, en aras de asegurar que su explotación fuera posible en un futuro próximo.

Más tarde veremos qué hemos hecho en nuestro país al respecto, aunque como cualquier persona relacionada con el sector minero puede intuir, el balance es realmente pobre.

Así, la UE está intentando planificar y prever sus necesidades de materias primas fundamentales de aquí a 2030 y 2050 con la mirada puesta en lograr una economía digital y climáticamente neutra. Veamos cuáles son las líneas estratégicas sobre las que se piensa actuar:

1. Desarrollar cadenas de valor resilientes para los ecosistemas industriales de la UE.

2. Reducir la dependencia de materias primas fundamentales originales a través del uso circular de los recursos, la sostenibilidad y la innovación.

3. Diversificar el suministro sostenible y responsable desde terceros países.

4. Fortalecer el abastecimiento y la transformación de materiales a escala interna en la UE.

En cuanto al primero de los ejes de actuación, en el sentido de desarrollar cadenas de valor resilientes para los ecosistemas industriales de la UE, hace referencia a la problemática que para determinados materiales sucede que si bien son extraídos en explotaciones situadas dentro de la UE (como el Litio), éstos deben abandonar el continente para su transformación, reciclaje, refinado y/o separación.

Estas carencias, acaban afectando gravemente a los ecosistemas industriales europeos pues el abastecimiento de estos materiales sigue sin estar asegurado a lo largo de toda la cadena de valor. La nueva estrategia industrial propone establecer nuevas alianzas industriales en los que intervengan todas las partes interesadas (estados miembros, sector industrial, sociedad civil, sindicatos, inversores, diferentes ONG, centros de tecnología…) de manera que se pueda asegurar no solo la explotación de los recursos de forma sostenible y responsable sino también su transformación, transporte, suministro, etc.

Especialmente significativa ha sido la interrupción de muchas de las cadenas de suministro de algunos materiales durante estos últimos meses por la pandemia mundial de la Covid-19, que no ha hecho más que dar luz a las carencias a las que venimos haciendo referencia.

La segunda línea de actuación, es decir, "Reducir la dependencia de materias primas fundamentales originales a través del uso circular de los recursos, la sostenibilidad y la innovación", se sostiene en dos partes diferenciadas.

Por un lado, alcanzar un alto grado de economía circular comporta darle una segunda o tercera vida a los recursos con los que fabricamos los componentes y los bienes que consumimos. A nadie se le escapa que, a lo largo de estos últimos años, el porcentaje de materiales reciclados y reutilizados ha aumentado considerablemente. Sin embargo, todavía queda un recorrido enorme que debemos completar.

Lo que se ha venido a denominar "Landfill mining" o Minería de Vertedero va en esa direc-

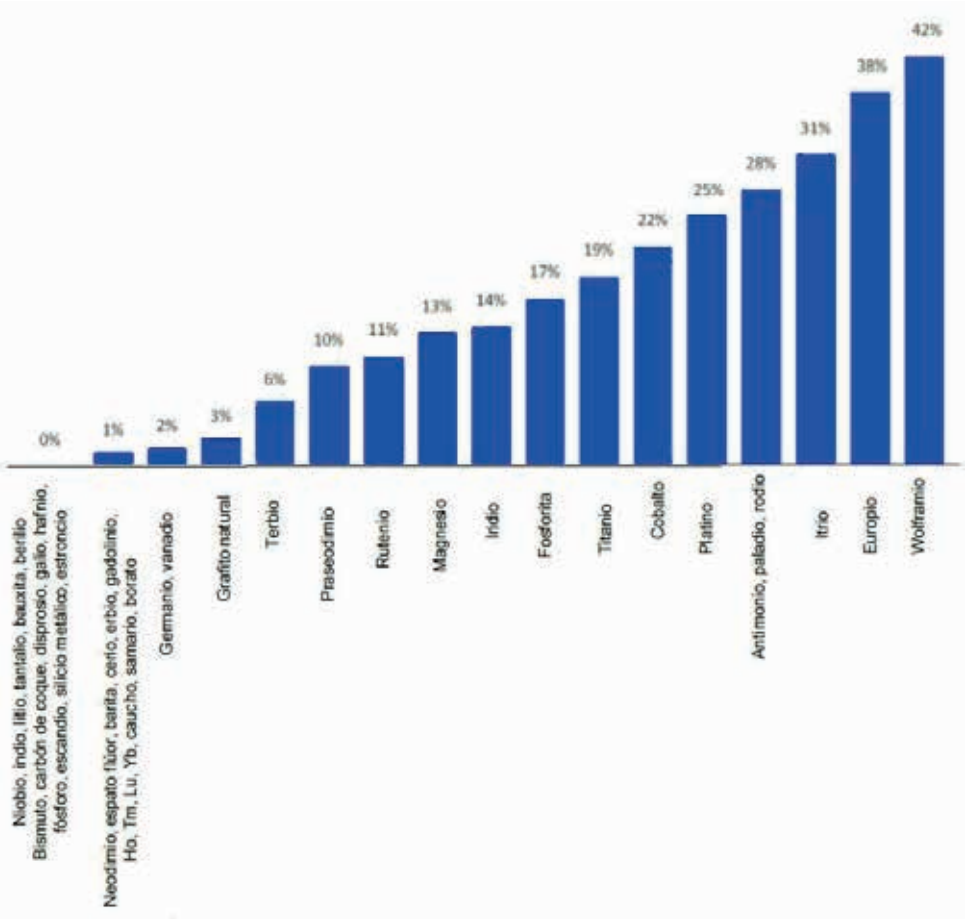


Figura 3. Porcentaje de contribución de los materiales recuperados respecto a su demanda total.

ción. Existen muchas explotaciones que antaño hacían grandes acopios de materiales que para ellos constituían un rechazo y en muchas ocasiones, estos materiales contienen un porcentaje suficientemente alto de minerales considerados fundamentales, que hoy presentan una oportunidad de aprovechamiento.

También se pretende potenciar este tipo Minería de recuperación en vertederos o en depósitos de residuos urbanos controlados a los que les llega una infinidad de chatarra y residuos con componentes que contienen elementos fabricados a partir de materias primas fundamentales. En nuestro país contamos ya con un primer proyecto en marcha en Clariana del Cardoner en la provincia de Barcelona que ya está en funcionamiento.

Ciertamente, Europa está en primera línea en esta nueva concepción de la economía, y ya recuperamos el 50% del hierro, el zinc o el platino que se consume en la UE. Este ejercicio responsable del uso de los recursos del planeta ayuda, pero no es suficiente para nuestros crecientes niveles de consumo. Para hacernos una idea, el 50% de estos metales a los que les aumentamos su vida útil representa actualmente un 25% del consumo total. Desgraciadamente, el grado de recuperación de otras materias primas fundamentales es únicamente marginal.

En el gráfico de la Figura 3 podemos ver el porcentaje de contribución de los materiales recuperados respecto a su demanda total.

La otra línea de actuación dentro de esta categoría consiste en la sustitución de una materia prima fundamental por otro material no fundamental que aporte propiedades similares a la primera. Para ello, hace falta una importante inversión en investigación de nuevos usos de los materiales y nuevos diseños de los componentes con los que se fabrican.

En cuanto a “Diversificar el suministro sostenible y responsable desde terceros países”, me parece sin duda algo lógicamente necesario si se quiere reducir el riesgo de desabastecimiento de este tipo de materias primas. Diversificar el suministro, comporta diversificar el riesgo.

Así, la UE necesita conseguir acuerdos comerciales con terceros países ricos en este tipo de materiales. El abanico es amplio. Existen desde grandes países con una industria minera altamente tecnificada como Australia o Canadá, hasta países en desarrollo en África y América Latina.

No obstante, me parece que esta es una guerra perdida. O al menos la hemos estado perdiendo desde hace años con otras potencias con elevadísimos consumos de materias primas fundamentales. Como a nadie se le escapa, me estoy refiriendo a China y a los EE.UU. Efectivamente, desde hace demasiados años, que las acciones comerciales que estas dos superpotencias han venido desarrollando en este tipo de países en desarrollo ha limitado el recorrido de la UE para la consecución de este objetivo.

Por otro lado, y para complicar todavía más si cabe el alcanzar acuerdos comerciales con países en vías de desarrollo, encontramos la firme voluntad de la UE que este tipo de abastecimiento de materiales que proviene de terceros países, cuente en origen con la debida responsabilidad en lo referente a cuestiones ambientales y sociales. En este sentido, la Asociación Europea para un Comercio Responsable de Minerales colabora con las explotaciones mineras a cumplir con los estándares de sostenibilidad que establece. Cuando decíamos que la batalla de alcanzar acuerdos comerciales con terceros países la estábamos perdiendo desde hace años, hacíamos referencia a la duda razonable que planea sobre las otras superpotencias a la hora de exigir los mismos criterios de sostenibilidad para los materiales que importan.

Vaya por delante, que no estoy en contra que la UE se quiera asegurar que las materias primas que consume, procedan de donde procedan, cumplan a lo largo de toda su cadena de valor, con los requisitos de sostenibilidad que se le exige a cualquier explotación que esté ubicada dentro de la UE. Cuando hablamos de sostenibilidad, lo hacemos en el sentido más amplio del término. De hecho, la UE pretende velar no solo por el cumplimiento de unos estándares de cuidado ambiental durante la vida útil de las explotaciones o de sus plantas de tratamiento y transformación, también se analizan las condiciones sociales (explotación y seguridad laboral, trabajo infantil, …) y el cumplimiento de los Indicadores Mundiales de Gobernanza (IMG) que evalúan aspectos como la estabilidad política, la ausencia de violencia, la seguridad jurídica, la corrupción, …

Como decía, estoy totalmente a favor que dichos condicionantes se tengan muy en cuenta a la hora de establecer acuerdos comerciales con estos países. Aunque me temo que ello nos lleva a perder la batalla con otras potencias consumidoras de estos materiales y que no les importe tanto el cumplimiento en origen de los Indicadores Mundiales de Gobernanza.

Tanto es así, que de no hacerlo estaríamos condenando a los materiales extraídos dentro de la UE a no poder competir en igualdad de condiciones. Pero desgraciadamente eso no es lo peor. Es patente la hipocresía de las sociedades del primer mundo, que con demasiada frecuencia se niegan a permitir explotaciones en sus territorios con el argumento del alto coste ambiental o social, pero al mismo tiempo no quieren renunciar a consumir bienes (como por ejemplo un Smartphone) que se han fabricado con materiales extraídos en pequeñas minas del tercer mundo, muchísimo más contaminantes, a menudo explotando a niños y para el único beneficio de unas pocas élites corruptas que gobiernan por y para su único interés. Quizás si fuéramos conocedores de todos estos condicionantes, y asumiéramos que el impacto ambiental que genera la acción del hombre hay que medirla en términos mundiales si realmente queremos preservar el planeta para las generaciones venideras, cambiaríamos nuestra posición egoísta y demagógica al negarnos a convivir con las molestias de algunas actividades como la minería, pero sin renunciar a las altas cotas del estado del bienestar en el que vivimos.

Y por fin llegamos al último de los ejes de actuación, que no es otro que el "Suministro de materias primas fundamentales procedentes de la UE". Desde mi punto de vista, este es, con toda seguridad, el factor que debería aportar una mayor resiliencia y autonomía al abastecimiento de este tipo de materiales a la UE.

Sabido es que Europa cuenta con una larga tradición minera y que disponemos de las mejores técnicas de explotación y recuperación de espacios afectados por actividades extractivas. Tenemos a los mejores especialistas en el campo de la minería y somos capaces de desarrollar la tecnología necesaria para acometer cualquier proyecto de estas características con todas las garantías.

Por otro lado, conocemos el potencial geológico que tenemos en nuestro subsuelo y ante esta situación de dependencia, es vital que sepamos aprovechar de forma sostenible los recursos de los que disponemos.

En la Figura 4 podemos ver los depósitos localizados de materias primas fundamentales en la EU.

Es importante destacar que el conocimiento que actualmente tenemos del subsuelo es todavía demasiado superficial y tiene carencias

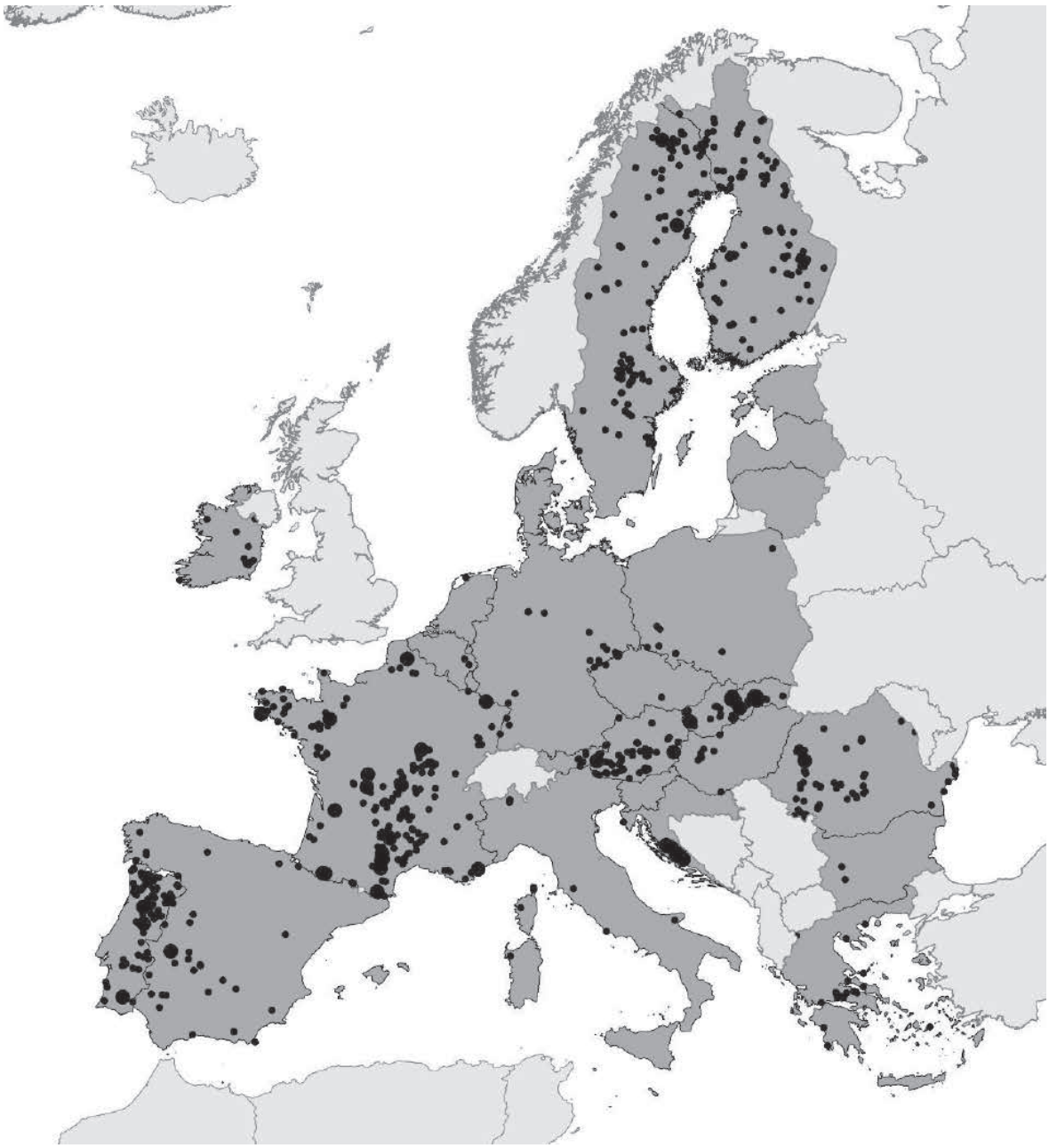


Figura 4. Depósitos localizados de materias primas fundamentales en la EU. Datos proporcionados por EuroGeoSurveys combinados con otras fuentes de datos de la UE.

El sistema de teledetección del programa europeo Copernicus de observación de la Tierra puede convertirse en una poderosa herramienta para identificar nuevos yacimientos de materias primas fundamentales.

cuando pretendemos conocer estratos más profundos. No obstante, el sistema de teledetección del programa europeo Copernicus de observación de la Tierra puede convertirse en una poderosa herramienta para identificar nuevos yacimientos de materias primas fundamentales.

En cualquier caso, si lo que se pretende es aprovechar el potencial geológico interno, es importante que tengamos claro que, hasta la fecha, salvo en contadas ocasiones, no se han podido llevar a cabo proyectos mineros para el aprovechamiento de estos depósitos. Los motivos que, según la UE, impiden la consecución de este objetivo son tres:

- La falta de inversión en exploración y minería.
- La dificultad de obtención de los permisos necesarios debido a los numerosos procedimientos burocráticos y la dilatación en el tiempo de dichos procedimientos.
- Los bajos niveles de aceptación por parte de la sociedad por lo que ha venido a denominarse como Efecto Nimby (Not in my backyard o No en mi patio trasero).

Personalmente, estoy convencido que los dos primeros motivos son una consecuencia del tercero. Efectivamente, la visión que a día de hoy permanece en el subconsciente colectivo en todo lo referente a la minería hace realmente complicado que un proyecto de este tipo pueda iniciar su fase operativa.

Nos encontramos ante un problema que a lo largo de los años ha ido a más. A medida que las sociedades modernas se hacían más participativas, más abiertas y más implicadas con todo lo que sucedía a su alrededor, han venido aumentando las dificultades para poner en marcha proyectos que la ciudadanía entiende como necesarios pero no los quiere cerca de sus casas por las molestias que piensan les puede ocasionar. Esto afecta no solo a proyectos del ámbito de la minería, también le afecta a un sinnúmero de proyectos industriales de alta envergadura, vertederos, incluso proyectos de energías renovables como parques eólicos y/o fotovoltaicos. También en instalaciones sociales como por ejemplo centros de drogodependencia o centros de menores extranjeros no acompañados, la oposición que padecen para instalarse en un sitio u otro, tiene mucho que ver con lo que comentábamos anteriormente.

Esta deriva, ha venido creciendo en la última década al mismo ritmo que lo hacía la capacidad de organización de la sociedad. En este sentido, las redes sociales no han ayudado a poner un punto de sentido común, sino que en muchos casos ha servido para la divulgación de argumentos demagógicos, cuando no directamente falsos, que rápidamente se expanden en estas redes.

Vaya por delante que no estamos en contra de la participación de la ciudadanía en aquellos proyectos que les puedan afectar directamente. Al contrario, ello puede utilizarse en su favor en muchos casos. Lo que sí está claro es que los promotores de este tipo de proyectos considerados molestos por la sociedad, tienen que cambiar su estrategia, haciendo especial hincapié en dos aspectos claves en estos casos; dominar la comunicación desde el primer minuto evitando que aquellos que se oponen al proyecto utilicen argumentos demagógicos o directamente falsos para soliviantar a los vecinos implicados (una vez que esto sucede se hace muy difícil convencerlos de lo contrario) y por otro lado tener bien pensado y presupuestado una batería de medi-

das compensatorias para la ciudadanía afectada por la actividad que se proyecta. Para los que vean en esta medida un intento de "comprar" el silencio de los vecinos, nada más lejos de la realidad. Como decíamos, de lo que se trata es de compensar las molestias que a veces este tipo de proyectos generan. Así, estas medidas deben ir dirigidas no únicamente al municipio donde se ubica el proyecto, sino que debe ampliarse a todo el territorio que se vea afectado por la actividad en cuestión. y esa compensación debe venir desde muchos flancos como puestos de trabajo, mejora de infraestructuras locales, inversiones sociales, etc...

Existen ya algunos casos de éxito en este sentido, en los que el promotor ha tomado la iniciativa comunicativa, hasta el punto que ya se ha adjudicado un nuevo acrónimo a esta tendencia como es el Efecto Yimby (Yes in my backyard) en el que los vecinos se convierten en los mejores valedores y defensores del proyecto. Obviamente, todavía estos casos son la excepción pero sirven muy bien para dejarnos claro el camino a seguir.

No cabe duda que otro de los problemas a los debemos hacer frente para solventar esta creciente dificultad de conseguir implantar proyectos de estas características, es como decíamos anteriormente, las dificultades y trabas administrativas que las sociedades modernas han creado con la intención de garantizar la bondad de los proyectos. Desgraciadamente, en nuestro país, la Ley del péndulo ha funcionado una vez más y hemos pasado de una época en la que las decisiones se tomaban por el artículo 33 y pobre del que protestara, a la actualidad en que la obsesión por crear un estado garantista ha comportado crear un estado que de facto impide que muchos proyectos salgan adelante. Para contrarrestar este efecto, la propia UE ha creado una comisión que trabaja en el Programa de Mejora de la Legislación que trabaja actualmente para identificar cuáles son los obstáculos que se encuentran estos grandes proyectos y que es necesario hacer para acelerar y facilitar los procedimientos vigentes. Ni que decir tiene que la UE y sus Estados miembros cuentan con un marco legislativo que garantiza que, una vez iniciado un proyecto minero, éste se desarrolla en las mejores condiciones ambientales y sociales. De hecho, la minería es hoy uno de los sectores económicos más regulados y controlados, y considero que es bueno que así siga siendo si queremos reivindicar nuestra importancia y nuestra profesionalidad.

Uno de los aspectos que deberíamos mejorar de la telaraña administrativa que se ha tejido alrededor de la minería, es lo concerniente al poder que se la ha otorgado a los Ayuntamientos para paralizar proyectos de esta índole.

En nuestro caso, uno de los aspectos que deberíamos mejorar de la telaraña administrativa que se ha tejido alrededor de la minería, es lo concerniente al poder que se la ha otorgado a los Ayuntamientos para paralizar proyectos de esta índole. La propia idiosincrasia municipal hace que éstos sean muy sensibles a las presiones de asociaciones municipales y plataformas. Además, nos encontramos ante proyectos que suelen tener una proyección temporal de varias décadas, mientras que el horizonte temporal de un alcalde suele ser cuatro u ocho años, con lo que prefieren no tener que enfrentarse a la fácil y demagógica oposición que seguro le harán el resto de grupos del consistorio.

Si bien es cierto que, desde que el Estado Central transfirió las competencias en minería y en medio ambiente, las autorizaciones sustantivas necesarias para iniciar una explotación dependen de la Comunidad Autónoma corres-

pondiente, todavía hay algunos permisos que dependen del Ayuntamiento implicado, especialmente los relacionados con el urbanismo, de manera que, en la práctica es muy difícil que una Comunidad Autónoma autorice un proyecto minero con la oposición del municipio.

Los ejemplos de proyectos mineros que cumplen con las condiciones establecidas por la UE, y que a pesar de ello no ha sido posible llevar a cabo en nuestro país en los últimos años, son numerosos. Demasiado numerosos. De hecho, exceptuando el magnífico impulso que la minería ha tomado en Andalucía estos dos últimos años, podemos decir que en el resto de España sigue siendo prácticamente imposible activar explotaciones de este tipo. Se da la circunstancia añadida en algunos casos, se ha llegado a denegar permisos de investigación para la búsqueda de materias primas fundamentales, lo cual me parece que es remar totalmente en contra de la estrategia de la UE al ni siquiera querer tener conocimiento de la riqueza que existe en nuestro subsuelo. Me parece que esta visión tan cortoplacista y poco valiente a la hora de afrontar el reto que supone para los políticos permitir la apertura de una explotación minera, la pagaremos en un futuro próximo.

Así, por mencionar solo algunos ejemplos, intentos de proyectos como una explotación de Litio en la provincia de Cáceres, una de Tierras Raras en la provincia de Vigo, una de Titanio en la provincia de Ciudad Real, o las de Wolframio en las provincias de Lleida y de A Coruña, o bien han quedado en el intento ya fracasado o bien todavía hoy siguen vencer la fuerte oposición que se han encontrado en los preliminares de su tramitación.

SÍNTESIS

A modo de síntesis de todo lo expuesto a lo largo del artículo, conviene que fijemos varias ideas que nos aportaran la clave de la situación de la UE al respecto de las materias primas fundamentales:

• La UE desde el 2011, viene elaborando una lista de materias primas fundamentales. Dicha lista ha ido creciendo tras cada revisión trianual, pasando de 14 a 30, a medida que se acentuaba la dependencia externa de estos materiales.

• La razón por la que se consideran fundamentales es que estos materiales son vitales para la economía en la nueva estrategia industrial de Europa para la transición hacia la neutralidad climática.

• Reducir la dependencia de estos materiales, se ha convertido en una cuestión estratégica para la UE, y por ello sigue insistiendo a sus Estados Miembros, sobre la importancia de investigar y proteger posibles yacimientos. Todas las previsiones realizadas aseguran que el consumo mundial de estas materias primas seguirá creciendo en las próximas décadas.

• La estrategia que está siguiendo la UE para asegurar el aprovisionamiento de estos materiales fundamentales se basa en cuatro ejes:

1. Desarrollar cadenas de valor resilientes para los ecosistemas industriales de la UE.
2. Reducir la dependencia de materias primas fundamentales originales a través del uso circular de los recursos, la sostenibilidad y la innovación.
3. Diversificar el suministro sostenible y responsable desde terceros países.
4. Fortalecer el abastecimiento y la transformación de materiales a escala interna en la UE.

• Hasta la fecha, esta estrategia está teniendo escaso éxito en nuestro país, especialmente en lo que se refiere al abastecimiento a escala interna de la UE. Las trabas administrativas y de oposición ciudadana a los proyectos de esta índole (Efecto Nimby) hacen que hoy día sea prácticamente imposible el aprovechamiento de la riqueza geológica que tenemos bajo nuestros pies.

• Para conseguir alcanzar una transición hacia la neutralidad climática, tenemos que cambiar la percepción que la sociedad tiene de la minería. Esta actividad es, y va a seguir siendo, indispensable para llegar a este objetivo. Hay que hacer un trabajo de concienciación a todos los agentes implicados, que promover y fomentar la actividad minera en la España del Siglo XXI, es más sostenible ambiental, social y económicamente que darle la espalda a una realidad que ya empieza a comprometer el futuro de las siguientes generaciones. ■

La minería sostenible en España

Sustainable Mining in Spain

José Rodríguez García–Viso. Graduado en Ingeniería de los Recursos Energéticos. Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales.

RESUMEN

El presente artículo, titulado "La Minería sostenible en España", viene a describir una visión general de la Minería actual desde el punto de vista de la sostenibilidad, indicando además las actuaciones que las empresas mineras deben realizar para cumplir con normativa estatal y europea para la gestión ordenada y equilibrada entre aspectos económicos y minimización de efectos medioambientales y sociales. La gestión minera sostenible, permite que la organización desarrolle un sistema para la mejora continua en el desempeño de criterios de sostenibilidad minera. Por su parte, el cumplimiento de la normativa estatal y europea tan estricta en materia de medio ambiente, hacen concluir que la minería a día de hoy es una alternativa viable.

ABSTRACT

The contents of this article, entitled "Sustainable mining in Spain", describe a general vision of the current Mining activity from a sustainability perspective. It also reflects the performances that mining companies should conduct in order to comply with the state and European regulations for the proper management regarding economical aspects as well as minimization of environmental and social effects. The sustainable mining management allows the organization to develop a system focused on improving the criteria for mining sustainability. For its part, complying with such a stringent state and European environmental regulations shows that, nowadays, mining activity is a viable alternative.

PALABARAS CLAVE: Minería sostenible, certificación, sistema de gestión minera sostenible, indicadores de sostenibilidad.

KEYWORDS: Sustainable mining, certification, sustainable mining management system, sustainability indicators.

Restauración de la Escombrera del Cerco de San Teodoro. Minas de Almadén (Ciudad Real)
Fuente: www.mayasa.es

INTRODUCCIÓN

Actualmente, si asociamos el cambio climático a la contaminación ambiental, podemos comprobar que existe una preocupación generalizada en todo el mundo. En referencia a esto, se suelen presentar algunas preguntas dirigidas a los distintos gobiernos para poder cuestionar las medidas a implantar para proteger el medio ambiente.

La actividad minera está entre las industrias más contaminantes, y es por ello que pueden surgir dudas sobre las decisiones adoptadas.

Aunque este sector suele estar en el centro del debate, no existen alternativas viables para sustituir a la minería, lo que nos lleva a plantearnos el concepto de "minería sostenible", entendiendo éste como "desarrollo de los recursos minerales y energéticos de un país, en tierra y en alta mar de una manera que se maximizan los beneficios económicos y sociales al tiempo que minimiza los impactos ambientales en la minería" (Departamento de Innovación, Industria, Ciencia e Investigación, 2019), concepto que abarca distintas prácticas que se aplican a la actividad minera con la finalidad de reducir su impacto ambiental.

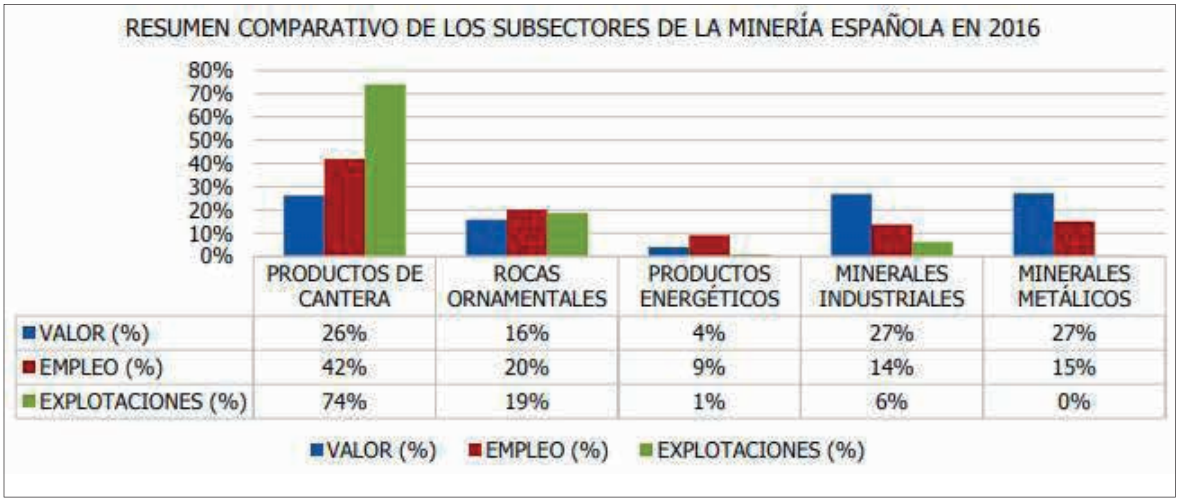
En estos tiempos de regulación energética ante la transición ecológica, la Minería permite que el desarrollo social y demográfico sea enteramente compatible con la protección de la naturaleza y el medio ambiente.

La implementación de tecnologías sostenibles tiene un efecto positivo y significativo en las implicaciones sociales, económicas y ambientales de la actividad minera.

Según la información que muestra el Panorama Minero 2017, elaborado con los últimos datos disponibles, correspondientes a 2016, en España, había a cierre de 2016 un total de 2.807 explotaciones, que generaron un valor de producción de 2.890 millones y una cifra de 29.520 empleos.

El sector con mayor número de explotaciones y con más peso en cuanto a empleo, es el de productos de cantera, con el 74% de las explotaciones y el 42% del empleo total, mientras que el valor de su producción es sólo un 26% del total. En el otro extremo se sitúa la minería metálica, que con tan solo seis explotaciones y el 15% de los empleos mineros, alcanza un valor similar al de los productos de cantera.

Si analizamos los datos por Comunidades Autónomas, las de mayor valor de producción minera desde 2010, siguen siendo Andalucía (minería metálica), Cataluña (minerales industriales), Castilla y León (minerales industriales) y Galicia (rocas ornamentales).



	PRODUCTOS DE CANTERA	ROCAS ORNAMENTALES	PRODUCTOS ENERGÉTICOS	MINERALES INDUSTRIALES	MINERALES METÁLICOS
VALOR (%)	26%	16%	4%	27%	27%
EMPLEO (%)	42%	20%	9%	14%	15%
EXPLOTACIONES (%)	74%	19%	1%	6%	0%

Resumen comparativo de los subsectores de la Minería Española en 2016.
Fuente: Estadística minera de España

Del total de las explotaciones, 1.308 millones del valor se generaron en Andalucía, seguida de Cataluña con 404 millones. Además, la Minería generó en España 29.640 empleos, de los cuales el 42% están relacionados con productos de cantera.

En los últimos 10 años, las pérdidas de empleo más acusadas se han registrado en la producción de cantera, y en la de carbón, y las menores en los minerales industriales y en los hidrocarburos. En la minería metálica el empleo ha crecido desde 2008.

La industria extractiva tiene un papel estratégico como suministrador al resto de la industria de muchas de las materias primas básicas para la sociedad moderna, de tal forma que las posibles dificultades en el suministro de estas materias primas minerales pueden afectar al funcionamiento de la actividad industrial.

La diversidad geológica de España hace que en el territorio existan yacimientos de muy diferentes rocas y minerales, lo que da lugar a una variada e importante producción minera.

Esta riqueza minera sitúa a España, dentro de la Unión Europea, como 2º- 3er productor de mineral de cobre, único productor de sepiolita y celestina, 1er productor de espato-flúor y de yeso, 2º de magnesita y de sales potásicas, y 6º de bentonita. La producción de roca ornamental es también muy destacada, siendo el primer productor de pizarra de techar.

En la minería actual, cada vez con mayor frecuencia, de una explotación se obtienen varias sustancias minerales, todas ellas de interés y con notable valor económico. Es el caso del uso de parte del mármol, inutilizable como roca ornamental, para la fabricación de carbonato cálcico cuando su calidad lo permite, 5 del yeso residual de la producción de alabastro, etc. A su vez, la demanda de determinados metales para las nuevas tecnologías y la aplicación de criterios de economía circular da lugar a la explotación de lo que hasta ahora se acumulaba en escombreras.

¿CÓMO OBTENEMOS LA CERTIFICACIÓN DE GESTIÓN MINERA SOSTENIBLE?

El objetivo fundamental de la operación minera es la extracción del mineral de la forma más económica y utilizando la mejor tecnología disponible. La minería es una actividad que tiene como resultado la disminución de los recursos disponibles que a menudo son escasos y situados en cualquier zona del planeta independientemente del desarrollo social donde se encuentren.

En este contexto toma relevancia que las empresas mineras desarrollen sus actividades y las gestionen de tal manera que haya un equilibrio entre los aspectos económicos y la minimización de sus efectos medioambientales y sociales.

Esto nos lleva a establecer un sistema de gestión minera sostenible, que permite que una organización desarrolle un sistema para la mejora continua en el desempeño de criterios de sostenibilidad minera.

La Norma UNE 22470 "Sistema de Gestión Minera Sostenible – Indicadores" y la Norma UNE 22480 "Sistema de Gestión Minera Sostenible – Requisitos", permiten realizar de manera sistemática el seguimiento y control de indicadores de sostenibilidad, útil para el establecimiento de objetivos de mejora continua que redunden en resultados más satisfactorios de los indicadores en ejercicios posteriores.

Estas normas responden a los tres principios básicos de la sostenibilidad que son:

- Eficiencia económica-financiera.
- Gestión medioambiental.
- Gestión ético-social.

Estas normas son de especial aplicación a las actividades de industrias extractivas, quedando fuera del ámbito de estas normas:

- Hidrocarburos líquidos y gaseosos.
- La investigación o explotación de estructuras subterráneas para su utilización como almacenamiento geológico de CO_2.

NORMA UNE 22470 "SISTEMA DE GESTIÓN MINERA SOSTENIBLE– INDICADORES

Certificación Gestión minera sostenible. Fuente: www.aenor.es

Tiene por objeto establecer los indicadores de tipo económico, social y ambiental para la evaluación de la implantación de un sistema de gestión minera sostenible.

Se establecen siete criterios para la evaluación de la gestión minera sostenible, de forma que cada uno de los indicadores cubre uno o más de uno de los citados criterios. Estos son:

1. Seguridad de suministro para la satisfacción de la demanda del producto en un entorno próximo, medio o lejano.
2. Utilización eficiente de los recursos naturales.
3. Aplicación de medidas para promover y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores.
4. Contribución al desarrollo económico de la comunidad.
5. Contribución al desarrollo social de la comunidad.
6. Rehabilitación del espacio natural afectado.
7. Aplicación de las mejores técnicas disponibles en la prevención y control integrados de la contaminación, así como en la gestión de residuos.

NORMA UNE 22480 "SISTEMA DE GESTIÓN MINERA SOSTENIBLE– REQUISITOS

Certificación Gestión minera sostenible. Fuente: www.aenor.es

Especifica los requisitos para un sistema de gestión minera sostenible, destinados a permitir organización desarrolle un sistema para la mejora continua en el desempeño de los criterios de sostenibilidad, que tenga en cuenta los requisitos legales y otros requisitos y la información relativa a aspectos de sostenibilidad significativos que la organización suscriba, independientemente del tipo de actividad minera.

Es aplicable para aquellos aspectos que la organización identifica que afectan al desempeño de la gestión minera sostenible y sobre los cuales la organización pueda controlar y tener influencia, y a cualquier organización que desee:

- Mejorar la eficiencia de sus procesos de forma sistemática.
- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión minera sostenible.
- Asegurar su conformidad con su política del sistema de gestión minera sostenible.
- Demostrar esta conformidad a otros.
- Buscar la certificación de sus sistemas de gestión minera sostenible por una organización externa.

MINERÍA SOSTENIBLE, COMPATIBLE CON RED NATURA 2000

Si partimos de la idea de que la extracción de minerales no es un problema para la conservación medioambiental, sino que puede ser una oportunidad, la industria extractiva europea puede convertirse en uno de los mejores aliados de la biodiversidad y de la conservación.

La Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, comúnmente denominada Directiva Hábitats, define la Red natura 2000 como una red ecológica europea de zonas especiales de conservación que deberá garantizar el mantenimiento o, en su caso, el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los hábitats naturales de interés comunitario y de los hábitats de las especies animales y vegetales de interés comunitario en su área de distribución natural.

Los espacios que forman parte de la Red Natura 2000 son de dos tipos:

- Las Zonas Especiales de Conservación (ZECs), designadas por los estados miembros de acuerdo con la Directiva hábitats.
- Las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs), ya designadas por los estados miembros con arreglo a las disposiciones de la Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres, pero a las que la Directiva Hábitats integra en la red europea.

Estas directivas, contemplan el hecho de que se pueden desarrollar actividades económicas en esos lugares, siempre que se garanticen los objetivos de conservación.

España ha designado sus áreas de Red Natura de acuerdo con criterios científicos y con la información disponible sobre biodiversidad. La superficie ocupada por la industria extractiva (0,01% de la superficie, según la Confederación de Industrias Extractivas de rocas y Minerales Industriales), es ínfima comparada con el 27% del territorio español que está declarado como área de la Red Natura 2000.

Así, la Red Natura 2000, ofrece nuevas oportunidades para el desarrollo de actividades productivas tradicionales (siendo la extractiva la más tradicional de todas), actividades recreativas y turísticas. Existe un consenso amplio entre los técnicos de medioambiente de la UE de que las actividades de minería sostenible tienen cabida en los espacios Red Natura 2000. De hecho, la Comisión Europea cuenta con una "Guía sobre Industria extractiva no energética y Red Natura 2000" donde se detalla el procedimiento aplicable para la autorización de nuevas explotaciones mineras en dichas áreas.

Espacios Red Natura 2000 en España.
Fuente: www.wwf.es

En España y en Europa existen numerosos casos de éxito de explotaciones que han sido rehabilitadas y se han convertido en áreas integradas dentro de la propia Red Natura 2000,

mejorando incluso la calificación de protección preexistente en la zona.

En la siguiente fotografía, se observa la mina a cielo abierto de "El Entredicho", la presa que se hizo para desviar el cauce del río Valdeazogues y el túnel por donde actualmente discurre el río.

Mina a cielo abierto "El Entredicho" (Minas de Almadén). Fuente: José Rodríguez Puerto

En Europa existen casi 30.000 explotaciones extractivas, y casi una cuarta parte de ellas se encuentra en espacios designados como de especial protección como Red Natura 2000, lo que demuestra el gran potencial para contribuir positivamente a la conservación de la naturaleza. La extracción de rocas y minerales no sólo no es perjudicial para su entorno, sino que puede ser beneficiosa cuando se gestiona convenientemente.

Hay una gran cantidad de ejemplos de convivencia y compatibilidad de las actividades mineras con la naturaleza en España, como la creación de humedales aptos para diferentes especies de anfibios y aves tras la rehabilitación de las canteras, o acantilados que ofrecen zonas de anidamiento idóneas a las aves.

Las canteras a cielo abierto pueden constituir asimismo un hábitat adecuado para insectos y reptiles así como las galerías y pozos abandonados que se ha comprobado que pueden ser colonizadas por colonias de murciélagos.

LAS EMPRESAS MINERAS Y SUS TRABAJADORES CON LA BIODIVERSIDAD

Durante la fase de explotación de la mina o cantera es muy frecuente encontrar numerosas especies que coexisten con la presencia de trabajadores, maquinaria pesada y ruido. Para ello, las técnicas mineras empleadas deben adaptarse a proteger la biodiversidad y el hábitat existente, con el asesoramiento de expertos.

Además, la presencia de una empresa minera ejerce una labor de protección y vigilancia de esa parte del territorio de otras actividades humanas. Los recintos mineros no pueden ser transitados por turistas o por vehículos de ningún tipo, y también están excluidas de los cotos de caza, por lo que suelen convertirse en refugio de la fauna amenazada.

Por otra parte, cada día son más las empresas que cooperan proactivamente con organizaciones medioambientales, universidades, centros de investigación y otros agentes sociales en la mejora del conocimiento científico sobre la biodiversidad de las canteras, pues las explotaciones son un campo de trabajo para su estudio.

La minería en España es una actividad muy regulada y controlada desde el punto de vista medioambiental, que requiere desde estrictos estudios de impacto para autorizar los proyectos, hasta avales financieros para la restauración posterior de los espacios afectados.

No podemos olvidar que la mayoría de cosas de las que disponemos en nuestra vida cotidiana, tales como teléfonos móviles que emplean minerales como el coltán, vehículos fabricados con hierro, aluminio, que se mueven con petróleo por carreteras fabricadas con áridos, etc…, proceden de la industria minera.

Por todo ello podemos concluir, que hoy día es posible y necesario hacer Minería a gran escala sostenible, responsable y respetuosa con el medio ambiente. Más ahora con esta crisis en la que nos encontramos y que necesitamos actividad industrial propia. ■

BIBLIOGRAFÍA

- http://revistasupuestos.com/desarrollo/2019/6/25/minera-sostenible-una-alternativa-viable
- Panorama Minero 2017
- Estadística Minera de España 2017
- Norma UNE 22480
- Norma UNE 22470
- https://minariasostible.gal/es/la-mineria-sostenible-compatible-con-la-red-natura-2000/

El comulonimbus como una variedad de plasma. Frecuencia de una nube de tormenta y su influencia al paso de ondas electromagnéticas

Aníbal Seminario García. Graduado en Ingeniería de Recursos Mineros y Energéticos. Máster en Ciencias y Tecnología de los Materiales. Doctor en Materiales por la Universidad de Oviedo.

Este artículo está basado en otro publicado en la revista Colminas en noviembre 2015 [7]. Con este estudio se pretende demostrar que una nube de tormenta tiene cierto parecido a un plasma. El Comulonimbus es una nube de gran desarrollo vertical que está compuesta de una serie de células bastantes juntas y casi independientes entre sí. Una célula es un volumen de aire limitado en la dirección horizontal y vertical en la cual ocurren procesos de corrientes ascendentes y descendentes de aire tibio y húmedo [1]. En este proceso se producen choques entre partículas de agua y hielo dando origen a cargas positivas y negativas.

Palabras clave: seguridad, puertos, autoprotección, protección, infraestructuras críticas

1. INTRODUCCIÓN.

En general las cargas positivas se sitúan en la parte superior de la nube y las negativas en la zona inferior, a excepción de una pequeña región donde se concentran cargas positivas. A continuación se describe varios modelos que explican la estructura dipolar de una nube de tormenta:

- Hipótesis de la Precipitación: propuesta por los físicos Julios Ulster y Hans Gaite en 1881.

Este modelo se basa en que las gotas grandes caen por gravedad mientras que las pequeñas permanecen en suspensión en el aire. Las colisiones e impactos entre partículas hacen que se carguen eléctricamente, de forma que las gotas grandes se carguen negativamente y debido a su peso pasan a la parte inferior de la nube, mientras que las partículas pequeñas pierden electrones, cargándose positivamente subiendo a la parte superior de la nube por corrientes ascendentes.

- Hipótesis de la Convección: este modelo lo formuló Gastón Gente y Bernard Vane Guti (1947 y 1953).

Esta teoría nos dice que las cargas negativas y positivas vienen de dos fuentes: una procede de los rayos cósmicos y la otra de los campos eléctricos originados en tierra. Los rayos cósmicos inciden sobre las moléculas de aire situadas por encima de la nube ionizándolas dando lugar a cargas positivas y negativas. Por otra parte el campo eléctrico originado por las zonas puntiagudas de la superficie terrestre originan iones positivos que son arrastrados por el aire caliente hacia la zona superior de la nube, como en la cinta de Van de Graf (8).

Los iones positivos atraen a los negativos, formados por la acción de los rayos cósmicos, los cuales penetran en las gotas o cristales de hielo adquiriendo carga negativa. Éstas debido a corrientes descendentes en la periferia de la nube son transportadas hasta su base quedando cargada negativamente. De esta forma la nube queda como un dipolo eléctrico positivo.

Actualmente gracias a los científicos Mallan, Schonland y Kasemir (2) (3) y (4) se establece una estructura de nube de tormenta tripolar. Esta nueva configuración consta de una región de carga positiva en el centro, con otra de cargas positivas encima y una tercera de menos cuantía por debajo. La característica más notable de la zona con carga negativa es su forma de torta, cuyo espesor alcanza los 1000 m y de extensión en función del diámetro de la nube. La zona está situada a unos 5 o 6 km de la superficie terrestre con temperaturas de –15ºC.

Una vez formada la separación de cargas se originan grandes campos eléctricos que llegan a superar la rigidez dieléctrica local produciéndose la descarga.

Denominamos rayos a la descarga entre nube y tierra, que se inicia y progresa en forma de guía transportando corriente negativa de miles de amperios. Cuando está cerca de la tierra (del orden de 100 a 200 m de distancia) se inicia desde el suelo una chispa o guía ascendente, de carga positiva, en busca del rayo descendente. Una vez que se juntan bajan por el canal de descarga miles de amperios (entre 10 K_A a 100 K_A).

Se llama relámpago a las descargas dentro de la propia nube, suelen ser más frecuentes y extensas.

2. FRECUENCIA DELA NUBE

Estas reflexiones están basadas en las vibraciones del plasma expuesto por Richard Feynman, Robert B. Leighton y Matthew Sands (6) en su volumen dedicado a electromagnetismo y materia.

Se pretende explicar cómo la nube de tormenta se comporta, a veces, como un plasma capaz de alterar el paso de ondas electromagnéticas.

Una vez cargada la nube con sus respectivos polos positivo y negativo denominaremos:

a) Densidad volumétrica de carga+ a la cantidad de carga positiva por unidad de volumen. Estas partículas cargadas se van acumulando en la parte superior de la nube. En esa región tenemos:

$$\boldsymbol{\varphi_{v_i}^{+} = \frac{n_0^{+}}{v_i} \cdot q} \qquad (1)$$

$\varphi_{v_i}^{+}$ = densidad volumétrica de carga positiva

n_0^{+} = número de partículas positivas

v_i = volumen inicial, que equivale a: $v_i = \Delta z$ siendo s = área de la base de la nube.

q = carga eléctrica de la partícula

La expresión anterior queda:

$$\boldsymbol{\varphi_{v_i}^{+} = \frac{n_0^{+} \cdot q}{s \cdot \Delta z}} \qquad (2)$$

b) Densidad volumétrica de carga–: cantidad de carga negativa por unidad de volumen. Estas partículas se concentran en la zona inferior de la nube o en la zona intermedia.

$$\boldsymbol{\varphi_{v_i}^{-} = \frac{n_0^{-} \cdot q}{\Delta z \cdot s}} \qquad (3)$$

$\varphi_{v_i}^{-}$ = densidad volumétrica de carga negativa

n_0^{-} = número de partículas negativas

v_i = volumen inicial igual al producto $\Delta z \cdot s$; siendo s = superficie de la base nube.

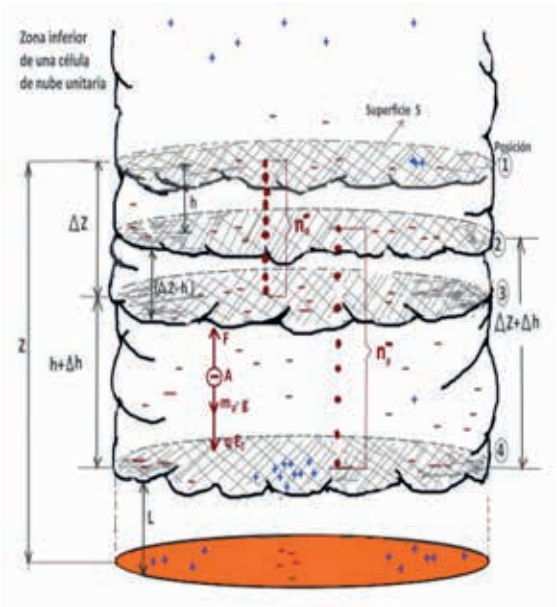


Figura 1. Comportamiento de las cargas negativas en la zona inferior de la nube.

En adelante nos situaremos en la parte inferior de la nube de carga negativa tal y como indica la figura 1.

La nube se va extendiendo según el eje vertical Z y llegará un momento que alcance la posición (4), en ese instante tenemos:

$$\boldsymbol{\varphi_{v_f}^{-}} = \frac{\boldsymbol{n_0^{-} \cdot q}}{\boldsymbol{s \cdot (\Delta Z + \Delta h)}} \qquad (4)$$

Definimos el número de partículas negativas (n_0^-) como:

$$n_0^- = n_p \cdot \Delta z \qquad (5)$$

Donde $\boldsymbol{n_p}$ = número de partículas negativas por unidad de longitud.

Sustituyendo el valor de n_0^- en (3) y (4) obtenemos respectivamente:

$$\varphi_{v_i}^{-} = \frac{n_p}{s} \cdot q \quad \text{y} \quad \varphi_{v_f}^{-} = \frac{n_p \cdot \Delta z \cdot q}{s \cdot (\Delta z + \Delta h)} \;;$$

la diferencia de densidades φ_v^- es

$$\varphi_v^- = \varphi_{v_i}^- - \varphi_{v_f}^- = \frac{n_p}{s} \cdot q - \frac{n_p \cdot \Delta z}{s \cdot (\Delta z + \Delta h)} \cdot q \;;$$

haciendo operaciones se llega

$$\varphi_v^- = \frac{n_p \cdot q}{s} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \Delta h / \Delta z}\right) = \frac{n_p \cdot q}{s} \cdot$$

$$[1 - (1 + \Delta h / \Delta z)^{-1}] \,,$$

según el binomio de Newton, el valor: $(1 + \Delta h / \Delta z)^{-1} \sim (1 - \Delta h / \Delta z)$.

La densidad volumétrica queda:

$$\varphi_v^- = \frac{n_p \cdot q}{s} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta z} \,,$$

pasando a diferenciales obtenemos finalmente

$$\boldsymbol{\varphi_v^-} = \frac{\boldsymbol{n_p \cdot q}}{\boldsymbol{s}} \cdot \frac{\boldsymbol{dh}}{\boldsymbol{dz}} \qquad (6)$$

Según Maxwell la divergencia del campo eléctrico es:

$$\nabla \cdot E = \frac{\varphi_v}{\varepsilon_0} \qquad (7)$$

En el caso de una nube de tormenta sólo consideraremos la componente vertical, por tanto, la expresión de Maxwell queda:

$$\frac{dE_z}{dz} = \frac{-\varphi_v}{\varepsilon_0} \qquad (8)$$

Sustituyendo la densidad volumétrica por su valor tenemos:

$$\frac{dE_z}{dz} = -\frac{n_p \cdot q}{\varepsilon_0 \cdot s} \cdot \frac{dh}{dz} \;\rightarrow\; dE_z = -\frac{n_p \cdot q}{\varepsilon_0 \cdot s} \cdot dh$$

Integrando

$$E_z = -\int \frac{n_p \cdot q}{\varepsilon_0 \cdot s} \cdot dh = -\frac{n_p \cdot q}{\varepsilon_0 \cdot s} \cdot h + c_1$$

Para h = 0, el campo E_z es nulo pues suponemos que no hay cargas, por tanto $\mathbf{c_1} = 0$.

El campo eléctrico según el eje z:

$$\boldsymbol{E_z} = -\frac{\boldsymbol{n_v \cdot q}}{\boldsymbol{\varepsilon_0}} \cdot \boldsymbol{h} \qquad (9)$$

Donde $\boldsymbol{n_v} = \frac{\boldsymbol{n_p}}{\boldsymbol{s}}$

(número de partículas por unidad de volumen), h = distancia entre las posiciones (1) y (2) (ver figura 1).

En el punto "A" de la figura 1, una partícula cargada eléctricamente está sometida a una serie de fuerzas y son:

- –Peso de la propia partícula: **P** = **mp·g**, donde mp = masa de la partícula
- –Fuerza que ejerce el campo eléctrico sobre la partícula cargada: **Fq** =**q·Ez**
- –Fuerza que suministra la aceleración de las partículas cargadas debido a los fuertes vientos ascendentes (o descendentes) en el interior de la nube: $\mathbf{m_p \cdot a}$, donde a = aceleración.

En una posición de equilibrio tenemos:

$$q \cdot E_z + m_p \cdot g = m_p \cdot a$$

La fuerza del campo queda:

$$m_p \cdot (a - g) = q \cdot E_z \qquad (10)$$

La diferencia de las aceleraciones puede representarse como la variación de la velocidad respecto al tiempo en la zona inferior de la nube de longitud h; es decir:

$$\boldsymbol{m_p \cdot (a - g) = q \cdot E_z = m_p \cdot \frac{d^2 h}{dt^2}} \qquad (11)$$

(11)

Ecuación fundamental del desplazamiento de la partícula en el interior de la nube de tormenta.

Partiendo de la expresión (11) tenemos tres posibles igualdades y son:

- Primera igualdad: $q \cdot E_z = m_p \cdot \frac{d^2h}{dt^2}$

sustituyendo E_z por su valor en (9) y haciendo operaciones se llega a la siguiente ecuación diferencial

$$m_p \cdot \frac{d^2h}{dt^2} + \frac{n_p \cdot q^2}{\varepsilon_0 \cdot s} \cdot h = 0 \qquad (12)$$

Su resolución nos da el desplazamiento h de la partícula cargada, que resulta ser un movimiento oscilatorio armónico:

$$h = h_0 \cdot \cos w \cdot t + \frac{v_0}{w} \cdot \sin w \cdot t \qquad (13)$$

Derivando esta ecuación respecto al tiempo obtenemos la velocidad de la partícula

$$v = v_0 \cdot \cos w \cdot t - h_0 \cdot w \sin w \cdot t \qquad (14)$$

h = desplazamiento de la partícula
v = velocidad de la partícula
h_o = desplazamiento inicial de la partícula
v_o = velocidad inicial de la partícula
w = FRECUENCIA DEL PLASMA. Es un número característico del plasma que depende fundamentalmente del número de partículas por unidad de volumen, su valor es:

$$w = \sqrt{\frac{n_v \cdot q^2}{\varepsilon_0 \cdot m_p}} \qquad (15)$$

n_v = número de partículas/ volumen

La frecuencia w también puede considerarse como una particularidad de una nube de tormenta, por tanto cada vez que mencionemos la frecuencia de una nube coincide con la misma expresión que empleamos para describir la frecuencia del plasma.

Dependiendo del valor w habrá frecuencias de ondas electromagnéticas que atraviesen la nube fácilmente, mientras que otras se reflejan.

- Segunda igualdad: $m_p \cdot (a - g) = m_p \cdot \frac{d^2h}{dt^2}$;

; resolviendo esta ecuación diferencial se obtiene el siguiente resultado

$$h = (a - g) \cdot \frac{t^2}{2} + v_0 \cdot t + h_0 \qquad (16)$$

- Tercera igualdad: $m_p \cdot (a - g) = q \cdot E_z$;

sustituyendo E_z por su valor se llega a:

$$(a - g) = -w^2 \cdot h \qquad (17)$$

Sustituyendo esta expresión en la anterior (16) y despejando el desplazamiento h tenemos:

$$h = \frac{v_0 \cdot t + h_0}{1 + w^2 \cdot \frac{t^2}{2}} \qquad (18)$$

3. DESPLAZAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS CARGADAS EN EL SENO DE UNA NUBE.

Podemos resumir que el desplazamiento (h) de las partículas cargadas en un cumulonimbo sigue dos posibles trayectorias:

a) Según las reglas del movimiento oscilatorio armónico, el desplazamiento h se comporta según la expresión (13). El movimiento de las partículas en un plasma actúa tal y como indica la figura 2, se observa que con una frecuencia constante las vibraciones pueden mantenerse durante largos periodos de tiempo.

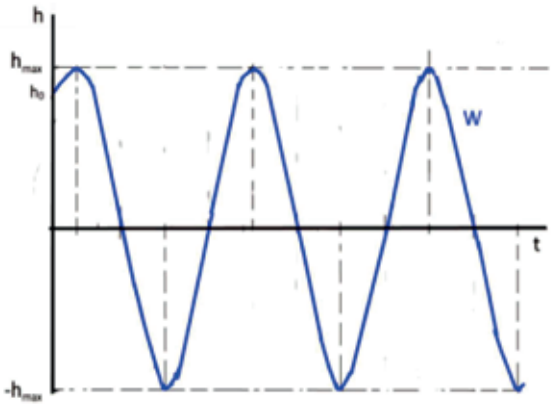


Figura 2. Movimiento oscilatorio armónico.

b) Las gotas siguen un movimiento no armónico. Las partículas están sometidas a varias fuerzas: la del viento, la del campo eléctrico y la del propio peso de la partícula. Del resultado de esta combinación se obtiene un desplazamiento que está en función de la frecuencia (w) y del tiempo (t) representado por la ecuación (18).

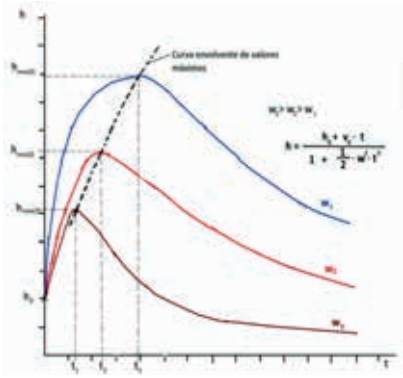


Figura 3. Desplazamiento de las partículas cargadas en el seno de una nube.

En realidad una nube no es un plasma donde las moléculas vibran. El movimiento de sus gotas se parece más al desarrollado en la figura (3). Además en el supuesto caso que no haya partículas cargadas eléctricamente, la frecuencia se hace nula y el desplazamiento se comporta linealmente siguiendo la ecuación general del movimiento:

$$h = h_0 + v \cdot t$$

El movimiento de un paquete de partículas cargadas en el seno de una nube de tormenta puede describirse de la siguiente manera (Figura 4):

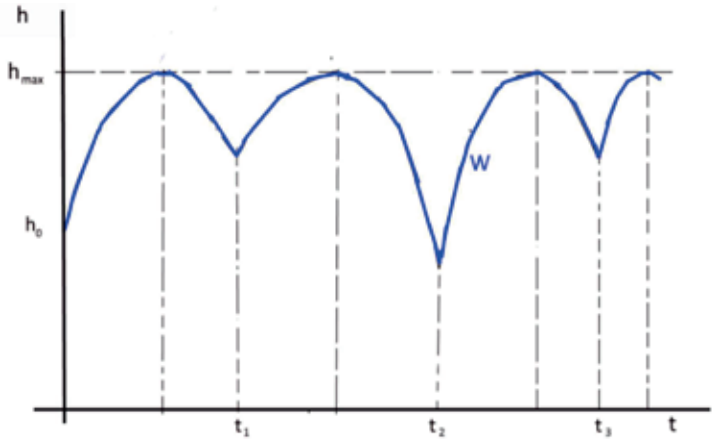


Figura 4. Movimiento de un paquete de partículas cargadas en una nube.

Partimos con un desplazamiento inicial (h_0) y una frecuencia (w) determinada. Las partículas se mueven alcanzando un máximo, a continuación su desplazamiento disminuye y al cabo de un tiempo breve t_1 vuelve a adquirir un nuevo impulso (bien por la acción de otro paquete de partícula o por el choque con otros) alcanzando su valor máximo h_{max} para descender en el tiempo t_2 , así sucesivamente hasta que se produzca la descarga en forma de rayo.

Una de las características de este comportamiento es su breve periodo de tiempo. Todos los intervalos: $\mathbf{t_1 - 0; t_2 - t_1; t_3 - t_2}$; etc. Son muy pequeños. También debemos reseñar que puede haber una variación en la frecuencia como consecuencia de un cambio en la densidad de partículas por unidad de volumen ($\boldsymbol{n_v}$), en cambio la unidad de carga ($\boldsymbol{q}$) se mantiene constante.

4. VALOR MÁXIMO DE DESPLAZAMIENTO.

Si calculamos los valores máximos, para un tiempo determinado, en los diferentes casos de movimiento, tenemos:

a) Para un movimiento oscilatorio armónico (plasma)

$$h_{max} = \left(h_0 + \frac{v_0^2}{h_0 \cdot w^2}\right) \cdot \cos\left(actg\,\frac{v_0}{h_0 \cdot w}\right) \quad (19)$$

b) Para un movimiento no armónico (nube)

$$h_{max} = \frac{h_0}{2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + 2 \cdot v_0^2 / h_0^2 \cdot w^2}\right) \quad (20)$$

Tanto si empleamos una expresión como la otra, para grandes frecuencias se tiende a desplazamientos pequeños (y periodos de tiempo cortos). Al contrario si la frecuencia disminuye, siendo esta muy pequeña, la amplitud se hace muy grande (lo mismo que para el periodo de tiempo), y a medida que tiende a cero el valor hmax se aproxima al infinito.

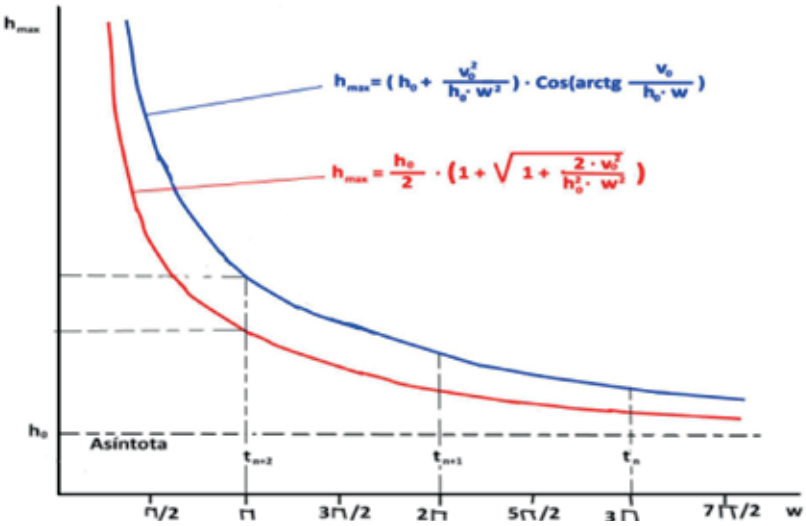


Figura 5. Desplazamiento máximo de partículas en un plasma y una nube.

Si hay muchas vibraciones (amplitud muy pequeña), la nube no deja pasar determinadas ondas electromagnéticas. Su comportamiento es como un muro que impide que ondas de menor frecuencia la atraviesen, en este caso las ondas se reflejan

Si hay pocas vibraciones, la amplitud es grande, lo más lógico es que las partículas o bien terminen en el suelo o se pierdan en las capas altas de la atmósfera, además no impiden el paso de ondas electromagnéticas.

Otro aspecto a tener en cuenta es la propia frecuencia (w) que está en función de dos parámetros: una es la concentración de partículas cargadas eléctricamente por unidad de volumen y cuanto mayor sea más vibraciones, la otra es la influencia del peso de la propia partícula, a mayor peso menor frecuencia.

5. CONCLUSIONES

Es de suponer que en una nube hay diferentes zonas con distintas concentraciones de partículas cargadas; es decir, existen varias frecuencias en una misma nube. Esta situación explicaría cómo, en grandes tormentas, dificulta la transmisión de ondas electromagnéticas y por consiguiente altera las redes de comunicación de baja y media frecuencia. ■

BIBLIOGRAFÍA

(1) Richard Feynman, Robert B. Leighton y Mattew Sands. "Física, Volumen II: Electromagnetismo y Materia". Pearson Educación. Capítulo 9, apartado 4. 1998.

(2) H. Torres" El rayo , mitos ,leyendas, Ciencia y Tecnología". Bogota, Unibiblos, 2002, 4110 p; pp. 67-69.

(3) Malan, D.J., Schonland, B.F.J.," Progressive Lightning Directly correlation photographyan electrical studics of lightning near fron thunderstorms, Proc.Rotal Society, Vol.A 191, London, 1947, pp. 513-523.

(4) Schonland, B.F.J.,"The Lightning Discharges", Handbuch der Physic, Springer-Verlag,Ed., ed Berlín, 1956, pp. 576-628.

(5) Earle R. Williams, "Investigación y Ciencia. Tema 12: La Atmósfera", 1998, artículo "Electrificación en tormentas", pp.42-52

(6) Richard Feynman, Robert B. Leighton y Mattew Sands. "Física, Volumen II: Electromagnetismo y Materia". Pearson Educación. Capítulo 7, apartado 7-3. 1998.

(7) Aníbal García seminario. "Tormentas Eléctricas: Frecuencia de la nube". Revista Colminas-Colegio de Ing.T. de Minas del Principado de Asturias-. Nº 31- Noviembre 2015, pp. 19-21.

(8) Francis W. Sears, "Fundamentos de Física II Electricidad y Magnetismo". Aguilar. Madrid 1958, pp. 77-79.

El travertino rojo de Mula: aportaciones a su geología y minería

Mula red travertine: contribution to its geological and mining knowledge

Boluda Gutierrez, M. Grado en Recursos Minerales y Energía
Robles-Arenas, V.M. Dra. CC. Geológicas. Universidad Politécnica de Cartagena. Área de Geodinámica externa.
García-García, C. Ingeniero Técnico en Explotación de Minas y en Sondeos y Prospecciones mineras. Dr. CC. Geológicas. Universidad Politécnica de Cartagena. Área de Geodinámica externa

RESUMEN
El travertino rojo de Mula ha sido extraído desde época romana hasta principios del siglo XX en periodos intermitentes. Este material procede de dos afloramientos situados en dos cerros denominados de Alcalá y la Almagra (Mula, Región de Murcia). Su singular coloración junto con sus buenas propiedades hídricas y mecánicas, han contribuido a su uso tanto en construcción como en obra pública en la comarca del río Mula. En este trabajo se presenta una revisión del conocimiento geológico de la zona con aportaciones propias, así como la caracterización geoquímica y cristalográfica de la roca. Además, se ha realizado una estimación del material extraído (193.920 m^3) y una evaluación del potencial yacimiento que permanece sin explotar (747.300 m^3). Actualmente, se encuentran ambos cerros bajo figuras de protección por lo que la reactivación de la actividad minera no es posible.

ABSTRACT
The red travertine from Mula has been mined from Roman times to the early 20th century in recurrent periods. This stone comes from two outcrops located on two hills, Alcalá and la Almagra (Mula, Region of Murcia). Its special colour with its hydric and mechanical properties have contributed to its use both in construction and in public works in the region of the Mula river. This paper shows a review of the geological knowledge of the area with own contributions, as well as the geochemical and crystallographic characterization of the rock. In addition, an estimation of the extracted material (193.920 m^3) and an evaluation of the potential deposit that remains in situ (747.300 m^3) have been done. Currently, both hills are protected sites, so the reactivation of mining activity is not possible.

PALABARAS CLAVE: travertino rojo, minería romana, cartografía, cerros Alcalá y la Almagra, patrimonio.

KEYWORDS: red travertine, roman mining, mapping, cerros Alcalá y la Almagra, heritage.

1. INTRODUCCIÓN

El travertino o toba calcárea es una roca sedimentaria, compuesta principalmente por la precipitación de carbonato cálcico y formada en ambientes continentales, que cuenta con unas propiedades mecánicas que la han convertido desde la antigüedad en una roca muy empleada en construcción gracias a su resistencia a los impactos, a la presión y al desgaste, pero a la vez, fácil de trabajar y transportar.

Los afloramientos de este material se reconocen en dos cerros testigo localizados dentro del término municipal de Mula (Región de Murcia), denominados cerro de Alcalá y cerro de la Almagra, reconociéndose solo en el segundo marcas de perforación, evidencias de una actividad minera relativamente reciente (Figura 1). Ambos cerros han sido declarados como Bienes de Interés Cultural (BIC) a consecuencia de los restos arqueológicos aparecidos sobre ellos. Evidencias de asentamientos poblacionales de épocas pasadas, favorecidos por su valor estratégico-defensivo, dada su altitud dominando la llanura y la disponibilidad de recursos hídricos, por proximidad al río Mula.

En concreto, el travertino rojo de Mula ha sido empleado en obra civil, monumental y privada durante aproximadamente los dos últimos milenios. Los indicios remontan el comienzo de la explotación de dicha roca a época romana, por ejemplo, se identifica fácilmente en el Teatro Romano de Cartagena. Las edificaciones más modernas donde se reconoce este material fueron construidas ya en el siglo XX.

Pero el uso de esta roca se ha sucedido de modo intermitente a lo largo de este periodo, identificándose en numerosas construcciones de la comarca del río Mula datadas en diversas épocas y con finalidades dispares, desde las villae romanas, pasando por la Acequia Mayor de origen musulmán, en iglesias y conventos de Edad Moderna, hasta en puentes construidos a principios del siglo XX para facilitar el acceso rodado a Mula y para la línea de ferrocarril Murcia-Caravaca.

Es oportuno mencionar en este apartado de introducción que en el término municipal de Mula y en las áreas más próximas a este trabajo se encuentran 4 Zonas de Especial Protección de Aves, 2 Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), 1 Espacios Naturales Protegidos (ENP), 1 Zona de Especial protección (ZEP) y 4 Lugares de interés geológico (LIG). Incluyéndose los afloramientos de travertino dentro del LIG denominado LIGMU-32 “Cerro testigo y travertinos de Puebla de Mula” definido en 1999 y revisado en 2018 estableciéndose el nuevo LIGMU-32 con la denominación de “Geodiversidad de La Puebla y Los Baños de Mula” (www.murcianatural.carm.es).

Figura 1. Marcas de perforación en el frente de extracción del cerro de la Almagra, al fondo de la imagen se observa en cerro de Alcalá.

El objetivo final, el cuarto de este trabajo, es contribuir a la puesta en valor del travertino rojo de Mula desde el punto de vista del patrimonio histórico-minero-geológico. En esta publicación se recoge parte de un trabajo fin de grado [1] y se centra en la presentación de los resultados del estudio mineralógico y químico de la roca llevado a cabo (primer objetivo), en la caracterización de los afloramientos (segundo objetivo) y en la estimación de volúmenes (tercer objetivo), tanto del travertino extraído como del que aún permanece en los afloramientos. La estimación del material extraído se ha realizado a partir de un catálogo-inventario de construcciones que emplean esta roca en la comarca del río Mula, que forma parte de este mismo trabajo fin de grado, y ha sido presentado en las XXVI Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia [2].

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Entorno geográfico, climatología e hidrología superficial

Los cerros de Alcalá y la Almagra se encuentran a unos 5 km al este de la ciudad Mula (Figura 2), situada en el centro de la Región de Murcia, en la denominada comarca del río Mula. La superficie del término municipal es de 634 km^2 y sus cotas topográficas varían entre los 300 msnm y la cumbre del pico de La Selva, en la sierra de Pedro Ponce (1.525 msnm), las cotas de los cerros oscilan entre los 250 y 260 msnm para el cerro de la Almagra y 364 msnm para el cerro de la Alcalá. Mula se encuentra rodeada en gran parte por un relieve montañoso subbético.

Los materiales que predominan en el paisaje son de origen sedimentario, margas, arcillas y calizas entre otros. La gran cantidad de terrenos margosos y la ausencia de vegetación favorecen la formación de barrancos, creando un paisaje donde predominan las estepas abarrancadas, junto con secos badlands (Figura 3). Pero debido a la presencia de niveles más competentes en las partes altas de los cerros permite la formación de las "muelas", tal y como se conocen localmente a los cerros testigo, como los de Alcalá y la Almagra.

En lo que respecta a los aspectos climáticos, mencionar que la temperatura media anual es de 16 °C aproximadamente, siendo los veranos calurosos con medias de 27°C y los inviernos fríos donde la media de temperatura es de 7°C [3]. Las precipitaciones son bastante irregulares y se concentran en los meses de abril y octubre, siendo julio el mes más seco, el valor de precipitación media anual es de 340 mm.

Los ríos que recorren el término municipal son el río Mula y Pliego, con sus nacimientos en Sierra Espuña y Bullas respectivamente. Ambos tienen un caudal escaso, aunque son de régimen torrencial y cuentan con un embalse en su curso antes de confluir para desembocar ya juntos en el río Segura.

El manto vegetal natural es escaso debido a la baja pluviosidad, se identifican pequeños matorrales compuestos por albardín, tomillo y esparto entre otros, salvo en las zonas de ribera de los ríos Mula y Pliego donde se identifican diversas variedades de freatofitas.

Figura 3. Vista de cerro de la Almagra, desde cerro de Alcalá, rodeado de un paisaje de badlands.

Figura 2. Situación de los afloramientos de travertino rojo sobre imagen de Google Earth.

2.2. Marco geológico

En términos geológicos los afloramientos de caliza travertínica se localizan dentro de la denominada cuenca Neógeno-Cuaternaria de Archena, subcuenca de la cuenca de Fortuna. Se trata de una zona tectónicamente activa y con manifestaciones hidrotermales como las de los Baños de Mula, Archena y Fortuna. Compuesta, como se ha indicado en el apartado anterior, mayoritariamente por un relleno detrítico, inicialmente de naturaleza marina y a continuación continental.

En el Mapa Geológico 1:50.000 no aparecen cartografiados los dos cerros objeto de estudio, el de la Almagra se representa como Cuaternario indiferenciado y el del Castillo como un nivel resistente del Terciario Superior (areniscas, calizas y conglomerados) [4].

El espesor máximo del travertino en el Cerro de la Almagra se aproxima a los 15 m, siendo esta zona de mayor espesor la sometida a la extracción de roca ornamental. Sobre el travertino aparecen más de 2 m de tobas y bajo la masa de travertino el material es detrítico y con tono rojizo debido al arrastre del componente ferruginoso. Se estima una extensión de unos 60.000 m^2 puesto que se encuentra cubierto en un sector del cerro [5 y 6].

En ambos cerros, por debajo de los travertinos, se encuentran margas, en el cerro de la Almagra de color gris azulado (Figura 3) y más blancas en las laderas del cerro de Alcalá (Figura 4). En el cerro de la Almagra, en la parte noreste, aparecen afloramientos de travertino muy meteorizado.

Sobre las superficies laterales de ambos cerros aparece un gran número de bloques desprendidos de los afloramientos, algunos por gravedad (incluso en algunos casos favorecido por la actividad sísmica, tal y como se describe en el siguiente apartado) y otros de manera provocada para la extracción de sillares de caliza travertínica (Figura 5).

Para entender la génesis de los travertinos es oportuno conocer la evolución del relleno de la cuenca [7]. Los materiales que se encuentran a la base son del Oligoceno, se trata de material detrítico de color rojizo del complejo Maláguide (zonas internas de las Cordilleras Béticas), se encuentra deformado, de tal manera, que los siguientes materiales se depositan conformando una discordancia angular (Figura 6).

Sobre estos materiales, discordantemente, se depositaron materiales detríticos en ambientes costeros y de plataforma marina, y de ambientes marinos más profundos hacia el centro de la cuenca, dando lugar a los potentes depósitos de margas anteriormente mencionados, donde se pueden identificar intercalados depósitos turbidíticos (areniscas).

Figura 5. Bloques desprendidos del frente del cerro de Alcalá.

Figura 4. Vista de la cara norte de Cerro de Alcalá, se observa su espesor y su posición sobre una gran masa de margas.

Figura 6. Discordancia angular entre los materiales maláguides y las margas y areniscas miocenas, con el cerro de Alcalá al fondo.

A continuación, la retirada del mar y el paso a una cuenca continental, queda registrado por la presencia de sedimentos fluvio-palustres (Plioceno-Pleistoceno), la transición la marca un nivel de margas amarillas, con conglomerados y areniscas, posiblemente ya continentales o de transición, sobre los que se depositan una importante formación detrítica de color rojo y gris, donde a techo se han encontrado afloramientos de gasterópodos lacustres. Las formaciones de travertino rojo corresponden a este episodio sedimentario.

Cubriendo todas las formaciones anteriores, incluidos los travertinos de meseta, objeto de estudio de este trabajo, se encuentran conglomerados formados por cantos de carbonatos, que pertenecen a la formación más superficial. Siendo posiblemente la última formación que cubrió esta cuenca sedimentaria. Serie que comenzó a erosionarse como resultado del encajamiento de la red fluvial, la cual permite observar todos los materiales citados, siendo la erosión diferencial la que ha permitido disponer de la formación de cerros testigos [8].

Figura 7. Travertino en cascada, imagen tomada al pie del cerro Alcalá.

Durante el Cuaternario se está produciendo una sedimentación fluvial, con la formación de terrazas fluviales, y de travertinos en cascada. Estos niveles son fácilmente identificables a los pies del cerro de la Almagra y a ambos márgenes del río Mula, el desarrollo de diferentes niveles es resultado del cambio del nivel de base de la cuenca y el consecuente encajamiento de la red fluvial, y, por tanto, del cambio de cota de surgencia de los manantiales (Figura 7).

La formación de los travertinos, tanto los de meseta como los de cascada, están íntimamente ligados a la presencia de surgencias de aguas subterránea, y en este caso concreto, las surgencias que han propiciado la formación de estos depósitos están favorecidas por la presencia de fallas.

Figura 8. Secuencia de imágenes aéreas del cerro de la Almagra correspondientes a los años 1997, 2002 y 2016, en las que se puede observar la evolución del desprendimiento en la ladera oeste. (Imágenes obtenidas de SITMurcia).

Por tanto, antes de entrar a caracterizar los manantiales, hay que hacer referencia a que la cuenca de Mula se sitúa sobre el contacto entre las zonas internas y externas de la Cordillera Bética contando con una sismicidad activa, tal y como evidencian los numerosos terremotos que se suceden en la zona, la mayoría de ellos no son sentidos por la población, pero sí son percibidos y documentados por el Instituto Geográfico Nacional. El terremoto más importante de las últimas décadas es el acaecido el día 2 de febrero de 1999, de magnitud 4,8, con epicentro en La Puebla de Mula y sentido en localidades como Castellón, Jaén y Albacete. Esta actividad sísmica también contribuye a la remodelación del paisaje tal y como hizo en 1999 [9] e ilustran las imágenes de la figura 8, donde se comprueba el desprendimiento de bloques favorecido por la sacudida sísmica, junto con la continuada erosión y, por supuesto, por la gravedad.

Las surgencias de aguas termales del entorno son resultado de la circulación profunda del agua subterránea gracias a la presencia de fallas, las cuales, han generado zonas de circulación preferencial resultado de la intersección de la falla de los Baños con otras de menor entidad. En concreto, el agua que brota en Los Baños actualmente presenta una temperatura 37 °C con una fuerte mineralización [10].

3. EL TRAVERTINO ROJO DE MULA

Los ambientes fluvio-lacustres afectados por aguas termales en zonas tectónicamente activas, son ambientes singulares por lo que presentan un gran interés sedimentario, petrológico y geoquímico y en muchos casos económico, dada la potencialidad de su explotación para extracción de roca ornamental. El caso del travertino rojo es de una singularidad mayor.

3.1. Características

El travertino es una roca sedimentaria carbonatada de precipitación química o bioquímica, y en el caso que nos ocupada, su rasgo textural fundamental es el bandeado, apreciable por el cambio de coloración, de espesor y de textura. El bandeado se debe a las diferentes texturas que presenta el carbonato que constituye cada capa. Los travertinos pueden contener los siguientes tipos de capas: capas de carbonato homogéneo de tamaño de cristal pequeño, capas micríticas; capas en las que predominan los meso y macrocristales y capas con micrita y microesparita correspondientes a estructuras biogénicas [5] y con mayor o menor presencia de otros componentes minoritarios como pueden ser los óxidos de hierro.

Esta roca tiene muy buenas propiedades mecánicas y comportamiento hídrico. La resistencia a la compresión es bastante elevada cuando la fuerza se realiza en dirección perpendicular al bandeado. Sus características texturales, muestran el predominio de niveles constituidos por cristales fibrosos y fibroso-radiados, con una fase cementante tardía de oxihidróxidos de hierro, así como morfologías micríticas del tipo de colonias bacterianas [5].

Figura 9. Izquierda: frente donde se aprecia el bandeado a pesar de la meteorización. Derecha: detalle del bandeado en corte fresco.

Los travertinos se originan por la precipitación del carbonato cálcico a partir del bicarbonato y el calcio presente en disolución en las aguas subterráneas. Cuando estas aguas brotan a la superficie se produce la liberación de CO_2, el agua pierde presión de CO_2 y se produce el cambio de bicarbonato a carbonato, que es insoluble y precipita. Por ello, los travertinos aparecen cerca de surgencias de aguas subterráneas. El

carbonato suele precipitar sobre la vegetación o sobre sus restos, conservando moldes o impresiones de los mismos (imagen típica del travertino con formas tubulares y abundantes coqueras, más típicos en travertinos en cascada), también lo hace sobre conchas de moluscos o bien favorecido por la presencia de organismos que fijan el carbonato como las cianobacterias.

En los afloramientos del travertino rojo de Mula predominan las facies bandeadas de grosores comprendidos entre 1 y 10 cm, asociadas a mineralizaciones de oxi-hidróxidos de hierro (Figura 9) y manganeso, con presencia de sulfatos de bario y estroncio (barita y celestina) e indicios de arsénico (5). Predominan las bandas con texturas meso y macrocristalinas con cristales isométricos, fibrosos y fibrosorradiados, las bandas más finas son capas micríticas con texturas que pueden ser relacionadas con bacterias. Es frecuente observar varias etapas de relleno de poros. En algunos puntos llegan a aparecer estructuras equiparables a estromatolitos (Figura 9).

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

La circulación del agua en el travertino viene relacionada por el bandeado, donde los valores de coeficiente capilar son menores cuando la dirección de flujo es perpendicular al bandeado, mientras que en paralelo es más favorable al desplazamiento del agua. Su porosidad es del 10%, los coeficientes de absorción capilar son relativamente bajos debido a su baja porosidad y conectividad entre poros [5 y 6]. Por tanto, su buen comportamiento frente al agua y la resistencia a la compresión son las dos características fundamentales del travertino de Baños de Mula, propiedades que la definen como una buena roca ornamental (Tabla 1).

3.2. Actividad minera

El aprovechamiento del travertino rojo de Mula, tal y como se ha indicado en apartados anteriores se remonta de tiempos de los romanos hasta el siglo XX. Es tal la importancia histórica de ambos cerros que la zona adquiere interés desde el punto de vista del patrimonio minero.

El travertino rojo sería el único material de la comarca del río Mula que compartía las características ornamentales con los materiales empleados a la ciudad de Carthago Nova. Por las características de capiteles encontrados, sometidos a análisis estilístico, el inicio de la explotación quedaba encuadrado en época augustea [11].

No hay evidencias de los inicios de la explotación debido a que las labores de extracción se han ido sucediendo por los sucesivos pobladores del entorno, pero gracias a los trabajos arqueológicos dirigidos por Rafael González Fernández entre los años 1996 y 2001 se halló la ciudad tardorromana que se sitúa en el cerro de la Almagra (Figura 10), donde se localizaron fragmentos de sillares y tambores de fuste.

Figura 10. Restos arqueológicos de la ciudad tardorromana estudiada en el cerro de la Almagra.

PROPIEDADES	FACIES BANDEADA	
	PARALELO	PERPENDICULAR
Densidad (g/cm^3)	2,33±0,05	
Porosidad (%)	10,01±1,40	
Coeficiente de absorción capilar (g/m^2*s0.5)	19,48±6,06	13,03±6,72
Resistencia a compresión (MPa)	44,64±6,09	57,24±10,51

Tabla 1. Propiedades físicas del travertino de Baños de Mula [5].

En lo que respecta a la datación del travertino en relación a las fechas de construcción de las edificaciones que los contienen, no es una herramienta fiable puesto que una parte de las piezas halladas en Mula y Cartagena se han encontrado de manera descontextualizada.

4. METODOLOGÍA

4.1. Caracterización química y mineralógica del travertino

Para llevar a cabo la caracterización del travertino dada su variabilidad a muestra de mano se tomaron cuatro muestras representativas, sobre las cuales se realizaron las siguientes determinaciones en el Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica de la Universidad Politécnica de Cartagena:

• Análisis termogravimétrico: técnica de análisis térmico que mide la masa de una muestra en función de la temperatura/tiempo, se usa principalmente para la caracterización de la composición de una muestra. El analizador empleado es del modelo «TGA/DSC 1HT» DE METTLER-TOLEDO.

El procedimiento ha consistido sobre muestras de unos 10 mg de peso, se han llevado desde los 30°C hasta cerca de los 1000°C durante un periodo de 50 minutos de manera lineal.

• Difracción de rayos X: empleada para la identificación de las fases cristalinas de una muestra, así como para su análisis cuantitativo. El difractómetro empleado es el modelo BRUKER D8 ADVANCE.

• Espectrometría de fluorescencia de rayos X: técnica basada en la detección de la radiación X emitida por átomos excitados. Los fotones fluorescentes son característicos de cada elemento en cuestión y su intensidad determina la concentración del mismo. Se utiliza con fines cualitativos y cuantitativos. La espectrometría se ha realizado con un S4 PIONEER BRUKER.

4.2. Cartografía de los afloramientos de travertino

Para llevar a cabo la cartografía de los dos afloramientos de travertino rojo se han empleado imágenes aéreas que han sido manejadas mediante el software AutoCAD, siendo toda la información corroborada en campo. Las imágenes aéreas has sido descargadas del Centro de Nacional de Descargas del Instituto Geográfico Nacional (Ortofoto PNOA Máxima Actualidad). También se ha recurrido al geoportal de la infraestructura de datos espaciales de la región de Murcia (SitMurcia).

Para llevar a cabo la cuantificación del material extraído de los aforamientos de travertino rojo empleado en la comarca del río Mula, se han catalogado la mayor parte de los edificios y construcciones de la comarca en los que se ha empleado.

4.3. Inventario y cuantificación del material extraído

Para llevar a cabo la cuantificación del material extraído de los aforamientos de travertino rojo empleado en la comarca del río Mula, se han catalogado la mayor parte de los edificios y construcciones de la comarca en los que se ha empleado. La mayor parte del travertino aparece en umbrales de puertas, otra gran parte de travertino es empleado en las esquinas de los edificios, como zócalo de algunas fachadas y empleado en numerosos escalones de acceso a viviendas y gradas para salvar el desnivel entre calles (Figura 11). Son menos numerosos, pero en la construcción de puentes y portadas se empleó un gran volumen de este material.

En algunos lugares, principalmente en parques, se han reutilizado piezas de travertino con el único fin que decorar.

Figura 11. Ejemplos del uso de travertino rojo en la Comarca del río Mula.

Es muy importante indicar que parte del travertino empleado se encuentra oculto, principalmente bajo el nivel del suelo, ya que uno de sus principales usos era como cimentación. También cabe destacar que al restaurar algunas casas se han podido deshacer de algunas piezas, otras que hayan quedado enterradas, como puede ser el caso de los umbrales o como es más común, que sobre ellas se les haya aplicado una capa de pintura u otro tipo de material que dificulta su identificación, solo posible por el deterioro del revestimiento [2].

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Características físico-químicas y mineralógicas de las muestras tomadas de travertino

A pesar de ser las 4 muestras de travertino recogidas, de apariencias a simple vista netamente diferentes, se han obteniendo resultados muy similares para todas las ellas, identificadas básicamente como carbonato cálcico (análisis termogravimétrico, Figura 12), cristalizado como calcita (difracción de rayos X). De las determinaciones mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X se obtiene que las muestras tomadas presentan una cristalinidad próxima al 90% siendo la concentración de cálcica próxima al 100% (Tabla 2).

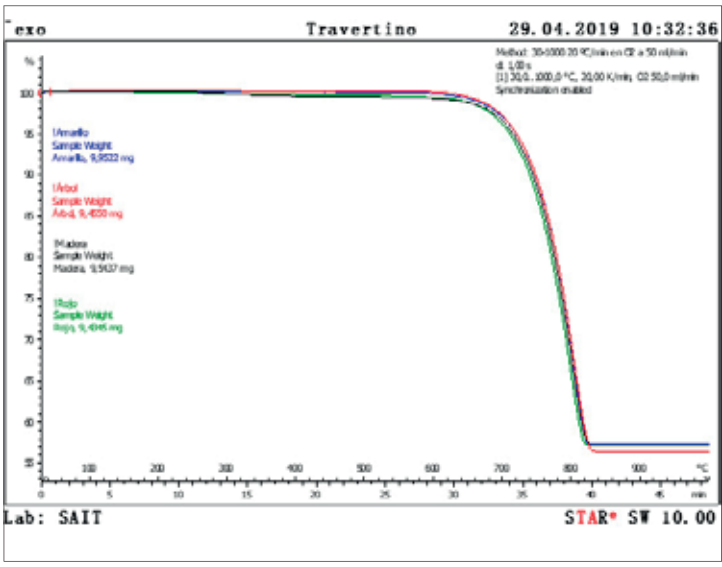


Figura 12. Resultados del análisis termogravimétrico.

	Amarillo	Árbol	Madera	Rojo
Cristalinidad (%)	89	89	89	85
Calcita ($CaCO_3$) (%)	98	99	99,5	99
Cuarzo (SiO_2) (%)	2	1	0,5	1

Tabla 2. Porcentajes de cristalinidad y concentración de cada una de las muestras resultantes de la prueba de espectrometría de fluorescencia de rayos.

5.2. Cálculos sobre el yacimiento actual y el material empleado

El cerro de Alcalá tiene un espesor homogéneo mientras que el cerro de la Almagra muestra un acuñamiento, oscilando ambos cerros entre los 10 y 15 m visibles. La extensión del afloramiento de Alcalá es bastante clara, y, por tanto, ha sido el más fácil de cartografiar ya que todas sus caras se encuentran visibles, mientras que el afloramiento del cerro de la Almagra solo es visible por la cara sur y oeste, por lo que se ha intuido que el travertino abarca todo el cerro hasta los restos de la antigua muralla, de no haber sido por una base consistente como la de travertino, esa parte del cerro se habría erosionado.

Para calcular la determinación del área ocupada por los afloramientos se ha empleado el sistema de medida de SitMurcia (Figura 13).

En la figura 3 se puede observar la variación de espesor del cerro de la Almagra en el corte provocado por la erosión del río, al igual que la perdida de tonalidad de la roca cuando disminuye el espesor.

Para el cálculo aproximado del volumen existente de travertino en los cerros se han considerado unos espesores medios de 11 m para el cerro de la Almagra y de 13 m para el cerro de Alcalá. Por los restos de bloques y desbastes que se pueden observar en las laderas de los cerros, se ha establecido que el área explotada en el cerro de Alcalá podría rodear todo el nivel carbonatado, siempre favorecido en las laderas de menor pendiente, mientas que en el caso del cerro de Alcalá procedería principalmente de la ladera SE (Figura 14).

Figura 13. Cálculo de áreas de los afloramientos de travertino en SitMurcia.

Figura 14. Representacion de las potenciales áreas explotadas de travertino

La parte explotada de los afloramientos coincide con la zona de máximo espesor en ambos cerros, por ello se han establecido unos espesores medios de 15 m para la zona de los afloramientos que ya ha sido extraída (Tabla 3). Para el cálculo de la extensión en planta se ha considerado el volumen de material empleado en los edificios catalogados en la comarca [2]. Para calcular el volumen de travertino se ha catalogado la parte visible de cada lugar, considerando

que los umbrales están enterrados unos 5 cm en el suelo, que las piezas empleadas en las esquinas son paralelepípedos, y que los bloque de las portadas y edificios de mayor antigüedad tienen un espesor de 30 cm. El volumen aproximado de travertino rojo en los lugares catalogados asciende a la cifra de 2.170 m^3, dato que no considera el volumen de material que se encuentra oculto en cimentación de edificios o que ha sido tapado en la restauración de viviendas. Es evidente que la cantidad explotada de travertino fue mucho mayor, por no ser visible, y, por tanto, no cuantificado, como el resto de material empleado en otras ciudades, como, por ejemplo, en Cartagena (teatro romano; foro de la colonia romana de Carthago Nova).

Es evidente que aún queda un gran volumen de travertino explotable, pero los restos que se encuentran sobre ellos y por los que existe una protección de los cerros hace que la reactivación minera sea inviable.

Superficie actual (m^2)	8010	58470
Superficie original (m^2)	13423	65985
Superficie extraída (m^2)	5413	7515
Espesor medio presente (m)	13	11
Espesor medio extraído (m)	15	15
Volumen presente (m^3)	104130	643170
Volumen extraído (m^3)	81195	112725

Tabla 3. Extensiones, espesores y cálculo de volúmenes aproximados de travertino.

6. CONCLUSIONES

Por los restos de desbaste encontrados en los cerros de Alcalá y de la Almagra se ha llegado a la conclusión de que se ha extraído material de ambos, siendo en el cerro de La Almagra el último donde se abandonó la actividad extractiva, hecho que se ha podido comprobar en campo observando las marcas de perforación realizadas en los frentes mediante medios

Es evidente que aún queda un gran volumen de travertino explotable, pero los restos que se encuentran sobre ellos y por los que existe una protección de los cerros hace que la reactivación minera sea inviable.

mecánicos. Es obvio que queda una gran masa de travertino que podría ser aprovechable, pero al encontrarse ambos cerros bajo figuras de protección hace que la reactivación de la actividad minera sea impensable.

Otra de las dudas que generaba este trabajo era la relación geológica entre ambos cerros, quedando resuelta con el estudio geológico de la zona, llegando a la conclusión de que ambos afloramientos pertenecían al mismo ambiente fluvio-lacustre. La disposición actual atiende a la combinación de la tectónica activa y la acción modeladora del agua.

En la parte superior del cerro de la Almagra aflora sobre el travertino y también formando parte de él, un tipo de roca que el saber popular la atribuía a restos de vegetales. La teoría de que fueran fósiles vegetales se descartó en un primer momento, quedando la única opción de ser caliza travertínica y apareciendo la posibilidad de que su composición fuera de aragonito o calcita, debido a la reacción de efervescencia frente al test del ácido (HCl diluido). Finalmente, la prueba de difracción de rayos X a la que ha sido sometida la muestra de estos "árboles", ha resuelto sin lugar a dudas que se trata de calcita ($CaCO_3$).

7. PROPUESTAS

Cumplidos los primeros tres objetivos propuestos, de caracterización y cuantificación, el cuarto objetivo y último es la puesta en valor de

ambos cerros teniendo en cuenta su alto potencial turístico dada su gran riqueza, tanto en valores históricos, como geológicos y mineros. Para ello, los terrenos deberían dejar de ser privados y pasar a ser propiedad del Ayuntamiento de Mula, reactivando las excavaciones arqueológicas del yacimiento de la Almagra, abandonadas desde 2001. La creación de una ruta turística por ambos cerros favorecería su visibilidad e interés de la población, tanto local como visitante. Dotando de un valor añadido el valor que imprime una correcta interpretación del patrimonio, ya sea de modo individual (guías descargables, puntos estratégicos con códigos QR, NFC o tecnologías inalámbricas similares, para poder descargar la información) y/o guiado por profesionales.

Junto a lo descrito anteriormente, convendría limpiar la superficie de ambos cerros y tomar medidas relativas a las condiciones de seguridad de los potenciales visitantes, tales como un vallado perimetral, para que además de evitar las caídas por desnivel, eviten el acceso sin permiso, en pro de la conservación y el cese del expolio. Igualmente, importante sería la adecuación de los caminos de acceso, muy deteriorados, y la sujeción de aquellos bloques con riesgo de desprendimiento. Un proyecto que se podría contemplar para favorecer el acercamiento del cerro de la Almagra al núcleo urbano de los Baños de Mula, sería la construcción de una pasarela para salvar el río Mula, a la altura del parque situado frente a la fuente pública, y dotar así a la población de un espacio de ocio deportivo-cultural, lo que repercutiría muy positivamente en el bienestar de la población ■

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BOLUDA GUTIÉRREZ, M. "Travertino rojo de Mula: uso y caracterización". Trabajo fin de grado. Universidad Politécnica de Cartagena. 2019. 271 p.

- (2) BOLUDA GUTIÉRREZ, M.; GARCÍA-GARCÍA, C.; ROBLES-ARENAS, V.M. Catalogación de elementos construidos con travertino rojo en la comarca del río Mula. XXVI Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia, 2020, p. 281-286.

- (3) GÓMEZ ESPÍN, J.M. GIL MESEGUER, E. GARCÍA MARÍN, R. "Insuficiencias hidráulicas y modernización de regadíos en la Cuenca de Mula" Revista Papeles de Geografía. Universidad de Murcia. 2005, nº 41-42, p. 101-121.

- (4) JEREZ MIR, L.; JEREZ MIR, F.; GARCÍA-MONZÓN, G. "Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 912 (Mula)". Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1974, 65 p.

- (5) GARCÍA DEL CURA, M.A.; BENAVENTE, D.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, J. "Los travertinos de Baños de Mula (Murcia). Una roca de interés sedimentológico y arqueológico". Sociedad Geológica de España. Geogaceta, 2014, nº 56, p. 75-78

- (6) GARCÍA DEL CURA, M.A. "Travertinos coloreados en la Cordillera Bética (SE de la Península Ibérica). Situación geológica y características petrofísicas". Boletín Geológico y Minero, 2017, nº 128(2), p. 467-483

- (7) GUILLÉN MONDÉJAR, F. ROSILLO MARTÍNEZ, J.F. "LIGMU-32. Geodiversidad de La Puebla y Los Baños de Mula". Universidad de Murcia. 2018 [http://www.murcianatural.carm.es/; enlace]

(8) SILVA, P.G., MATHER, A.E., GOY, J.L., ZAZO, C., HARVEY A.M. "Controles en el desarrollo y evolución del drenaje en zonas tectónicamente activas: el caso del río Mula (Región de Murcia, SE de España)". Revista de la Sociedad Geológica de España. 1996, vol. 9 (3-4), p. 269-283

(9) MARTÍNEZ-DÍAZ, J.J. "Caracterización geológica y sismotectónica del terremoto de Mula (febrero de 1999, Mb: 4,8) mediante la utilización de datos geológicos, simbológicos y de interferometría de RADAR (INSAR)". Boletín Geológico y Minero, 2002, 113 (1), p. 23-33

- (10) PINUAGA ESPEJEL, J.I.; MARTÍNEZ PARRA, M. "Panorama de las Aguas Minerales en la Región de Murcia". Instituto Geológico y Minero de España. 2003, 189 p. ISBN: 84-7840-467-8

- (11) SOLER HUERTAS, B. "El travertino rojo de Mula, (Murcia). Definición de un mármol local". Verdolay, 2005, nº 9, p. 141-164

Efectos de la exposición a vibraciones globales.

Medidas técnicas de prevención y vigilancia de la salud. Caso práctico

The overall effects of exposure to mechanical vibration. Prevention measures and health vigilance. Practical case study

José Carlos Losilla Rayo. IIngeniero Técnico de Minas. Máster Oficial Universitario en Prevención de Riesgos Laborales. Perito Judicial en Investigación de Accidentes Laborales

RESUMEN

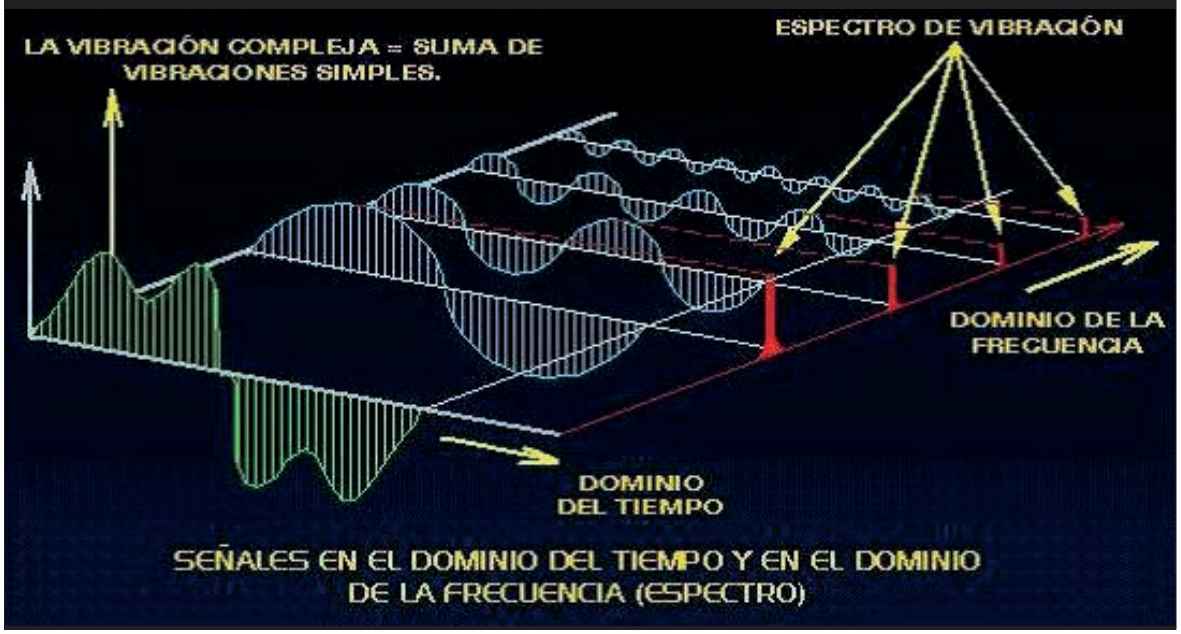
Las vibraciones son manifestaciones de energía de naturaleza esencialmente mecánica y de características análogas al sonido. En la práctica, el estudio de este agente físico se reduce a frecuencias por debajo de 1.400 Hz. Hay dos tipos de casos: vibraciones 'mano-brazo' y vibraciones 'globales' o de cuerpo completo. Este artículo trata de las vibraciones de cuerpo completo, es decir, las transmitidas globalmente al cuerpo entero que suponen riesgo para los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral (especialmente, en las posiciones verticales de pie y sentado). Generalmente, este riesgo se presenta en profesionales de la industria, operadores de maquinaria pesada, profesionales de la construcción, logística, transporte de mercancías, etc.

ABSTRACT

The vibrations are all manifestations of the energy of a plainly mechanical nature, whose characteristics are similar to sound. In practice, the study of the vibrations is reduced to frequencies below 1,400 Hz. There are two general types of cases: 'hand-arm system' (hand-arm vibrations) and 'entire body system' (whole-body vibrations). This article is about 'whole-body' vibration aspects and its adverse impact on human health, especially for industrial workers, heavy machinery operators, construction workers, logistics, freight transport, etc. Lower-back morbidity and trauma of the spine are the most prevalent workplace injuries.

PALABARAS CLAVE: Vibraciones mecánicas, sistema mano-brazo, sistema cuerpo completo, medidas de prevención, vigilancia de la salud, lesión de columna vertebral, lumbalgia.

KEYWORDS: Mechanical vibration, 'hand-arm' system, 'whole-body' system, prevention measures, health vigilance, trauma of the spine, lower-back injuries.



Fuente: Universidad Nacional del Sur. Argentina

INTRODUCCIÓN

La generación de las vibraciones y la del sonido es semejante: un movimiento vibratorio de la fuente. Sin embargo, su propagación es diferente, como también el intervalo de frecuencias. En general, los trabajadores pueden estar expuestos de manera simultánea a vibraciones en varias direcciones, con distintas frecuencias y amplitudes o aceleraciones eficaces. Sin embargo, en la gran mayoría de casos, no es necesario un análisis detallado de las distintas vibraciones para conocer y evaluar el riesgo por vibraciones de un trabajador, reduciéndose en la práctica a dos tipos de casos: el sistema de vibraciones mano-brazo y el sistema de vibraciones globales o de cuerpo completo. En ambos casos interesa medir la aceleración eficaz de las vibraciones en un intervalo de frecuencias. En virtud de la diferente sensibilidad de las personas según sean las frecuencias, se utiliza una ponderación de frecuencias, que los equipos actuales (más avanzados) de medida de vibraciones realizan mediante filtros electrónicos.

Para las vibraciones transmitidas globalmente al cuerpo entero, se establece un valor límite para una exposición promedio de 8 horas en 1,15 m/s^2 y el nivel de acción en 0,5 m/s^2.

Los trabajadores no deben estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición. Cuando, de modo habitual, la exposición sea inferior a los valores diarios señalados, pero varíe sustancialmente de un período de trabajo al siguiente y pueda sobrepasar ocasionalmente el valor límite correspondiente, el cálculo del valor medio de exposición puede hacerse sobre la base de un período de referencia de 40 horas, en lugar de 8 horas, siempre que pueda justificarse que los riesgos resultantes del régimen de exposición al que está sometido el trabajador son inferiores a los que resultarían de la exposición al valor límite de exposición diaria.

La evaluación del riesgo por exposición, para el sistema de cuerpo entero, debe atenerse a lo dispuesto en la norma UNE ISO 2631-1:2008 y la norma equivalente UNE EN 14253:2004+A1:2009 (Guía práctica que amplía la anterior).

Para llevar a cabo la evaluación para el sistema de cuerpo entero, se calcula el valor de A(8) para cada uno de los tres ejes mediante la expresión:

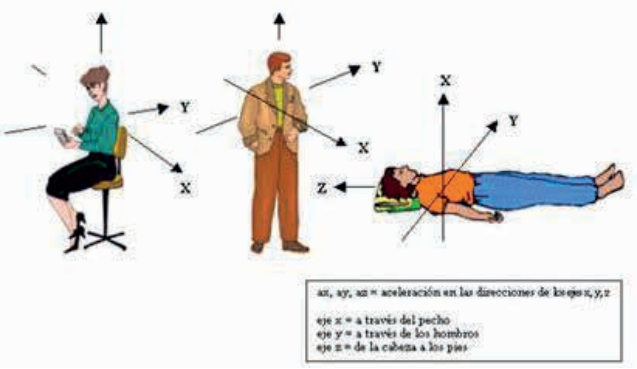
$$A_i(8) = k_i a_{w,T} \sqrt{\frac{T}{8}}$$

Donde k_i = factor de ponderación para cada eje; $a_{w,T}$ = aceleración eficaz ponderada en frecuencia durante el tiempo T (m/s^2); A(8) = aceleración eficaz ponderada en frecuencia referida a 8 horas (m/s^2) y T = duración diaria de la exposición (h).

Entre los tres valores obtenidos, se toma el mayor de ellos para compararlo con el valor límite y con el valor que da lugar a una acción, que se han establecido respectivamente en 1,15 m/s^2 y 0,5 m/s^2, es decir:

$$A(8) = \max\left[A_x(8), A_y(8), A_z(8)\right]$$

Se consideran las frecuencias comprendidas entre 0,5 y 80 Hz.



Direcciones de los ejes x, y, z
Fuente: estrucplan

EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO

Las vibraciones de cuerpo entero pueden producir efectos físicos, reacciones de comportamiento y aumento del riesgo de que se produzcan daños para la salud.

Los efectos físicos de las vibraciones de cuerpo entero están relacionados con trastornos respiratorios, músculo-esqueléticos, sensoriales, cardiovasculares, efectos sobre el sistema nervioso, sobre el sistema circulatorio o sobre el sistema digestivo.

Con relación a las reacciones de comportamiento, las vibraciones de cuerpo entero pueden afectar al rendimiento durante la exposición, interfiriendo con las funciones periféricas motoras o sensoriales (visión borrosa, movimientos corporales involuntarios, por ejemplo) y, de igual manera, interfiriendo en los procesos cognitivos que afectan al rendimiento de las tareas, tales como motivación, ansiedad o nivel de activación.

En cuanto al aumento del riesgo de que se produzcan daños para la salud, las vibraciones de cuerpo entero representan un riesgo importante cuando van asociadas a factores laborales (posturas fijas o incorrectas, con torsiones frecuentes, limitaciones en la movilidad del trabajador, etc.) y factores personales (condiciones previas de salud) que pueden agravar los efectos de la exposición a vibraciones.

Especial atención merece la situación de embarazo, aconsejándose organizar el trabajo de modo que las mujeres embarazadas no realicen actividades que conlleven un riego derivado de vibraciones incómodas en cuerpo entero, por posible incidencia en abortos, parto pre-término, complicaciones durante el parto y bajo peso al nacer.

Lesiones traumáticas en la columna vertebral
Fuente: Formación Alcalá

ALTERACIONES DE LA SALUD QUE PUEDEN AUMENTAR EL RIESGO DE DAÑOS POR EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO

Las vibraciones transmitidas globalmente al cuerpo entero, suponen riesgos para los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral, especialmente, en las posiciones verticales de pie y sentado.

No obstante, cualquier alteración de la salud puede aumentar el riesgo de daños por exposición de cuerpo entero.

General	Especificas
Columna vertebral	Cambios degenerativos prematuros no relacionados con la edad. Lesiones del disco intervertebral con o sin síndrome radicular. Inflamaciones agudas. Deformaciones vertebrales adquiridas o congénitas. Cirugía vertebral. Lesiones previas con fractura vertebral. Lumbalgia crónica.
Otras condiciones	Alteraciones de cuello y hombro. Gastritis crónica y/o úlceras gastroduodenales. Embarazo.

Radiografía lumbalgia crónica
Fuente: Infoespalda

MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE A VIBRACIONES GLOBALES

Las vibraciones de tipo global se suelen producir a bordo de los vehículos de transporte o maquinaria móvil, donde las vibraciones del vehículo se transmiten al cuerpo de los conductores a través del asiento. Los efectos sobre el organismo humano son diversos y dependen de la postura, con una variabilidad enorme entre unas personas y otras y según qué ambientes.

Las medidas técnicas de prevención a aplicar son:

1. Reducción de la vibración en la fuente: elección o selección adecuada del vehículo o máquina en relación con el terreno y las tareas a ejecutar; elección o eliminación, a ser posible, de las masas rotatorias desequilibradas.
2. Reducción de la transmisión de las vibraciones: introducción de mecanismos de suspensión entre el operador y la fuente; mejora del diseño de los asientos y del resto del puesto de trabajo; programas adecuados de mantenimiento de los equipos y lugares de trabajo.
3. Medidas de protección individual: para las vibraciones transmitidas a los pies, calzado con suelas absorbentes (no muy útiles).
4. Limitación de la duración e intensidad de la exposición y una ordenación adecuada del tiempo de trabajo.
5. Exámenes médicos apropiados.
6. Información y formación específicas a los trabajadores.

Señal peligro vibraciones
Fuente: Iberley

CASO PRÁCTICO

Se dispone de los siguientes datos de las vibraciones a las que está sometido un conductor, obtenidas en el asiento y en dirección vertical. El tiempo de exposición es de 8 horas diarias en una explotación minera a cielo abierto.

El vehículo es un camión minero Caterpillar, modelo 795F AC, de 3.400 caballos de fuerza y una capacidad de carga de 345 toneladas por viaje, con una antigüedad de ocho años.

Se ha utilizado un vibrómetro modelo 4447, marca Brüel & Kjaer, un transductor 4315-B-002 y software "Vibration Explorer" de la misma marca.

La duración mínima recomendada de las mediciones es de 3 minutos, habiéndose realizado una única medición representativa de toda la jornada de 20 minutos de duración.

Se ha evaluado la exposición a vibraciones según la norma UNE ISO 2631-1:2008, así como UNE EN 14253:2004+A1:2009.

Los datos obtenidos han sido los siguientes:

Frecuencia central banda (Hz)	Aceleración (eje z) (m/s^2)	Factor ponderación (eje z)	$(a_i\ w_i)^2$
0,50	0,035	0,418	0,000214
0,63	0,042	0,459	0,000372
0,80	0,048	0,477	0,000524
1,00	0,055	0,482	0,000703
1,25	0,070	0,484	0,001148
1,60	0,085	0,494	0,001763
2,00	0,11	0,531	0,003412
2,50	0,14	0,631	0,007804
3,15	0,18	0,804	0,020944
4,00	0,22	0,967	0,045258
5,00	0,29	1,039	0,090788
6,30	0,35	1,054	0,136087
8,00	0,50	1,036	0,268324
10,00	0,65	0,988	0,412421
12,50	0,90	0,902	0,659019
16,00	1,50	0,768	1,327104
20,00	2,70	0,636	2,948776
25,00	5,50	0,513	7,960862
31,50	2,50	0,405	1,025156
40,00	1,50	0,314	0,221841
50,00	1,00	0,246	0,060516
63,00	0,75	0,186	0,01946
80,00	0,70	0,132	0,008538
		Suma	*15,22103*

La aceleración ponderada total se calcula según la expresión: $a_w = [S\ (w_i\ a_i)^2]^{1/2}$.

Por tanto, la aceleración ponderada (eje z) es la siguiente: $a_w = (15{,}22103)^{1/2} = 3{,}901\ m/s^2$.

Es decir, la aceleración ponderada referida a 8 horas es: $A(8) = a_w{,}8 = 3{,}901\ m/s^2$.

Si el valor límite de exposición queda establecido en 1,15 m/s^2, el valor obtenido supera dicho valor y, por consiguiente, se deberán adoptar medidas correctoras. ■

Camión Caterpillar modelo 795F AC.
Fuente: Caterpillar

Vibrómetro Brüel & Kjaer, modelo 4447 y transductor 4315-B-002
Fuente: Brüel & Kjaer

BIBLIOGRAFÍA

• Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

• Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.

• Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

• Real Decreto 899/2015, de 9 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

• Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

• Real Decreto 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

• Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

• Real Decreto 1150/2015, de 18 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

• Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.

• Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con las Vibraciones Mecánicas.

• NTP 839: Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo.

• NTP 963: Vibraciones: vigilancia de la salud en trabajadores expuestos.

• VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. 2011. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

• Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. 2015 6ªEWCS. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

• Aspectos Ergonómicos de las Vibraciones. 2014. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

• Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control. 2014. Confederación de Empresarios de Pontevedra (CEP). Financiado por la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales (FPRL).

• GRIFFIN, M. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Organización Internacional del Trabajo. Capítulo 50. Vibraciones. Año 1998.

• Memento Prevención Riesgos Laborales 2020-2021. Editorial Francis Lefebvre.

• UNE ISO 2631-1:2008

• UNE EN 14253:2004+A1:2009

La higiene industrial para proteger contra el riesgo por inhalación de polvo en la industria extractiva

The importance of industrial hygiene for the protection of workers against the risk of dust inhalation in the extractive industry

María de los Remedios Gil Ortega. Ingeniero Técnico de Minas, Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Técnico de Prevención de Riesgos Laborales. Director facultativo y técnico de prevención de riesgos laborales.

RESUMEN

La importancia de la higiene industrial está sumamente relacionada con el control y prevención de problemas que puedan afectar a los trabajadores de manera negativa, así como con el entorno de trabajo. Una incorrecta higiene industrial en el ámbito laboral, puede traer como consecuencia la aparición de enfermedades, perjudicando notablemente la salud y calidad de vida de las personas.

ABSTRACT

The importance of industrial hygiene is closely related to the control and prevention of problems which can adversely affect workers, as well as to the work environment. Improper hygiene in the workplace can lead to an outbreak of diseases, severely damaging the health and quality of life of people.

PALABARAS CLAVE: higiene industrial, enfermedades profesionales, polvo, sílice, silicosis, cáncer de pulmón..

KEY WORDS: industrial hygiene, occupational diseases, dust, silica, silicosis, lung cancer.

INTRODUCCIÓN A LA HIGIENE INDUSTRIAL

Existen actividades indispensables, como la producción de alimentos, la extracción de materias primas, la fabricación de bienes, la producción de energía y la prestación de servicios, que implican procesos, operaciones y materiales que, en mayor o menor medida, crean riesgos para la salud de los trabajadores, los núcleos urbanos vecinos y el medio ambiente.

La disciplina que se dedica a la prevención y control de los riesgos originados por los procesos de trabajo, es la higiene industrial. Esta, evita la aparición de enfermedades profesionales. Para ello, estudia, valora y actúa, sobre los factores ambientales, que pueden ser: físicos (radiaciones, ruido, temperatura, vibraciones, iluminación), químicos (gases, presencia de polvo, vapores, humos) y biológicos (virus, hongos, bacterias); para lograr unas condiciones ambientales y laborales que no dañen la salud de los trabajadores, ni de los ciudadanos que puedan estar expuestos.

¿QUÉ ES LA SÍLICE CRISTALINA?

La sílice cristalina es un óxido metálico que se encuentra de forma natural y muy abundante en la naturaleza. Entre sus siete polimorfismos, el cuarzo, la cristobalita y la tridimita son los más habituales. El cuarzo forma parte de la mayoría de las rocas y arenas de la superficie terrestre; la cristobalita y la tridimita se encuentran en las rocas volcánicas.

RIESGOS PARA LA SALUD POR EXPOSICIÓN A POLVO Y A LA SÍLICE CRISTALINA RESPIRABLE

La industria extractiva consta de una serie de operaciones, las cuales, implican la puesta en suspensión de polvo con contenido en sílice cristalina respirable (SCR), pudiendo generarse daños para la salud en forma de enfermedades pulmonares, de las que las más destacadas son las silicosis y en el cáncer de pulmón, si bien existe otras enfermedades relacionadas con la exposición a la SCR como la tuberculosis y la EPOC (enfermedad pulmonar oclusiva crónica).

La sílice cristalina por sí misma no representa un problema para la salud. Si es perjudicial cuando existe un proceso mecánico que genere polvo de un tamaño inferior a 5 micras, porque es capaz de penetrar hasta las vías respiratorias y depositarse en los alveolos pulmonares, produciendo daños a la salud irreversibles.

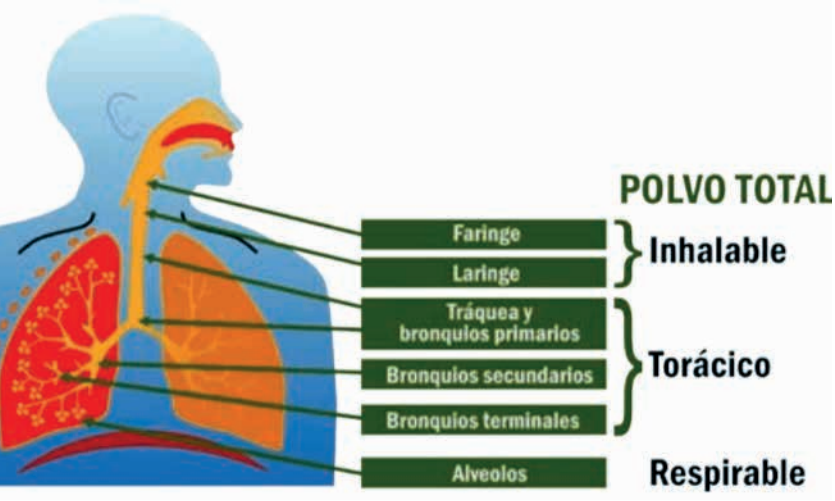


Figura 1: Polvo total y sus fracciones.
Fuente: Guía para el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable, Instituto Nacional de Silicosis..

La patología más conocida que produce la SCR es la silicosis. Es una enfermedad progresiva y frente a la que no existe un tratamiento eficaz, por lo que puede terminar provocando incapacidad permanente e incluso la muerte.

El polvo de sílice libre figura en el cuadro de enfermedades profesionales (RD 1999/2006) como agente acusante de silicosis, encuadrado en el grupo 4: enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidos en otros apartados, haciendo referencia expresa a los siguientes trabajos directamente relacionados con la actividad extractiva: trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas; tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías; trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.

Se han producido avances en los procesos industriales, con la consiguiente introducción de nuevos elementos y sustancias y, al propio tiempo, las investigaciones y el progreso en el ámbito científico y en el de la medicina permiten un mejor conocimiento de los mecanismos en la aparición de algunas enfermedades profesionales y de su vinculación con el trabajo. Se ha actualizado el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social, siendo la última actualización el Real Decreto 257/2018, de 4 de mayo, donde se ha incluido el cáncer de pulmón como patología reconocida por la exposición al polvo de SCR.

CONTROLES DEL RIESGO A TRAVÉS DE MEDICIONES

El RD 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los

			06	3D0106	Trabajos subterráneos: minas, túneles, galerías, cuevas.
			07	3D0107	Trabajos en zonas húmedas y/o pantanosas: pantanos, arrozales, salinas, huertas.
			08	3D0108	Agricultores (centeno).
			09	3D0109	Trabajos de fermentación del vinagre.
4					Enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados
	A				Polvo de sílice libre:
		01			Silicosis
					Trabajos expuestos a la inhalación de polvo de sílice libre, y especialmente:
			01	4A0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
			02	4A0102	Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.
			03	4A0103	Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
			04	4A0104	Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base d sílice.
			05	4A0105	Fabricación y manutención de abrasivos y de polvos detergentes.
			06	4A0106	Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado en las fundiciones.
			07	4A0107	Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.
			08	4A0108	Trabajos en chorro de arena y esmeril.
			09	4A0109	Industria cerámica.

Figura 2: Extracto del cuadro de enfermedades profesionales.
Fuente: Real Decreto 1299/2006.

Grupo	Agente	Subagente	Actividad	Código	Enfermedades profesionales con la relación de las principales actividades capaces de producirlas
6					Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinógenos.
	R				Polvo de sílice libre.
		01			Cáncer de pulmón.
			01	6R0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
			02	6R0102	Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.
			03	6R0103	Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
			04	6R0104	Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice.
			05	6R0105	Fabricación y manutención de abrasivos y de polvos detergentes.
			06	6R0106	Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado de las fundiciones.
			07	6R0107	Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.
			08	6R0108	Trabajos en chorro de arena y esmeril.
			09	6R0109	Industria cerámica.
			10	6R0110	Industria siderometalúrgica.
			11	6R0111	Fabricación de refractarios.
			12	6R0112	Fabricación de abrasivos.
			13	6R0113	Industria del papel.
			14	6R0114	Fabricación de pinturas, plásticos y gomas.

Figura 3: Extracto del Cuadro de Enfermedades Profesionales.
Fuente: Real Decreto 257/2018.

FICHA DE TOMA DE MUESTRAS
(Datos Estadísticos)

Empresa	Centro de trabajo	Provincia	Código de Empresa[1]	Fecha de muestreo

Materia prima	Puesto de trabajo	Código puesto del trabajo	Operarios en el puesto

Equipo de trabajo	Observaciones

Medidas de prevención

1		Captación de polvo	6		Niebla
2		Pulverización, riego, inyección agua	7		Agua con tensoactivos
3		Cabina con aire acondicionado, filtrado	8		Ninguna
5		Extractores en nave, aislamiento	9		Otras

Aparato	Nº de membrana	Aspiración (m^3)	Fracción respirable del polvo: mg/m^3 de sílice libre[2]	Fracción respirable del polvo: mg/m^3[2]

Figura 4: Ficha de tomas de muestras.
Fuente: ITC 2.0.02 e ITC 2.0.03. Es obligatorio enviar esta hoja de datos estadísticos a la Autoridad Minera y al Instituto Nacional de Silicosis.

agentes químicos durante el trabajo, obliga al empresario a evaluar los riesgos asociados a la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. En el caso de la industria extractiva añadimos la Orden ITC/2585/2007, de 30 de agosto, por la que se aprueba la ITC 2.0.02 Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas, del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y la Orden ITC/933/2011, de 5 de abril, por la que se aprueba la ITC 2.0.03 Protección de los trabajadores contra el polvo, en las actividades de la minería de las sales solubles sódicas y potásicas del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Para la determinación del riesgo por exposición al polvo, los parámetros a tener en cuenta serán: la concentración de la sílice libre contenida en la fracción respirable del polvo, medida en mg/m^3 y la concentración de la fracción respirable del polvo, medida en mg/m^3.

Figura 5: Equipo de medición compuesto por bomba de muestreo, sistema de clasificación (muestreador), elemento de retención (filtro) y medidor de caudal (caudalímetro).

Cuando la actuación en el foco emisor y la protección colectiva no son suficientes, tenemos que usar los equipos de protección respiratoria. Distinguimos dos grandes grupos:

Figura 6: Semimáscara, filtros ABEK, filtro de polvo y retenedor. Fuente: 3M.

La patología más conocida que produce la SCR es la silicosis. Es una enfermedad progresiva y frente a la que no existe un tratamiento eficaz, por lo que puede terminar provocando incapacidad permanente e incluso la muerte.

Figura 7: Prueba de ajuste cualitativa y cuantitativa. Fuente: 3M.

los equipos filtrantes y los equipos aislantes. Nos centramos en los equipos filtrantes, ya que son los más utilizados en el sector minero. Dichos equipos incluyen tanto las mascarillas autofiltrantes contra partículas y las máscaras o medias máscaras con filtros, como los equipos filtrantes motorizados con capucha, casco, máscara o media máscara, necesarios para operaciones concretas que requieran mayor protección.

Existen diversas pruebas de ajuste de mascarillas que permiten valorar cualitativa o cuan-

titativamente si el ajuste del equipo es el correcto o, si por el contrario, se producen fugas, con lo que se podrá determinar qué modelo o talla de equipo de protección respiratoria es más adecuado, teniendo en cuenta la fisonomía y las características particulares de cada trabajador.

Un mal ajuste o una mala utilización del equipo de protección respiratoria puede disminuir su hermeticidad, por lo que se traduce en un incremento del riesgo de exposición para el trabajador.

Un mal ajuste o una mala utilización del equipo de protección respiratoria puede disminuir su hermeticidad, por lo que se traduce en un incremento del riesgo de exposición para el trabajador.

Figura 8: Situaciones aceptables de vello facial.
Fuente: Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.

La existencia de vello en la cara, especialmente en zona de contacto entre la mascarilla y la piel, impide la estanqueidad del conjunto y disminuye la eficacia de la mascarilla. De forma general, los trabajadores que utilicen estos equipos de protección, no deben tener barba poblada, pudiendo dejarse bigote o perilla siempre que quede dentro de la mascarilla y no interfiera en la zona de contacto entre el perímetro del equipo y la cara. A continuación se detallan las situaciones consideradas aceptables e inaceptables referentes al vello facial.

Figura 9: Situaciones no aceptables de vello facial.
Fuente: Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.

CONCLUSIONES

No cabe duda sobre el carácter carcinógeno de la sílice cristalina. Así lo avalan los principales organismos de referencia tanto a nivel nacional como internacional e incluso lo reconoce expresamente la Directiva (UE) 2017/2398. Es pues, el polvo respirable de sílice cristalina se debe considerar como un agente químico cancerígeno en humanos.

En relación con la vigilancia de la salud, dado que se trata de puestos de trabajo con riesgo de enfermedad profesional, la empresa estará obligada a realizar reconocimientos médicos previos y periódicos.

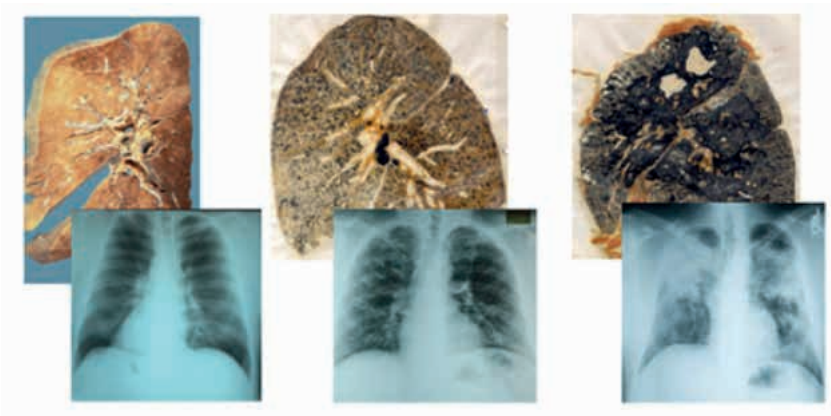


Figura 10: Fotografía y radiografía de un pulmón normal (izquierda), con silicosis simple (centro) y con silicosis complicada (derecha).
Fuente: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).

El empresario debe adoptar las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban la formación (teórica y práctica) e información, en relación con su protección y

prevención frente al riesgo de la exposición al polvo.

En relación con la vigilancia de la salud, dado que se trata de puestos de trabajo con riesgo de enfermedad profesional, la empresa estará obligada a realizar reconocimientos médicos previos y periódicos, que tendrán carácter obligatorio para el trabajador. En consecuencia, también deberá tenerse en cuenta la prolongación de la vigilancia de la salud más allá de la finalización de la relación laboral (vigilancia de la salud postocupacional), según lo previsto en el párrafo e) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento Servicios de Prevención.

Existe un proyecto de Orden por la que se aprueba la ITC 02.0.02 Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo del Reglamento General de Nomas Básicas de Seguridad minera, debido a la Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017. A finales del año 2019, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico lo llevó a trámite de audiencia ante la Comisión de Seguridad minera, y ha sido sometido a información pública en los meses de febrero y marzo de 2020. A través de esta nueva Orden se pretende unificar en un único texto, las particularidades del sector con respecto a la protección de los trabajadores contra el riesgo de inhalación de polvo, suprimiendo o derogando las disposiciones legales e Instrucciones Técnicas Complementarias que, hasta ahora, confluyen en el sector minero. Unos aspectos destacados de esta orden son:

Eliminar la posibilidad de la reducción de toma de muestras a una anual, y los muestreos higiénicos serán de forma cuatrimestral mientras esté en vigor la Autorización de Explotación o Concesión de Explotación. En este sentido, no se permitirá superar el valor límite y en tal caso se paralizarán los trabajos hasta que se puedan desarrollarlos de forma segura.

La intensificación de las referencias para un correcto uso y manejo de los equipos de medición de polvo.

La definición de un entrenamiento obligatorio del personal para el uso de quipos de protección respiratoria.

Un mayor detalle en las fichas y comunicaciones de la información recabada en las mediciones. ■

BIBLIOGRAFÍA

- ORDEN ITC/2585/2007, de 30 de agosto, por la que se aprueba la Instrucción técnica complementaria 2.0.02 «Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Orden ITC/933/2011, de 5 de abril, por la que se aprueba la ITC 2.0.03 Protección de los trabajadores contra el polvo, en las actividades de la minería de las sales solubles sódicas y potásicas del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Real Decreto 257/2018, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Guía para el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable, Instituto Nacional de Silicosis.
- ESM Investigación y formación en seguridad y factores humanos. Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo y sílice cristalina respirable como agente cancerígeno.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, por la que se aprueba la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

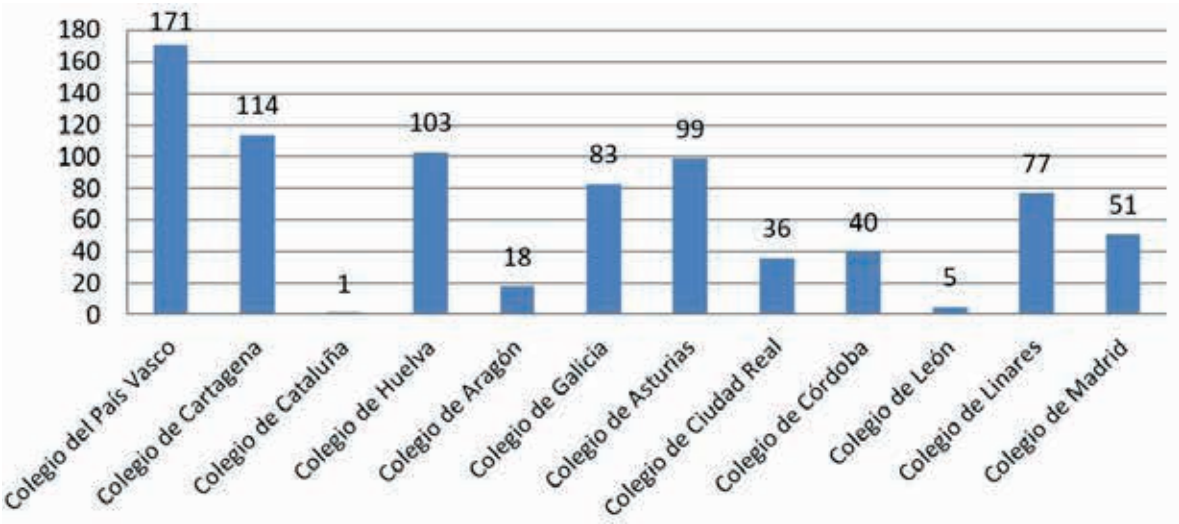
Visión actualizada de la situación laboral de nuestro colectivo

Jonatan Rodríguez Calzada. Ingeniero Técnico de Minas. Decano del Colegio de Ingenieros Técnicos de Minas y Grados en Minas y Energía del País Vasco, Navarra, La Rioja y Soria.

El autor de este artículo expone los resultados de una encuesta realizada a los colegiados que refleja cuál es la situación laboral del colectivo, que parece encontrarse en una situación privilegiada siendo el porcentaje de paro general del 8%, algo que dista mucho de la situación general que se acerca al 15%.

A principios de este año, desde el consejo, se realizó una encuesta a nuestros colegiados en la cual se quiso reflejar la situación laboral actual de nuestro colectivo. En ella se realizaron preguntas para conocer el nivel de paro, sectores de dedicación. Hasta ahora no se había realizado esta encuesta a nivel nacional y en esta primera toma de contacto con nuestros compañeros/as hemos visto que la participación, 798 colegiados/as de un total de 6000, está dentro de los estándares comunes de las encuestas online que se hacen siendo el nivel de participación cercano al 13%.

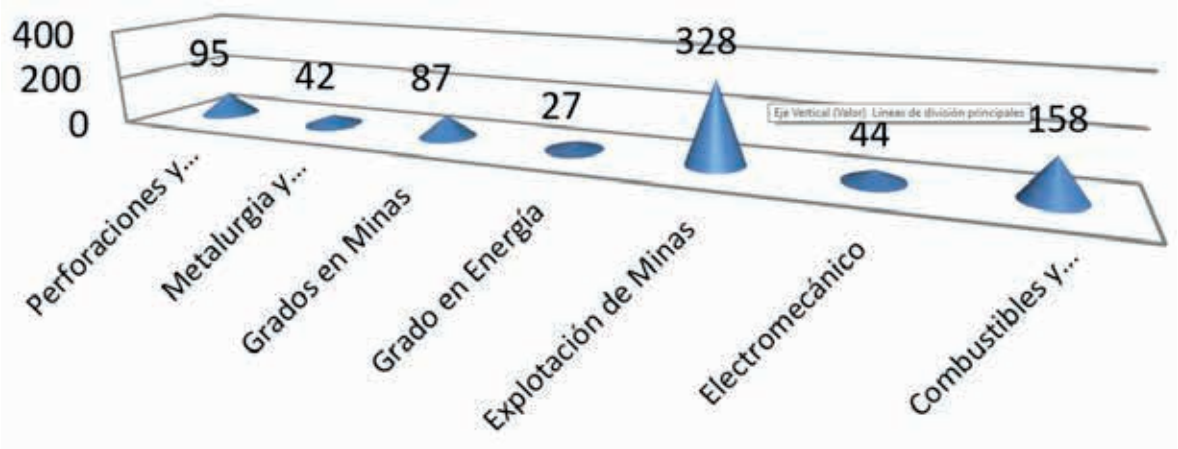
La participación por colegios ha sido la siguiente:



Dentro de los resultados obtenidos, viendo la situación socio económica actual y los niveles de desempleo que existen, nuestro colectivo parece encontrarse en una situación privilegiada siendo el porcentaje de paro general del 8%, algo que dista mucho de la situación general que se acerca al 14-15%.

Dentro de las especialidades que tiene nuestra profesión la situación de la muestra es la siguiente:

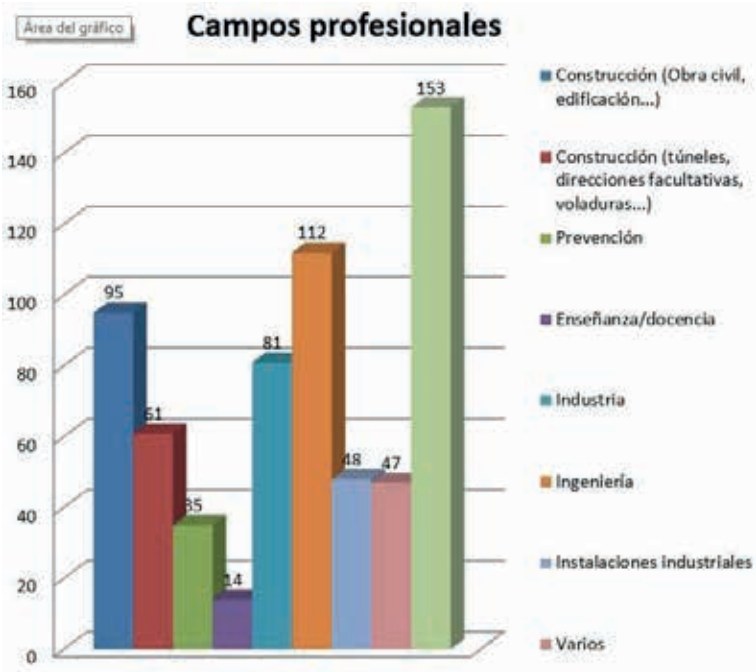
> Quizá donde flojeamos es en la docencia, que a mi entender está muy relacionado con la poca influencia que tenemos dentro de la administración pública.



Quedando reflejado que en un porcentaje alto tomó como opción la especialidad de Explotación de Minas.

Otro punto que se quiso reflejar es cuál era la situación laboral de nuestros colegiados siendo como respuesta general la de que una mayor parte trabaja por cuenta ajena 70%, un 19% trabaja por cuenta propia y el 10% es trabajador público. Estos son datos interesantes y que permiten reflexionar sobre, algo en lo que piensa este humilde redactor, y es la importancia de mejorar nuestro porcentaje de trabajadores públicos para así poder reforzar la polivalencia de nuestro colectivo en el mundo laboral público, algo que a mi parecer, no es tan real como debería de ser ya que se nos encasilla en el sector minero cuando tenemos valor en muchísimos más campos.

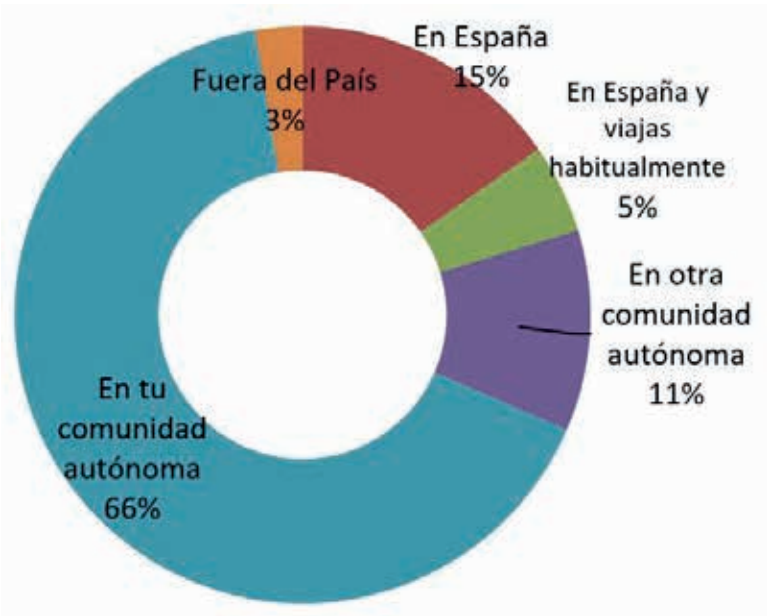
También se quiso saber los sectores en los que nuestros compañeros/as desarrollan su trabajo y se ha visto que muchos se dedican a la nuestra exclusividad que es la minería y los explosivos. No obstante se ha de tener en cuenta que también estamos muy presentes la industria y las ingenierías. Quizá donde flojeamos es en la docencia, que a mi entender está muy relacionado con la poca influencia que tenemos dentro de la administración pública.

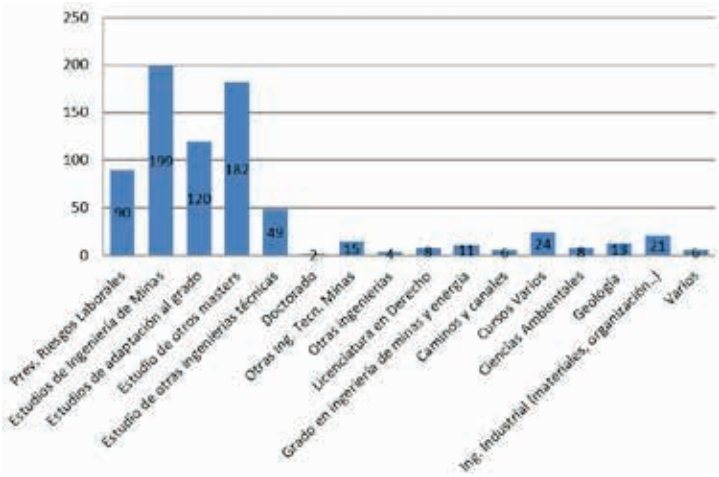


Lo que nos habéis transmitido los colegiados es que la satisfacción laboral que tenéis es buena y por lo tanto sólo un tercio aproximadamente desearía cambiar de situación laboral, algo que es muy importante a nivel personal más que colectivo y de la cual, como Consejo estamos contentos y satisfechos. Esta situación buena que tienen la mayoría no es óbice para que, en opinión de este humilde redactor, se siga atento a la evolución laboral y que según lo contestado en la pregunta de si se sigue en una búsqueda activa de empleo, la mitad ha contestado que sí sigue buscando más posibilidades.

En la posibilidad de cambio dentro de la situación que se tiene actualmente habéis contestado a la pregunta de a qué sector os gustaría ir la respuesta ha sido amplia pero los sectores principales han sido minería 195, ingeniería 119, administración pública 95, construcción (obra civil, edificación, voladuras…) 101, industria 55, instalaciones industriales 23 y el resto en diferentes campos como consultorías, docencia, turismo…

Otro aspecto que se quiso estudiar es la movilidad de nuestro colectivo a nivel profesional, quedando de la siguiente manera:





Además de la situación laboral de nuestro colectivo también nos quisimos hacer eco de la formación adicional que nuestros colegiados han realizado para mejorar su situación en el mercado laboral, obteniendo los siguientes resultados:

En su gran mayoría se ha optado por mejorar la propia titulación de minas bien vía Ingeniería de Minas o mediante la adaptación al grado. También se ha optado por otras titulaciones como Prevención, otras ingenierías técnicas, cursos varios e ingenierías industriales. Son datos interesantes y muy importantes que reflejan que nuestro colectivo es muy activo y dinámico.

Y como punto final a la encuesta y poniéndolo como reto para el consejo se ha realizado la pregunta sobre la formación que se requiere para la mejora profesional de nuestro colectivo siendo los requerimientos los siguientes: Energías renovables 116, AutoCAD 85, MBA 75, Medioambiente 68, Seguridad y Salud 65, Instalaciones 49, Electricidad 43, Peritaje judicial 42 y otras muchos más en los cuales el consejo ha tomado nota de ellos y en tiempos próximos se irán ofertando y publicando.

Se ha de dar las gracias a todos los participantes de esta encuesta que nos han ayudado a ver la situación actual y sobre todo a conocer las necesidades formativas que se demandan. Desde los diferentes Colegios y desde el propio Consejo se está trabajando en ello y en breve se verán los resultados. ■

Concurso de dibujo infantil para Primaría y Secundaría

Rafael Parra Salmerón. Secretario del Consejo.

El Consejo Superior de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas Y Energía, convocó un concurso nacional de dibujo infantil teniendo como tema central, la minería y su entorno, con el objetivo de que los más pequeños tengan un concepto más acorde de lo que la minería y la explotación de los recursos naturales, respetando el medio ambiente, supone para la sociedad en cuanto a mejora del nivel de vida y la generación de trabajo y riqueza con el añadido de que en general las explotaciones mineras se encuentran en entornos desfavorecidos y en muchos casos con muy poca población, en zonas que ya se conocen como la "España vaciada".

Al concurso se han presentado un total de 97 dibujos procedentes de todos los rincones del país, lo que se puede considerar como un éxito rotundo, dadas las circunstancias que estamos viviendo a causa del COVID-19 y los más de tres meses de confinamiento que hemos padecido.

El Comité Ejecutivo del Consejo nombró una comisión encargada de estudiar todos los dibujos presentados y emitir un fallo sobre los mismos, esa comisión tras varias reuniones dio a conocer los resultados en los que se dieron tres primeros premios a los mejores dibujos y siguiendo las recomendaciones del Comité Ejecutivo de que todos los Colegios participantes tuvieran algún tipo de reconocimiento se han concedido cuatro accésit a los mejores dibujos de cada Colegio excluyendo a los premiados.

La relación de premiados es la siguiente:

Primer premio: dibujo número 87

Autora:
Aitana Jaskilevich García
Centro:
IES Eduardo Janeiro.(Fuengirola, Málaga)

Segundo premio: dibujo número 28

Autora:
Marta Viciano García
Centro:
Instituto Ramón Berenguer IV (Cambrils, Tarragona)

Tercer premio: dibujo número 7

Autora:
Ana María Merina Gamero
Centro:
Sagrada Familia (Las Francesas, Córdoba)

Los cuatro accésit han correspondido a los siguientes dibujos:

Colegio de Cartagena. Dibujo número 1
Autora: Cristina Parra Ortigosa
Centro: Fuente Blanca. Murcia

Colegio de Asturias. Dibujo número 4
Autor: Enrique Hevia Núñez
Centro: Colegio San Ignacio Jesuitas. Oviedo

Colegio de Huelva. Dibujo número 73
Autora: Lucía Ortega Abad
Centro: Colegio Buen Pastor. Sevilla

Colegio Galicia. Dibujo número 94
Autor: Alejandro Veites Freire
Centro: Colegio Santo Tomás. O Porriño (Pontevedra)

Oportunamente y desde el Consejo se comunicará, tanto a los premiados como a los colegios que han participado, la concesión de los diferentes premios.

Los premios para cada categoría consistirán en un diploma para cada uno de los autores/as de los dibujos elegidos por la Comisión, así como un regalo para los premiados.

También para los colegios en los que sus alumnos hayan obtenido algún premio, se les obsequiará por parte del Consejo con una placa conmemorativa.

Los diferentes premios serán entregados por los Decanos de los diferentes Colegios coincidiendo en la medida de lo posible con la festividad de nuestra Patrona Santa Bárbara. ■

NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA

1. Los artículos enviados para su publicación deberán ser inéditos. No obstante si hubieran sido publicados en algún encuentro científico o profesional deberá indicarse tal circunstancia, a fin de que el comité editorial valore la idoneidad de su publicación.

2. El presentación del artículo será en formato digital en dos tipos de archivo: uno en formato .pdf donde el autor habrá maquetado a su gusto el artículo con la posición de las fotografías, tablas e ilustraciones que lo acompañan; y otro donde irá el texto en formato Word editable. Las fotografías, tablas o ilustraciones, irán en formato .jpg.

3. El título del artículo no sobrepasara los 60 caracteres, contando los espacios. Se podrá hacer un subtítulo de igual extensión. Se valorará positivamente que se adjunte la traducción al inglés del título y el subtítulo.

4. Tras el titulo deberá adjuntarse el nombre y apellidos del autor/autores, con la titulación, empresa o entidad donde trabaja y datos de contacto: teléfono y e-mail. Los datos de contacto no serán publicados en la revista y únicamente son por si el comité editorial debe ponerse en contacto con el/ los autor/es.

5. El artículo irá precedido de un resumen de entre 50 y 150 palabras con una relación de palabras clave. Se valorará positivamente que se adjunte la traducción al inglés.

6. La extensión del texto del artículo no será superior, sin fotografías ni tablas, o ilustraciones, a los seis páginas DIN A4, con tipo de letra Arial 12 y márgenes: superior 2,5 cm; inferior 2,5 cm; derecho 3 cm.; izquierdo 3 cm. El espaciado será 1,5.

7. Si el artículos va dividido en apartados, éstos tendrán un titulo apropiado al contenido, serán concisos, menos de 60 caracteres contando los espacios, y se harán en Arial 14 negrita.

8. Las referencias bibliográficas en el texto se harán con los apellidos del autor y año de publicación. En caso de varios autores se indicará solo el nombre del primero seguido de “et al”.

9. La bibliografía se presentará al final en orden alfabético, indicando apellido e inicial del nombre de cada autor, año, título del trabajo, publicación, número de volúmenes: primera-última página.

10. Los trabajos se acompañarán de, al menos, tantos documentos gráficos (fotografías, tablas, ilustraciones,…), como páginas tenga el artículo. Los pies de fotos, tablas e ilustraciones, estarán perfectamente identificados. En el caso de las tablas, las unidades y símbolos serán los del Sistema Internacional.

11. Los documentos gráficos tendrán la calidad suficiente para su publicación, y no deberán requerir una reducción mayor del 50% del tamaño que se acompañe.

12. Los artículos se presentarán vía Colegio Territorial al que pertenezca el/los autor/es. En caso de pertenecer a más de un colegio, bastará con la presentación en uno de ellos.

13. Los artículos publicados quedarán en propiedad del Consejo. Los no publicados se devolver al colegio de procedencia.

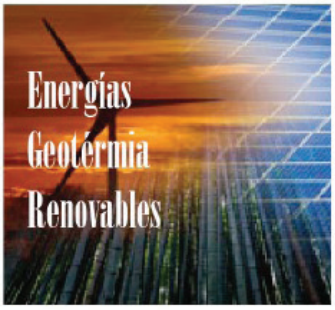
14. Los autores, con la presentación del artículo para su publicación, aceptan las correcciones de textos y revisión de estilo que decida el comité editorial, así como lo dispuesto en las presentes normas.

CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS Y GRADOS EN MINAS Y ENERGÍA

www.consejominas.org

¿Aún no sabes qué vas a estudiar?

GRADO DE MINAS Y ENERGÍA



Medio Ambiente, Demoliciones Aguas subterráneas, Administraciones Públicas, Prevención de Riesgos, Geotécnia, Industria petrolera, Seguridad

¿Te atreves?

¿Te interesa?

ESCANÉAME

¡UNA PROFESIÓN QUE MIRA AL FUTURO!

Con muy baja tasa de desempleo

Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos de Minas y Grados en Minas y Energía

Visita nuestro video explicativo
https://youtu.be/Uz21-ARfDFE