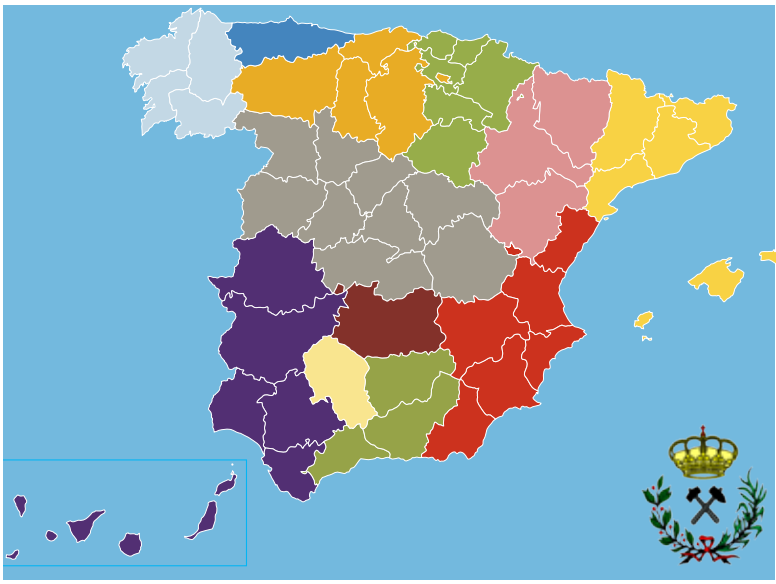
19
2023

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: Francisco Javier Amorrortu Barreda
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: Justo Paulino Tejerina Prieto
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 Villarreal 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. comincor.com

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:
Andrés Jerez García

TESORERO:
Víctor Aitor Álvarez González

CONSEJEROS:
Rafael Parra Salmerón
Javier Amorrortu Barreda
Juan Ignacio Navarro Villanueva
Justo Paulino Tejerina Prieto
Jonatan Rodríguez Calzada
José Augusto Suárez García
Rosina María Martín González
Antonio Villareal Pacheco

Directora de la publicación:
Nuria Yagües Pérez

Fotografía de portada:
bigstockphoto

Colaboran en este número:
Fernando Díaz Riopa, Javier Amorrortu Barreda, Pelayo Fernández Álvarez, Marcos Rosa Guisado, E. Bonet, M.T. Yubero, Lluís Sanmiquel, Marc Bascompta, Antonio B. Martínez Sánchez, Juan Antonio Freijo Pasarín, Miguel Ortiz Mateo, José Carlos Losilla Rayo, María de los Remedios Gil Ortega.

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

Los estudios universitarios de minas y energía 4

06 actualidad tecnológica

MINERÍA
Tratamiento de aguas ácidas de mina 6

De la mina al turismo: Lo que hay detrás del turismo minero 14

CONSTRUCCIÓN
Metodologías IA en la detección de infiltraciones en presas) 26

Travertino amarillo y oro de Albox-Almería 34

SEGURIDAD Y SALUD
Dirección Facultativa y nuevas obligaciones 48

ENERGÍA
Bio-combustibles, combustibles sintéticos, vehículos eléctricos y la no fabricación de vehículos que consuman derivados del petróleo para el año 2035” 56

Energía mareomotriz
Una energía inagotable y desconocida 64

Baterias de iones de litio 72

RESPONSABILIADAD CIVIL
La responsabilidad civil profesional y su aseguramiento 80

LOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS DE MINAS Y ENERGÍA



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.

Que la industria extractiva tiene su lugar estratégico en el conjunto de las actividades económicas de un territorio, es un asunto que ya parece que tanto las Administraciones Públicas españolas y la vieja Europa y su enorme aparato burocrático, han comprendido y prueba de ello son la Hoja de Ruta española y la futura Ley de Materias Primas Críticas europea.

Por otra parte, no nos cabe duda de la importancia económica que nuestra industria supone en los municipios donde se encuentra erradicada. Donde hay yacimientos en explotación se advierten varios parámetros que revelan su importancia económica por la disminución del desempleo, la contribución de manera notable a fijar la población y, por si fuera poco, con la incorporación de la mujer a casi todos los puestos de trabajos que se crean en este tipo de industrias y sus instalaciones auxiliares, se contribuye claramente a la fijación de toda la familia, lo que ayuda a paliar en parte el problema de la denominada España vaciada. En estas mismas líneas hemos puesto de manifiesto en otras ocasiones la esencialidad para la economía de un Estado de la actividad extractiva.

Por todo ello podemos decir sin temor a equivocarnos, parece que corren buenos tiempos para la industria extractiva o al menos más favorables que hace tan solo poco menos de un par de décadas y es muy de agradecer.

Pero dicho esto, nos preocupa de manera especial la falta de alumnos, en algunos casos alarmantes en los estudios universitarios en

Minas y Energía. Grave problema a corto y medio plazo. De las trece escuelas que existen en España puede haber ya alguna en peligro de extinción.

Vaya por delante que asumimos nuestra propia responsabilidad como corporaciones de derecho público tanto nuestro Consejo General como el Consejo de Ingenieros de Minas debemos asumir ponernos al frente del problema para arbitrar medidas que contribuyan a mejorar las matriculaciones en las Escuelas de Minas, tanto de Grados como de Máster.

Por otro lado, las Administraciones Públicas competentes en materia de Educación autonómicas y del Estado pueden ayudar quizás algo más de lo que lo hacen ahora y en algunos aspectos concretos. Primero en la redacción de los libros de texto escolares que muchos de ellos demonizan al sector de manera gratuita, ignorando gravemente cómo sería la sociedad si no se usan habitualmente los productos procedentes de la industria extractiva. Y eso lamentablemente se lo van inculcando desde pequeños a los niños y sobre todo a los adolescentes en puertas de elegir que estudios van a emprender. Es una auténtica hipocresía que cualquier persona disponga en su cotidianeidad de aparatos electrónicos, móviles, ordenadores, vehículos eléctricos y en general todo tipo de tecnologías y sea contrario a la extracción de los componentes fundamentales para su fabricación y además teniéndolos aquí en España, por poner unos sencillos ejemplos, extraer cobre, litio, cobalto y todas las denominadas tierras raras.

Otro problema a tener presente por parte de las autoridades académicas es la falta de profesorado en bachillerato que sean conocedores de las Ciencias de la Tierra que harían que se impartiera en sus clases un punto de vista más ajustado a la verdad del papel que tienen las industrias minera y energética en nuestra sociedad actual y sobre todo en el futuro. La ignorancia es muy atrevida.

También habría que considerar la enorme falta de centros docentes de Formación Profesional que dispongan de recorridos en materias relacionadas con la industria extractiva, es decir, sondeos, excavaciones, voladuras, operadores de maquinaria, volquetistas, palistas, artilleros y otros profesionales con posibilidad de empleo en la misma.

Todo esto lleva consecuentemente a que las Escuelas de Minas estén semivacías, con falta de alumnos y por tanto con una tasa de egresados de las menores en la Ingeniería española, a pesar de ser una rama con historia, prestigio y paradójicamente con pleno empleo. Sí, hemos dicho bien, hoy en día los Graduados y Master en Minas y Energía, que facultan para las profesiones de Ingeniero Técnico de Minas e Ingenieros de Minas respectivamente, tan tecnológicas como cualquiera otra rama de la Ingeniería disponen de unas posibilidades de trabajo absolutamente envidiables para cualquier egresado de una Escuela de Ingeniería española.

Para concluir, desde aquí, una vez más, nos permitimos poner en conocimiento de la opinión pública que nuestra industria extractiva española hace minería sostenible, por tanto respetuosa con el entorno, con la mayor tecnología existente constituyendo una realidad incuestionable desde hace ya varios años y por eso debe continuar activa las próximas décadas contribuyendo de ese modo a crear riqueza, empleo de calidad y, por tanto, también la necesidad de titulados universitarios en Minas y Energía, una Ingeniería con un gran presente y un enorme futuro. ■

Tratamiento de aguas ácidas de mina

Treatment of acid rock drainage



Fernando Díaz Riopa. Ingeniero Técnico de Minas (Atalaya Mining).

Javier Amorrortu Barreda. Ingeniero Técnico de Minas (Cobre San Rafael).

Pelayo Fernández Álvarez. Geólogo (Cobre San Rafael)

Colaborador: INTACTA S.L.

Palabras clave: Tratamiento, aguas, metales, minería, touro.

Key words: Treatment, water, metals, mining, touro.

RESUMEN
El principal problema de las aguas ácidas de mina son los metales disueltos. Su solubilidad depende de la acidez de las aguas, por lo que ajustar el pH es la vía principal para su eliminación. En el caso de Touro, se ha diseñado un tratamiento físico-químico en cuatro etapas basado en la adición de cal, la oxidación con aire de ciertas especies metálicas y forzar la precipitación de los metales disueltos. A continuación, se añade floculante y se pasan las aguas por un decantador donde se eliminan las partículas formadas. Finalmente, se reajusta el pH de salida para reutilizar o verter aguas perfectamente claras y libres de metales. Adicionalmente, se está probando una quinta fase biológica para completar el tratamiento.

ABSTRACT
Dissolved metals are the main problem of acid rock drainage. Its solubility depends on the acidity of the waters, so adjusting its pH is the main procedure to remove them. In Touro, a four-stage physical-chemical treatment has been designed based on the addition of lime, oxidation using atmospheric air and forcing the precipitation of dissolved metals. Up next, flocculant is added, and the waters are passed through a decanter, where the particles formed are removed. Finally, the output pH is readjusted to reuse or pour perfectly clear and metal-free water. Additionally, a biological phase is being tested to complete the treatment.

SOLUBILIDAD DE METALES PESADOS

El problema principal de las aguas ácidas de mina es la presencia de metales pesados disueltos. La disolución de estos elementos está directamente relacionada con el grado de acidez de las aguas y su estado químico de valencia. En general, cuanto más bajo sea el pH mayor capacidad tendrán para disolver elementos que se encuentren en las rocas. Si las aguas pierden acidez, su capacidad para mantener metales pesados en disolución, en general, disminuye y parte de los metales y otros elementos disueltos pasan a formar compuestos sólidos que precipitan. Por otra parte, ciertas especies metálicas se vuelven insolubles al incrementar su estado de valencia mediante procesos de oxidación.

Lo que ocurre con los drenajes ácidos de mina es precisamente esto. Las aguas se acidifican por estar en contacto con sulfuros u otros materiales acidificantes en condiciones oxidantes. Cuando este tipo de minerales están expuestos a la intemperie, en contacto con oxígeno y agua, se oxidan y tiene lugar una reacción en la que los sulfuros se transforman en sulfatos, se aporta acidez procedente de la liberación de protones en la reacción química y los metales pasan a estar en disolución (Senese, et al., 2021):

$$FeS_2 + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow Fe^{3+} + 4H^+ + 2SO_4^{2-}$$

En la fórmula anterior se muestra lo que ocurre cuando se oxidan sulfuros de hierro (pirita o pirrotina), si los sulfuros expuestos tienen una composición diferente, serán otros los metales que se disuelvan. Esto no significa que los únicos metales a eliminar de las aguas ácidas sean los asociados a los sulfuros. Una vez que estas aguas se han acidificado, tienen la capacidad de disolver otros minerales, pasando nuevos elementos a las aguas.

Los metales que habitualmente están presentes en altas concentraciones en las aguas ácidas son Fe y Al, ya que son los metales más abundantes en las rocas de la corteza terrestre. Junto con estos dos metales mayoritarios es habitual que aparezcan Mn, Cu, Ni, Cr, As, etc.,

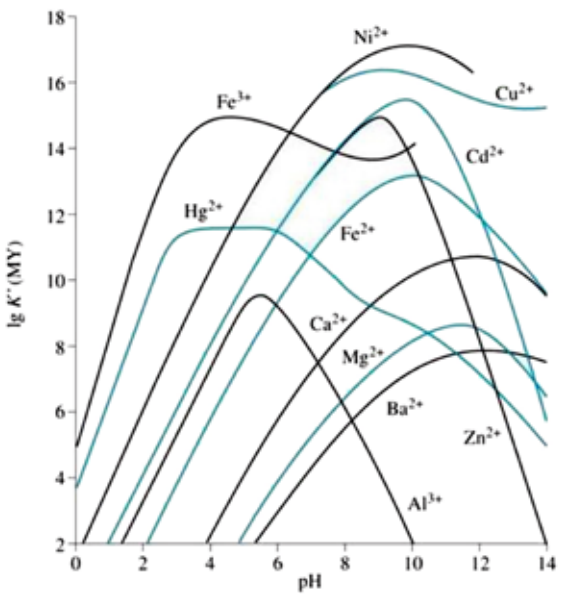
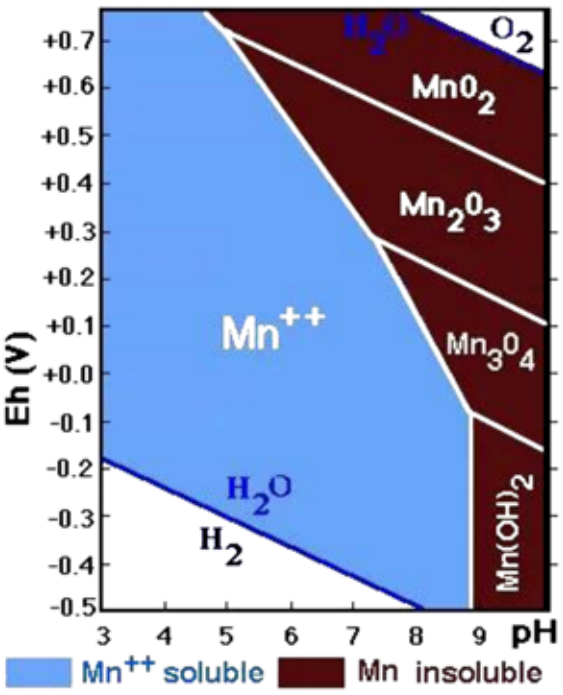


Ilustración 1. Solubilidad de metales en función del pH. (Binnewies, et al., 2004)

Ilustración 2. Diagrama de estabilidad del Mn en función del pH y del potencial redox del medio (Eh). (Álvarez-Rodríguez, et al., 2011).



cuya presencia dependerá de la composición de las rocas que entren en contacto con los drenajes ácidos.

Como ya hemos mencionado, los metales pesados son más solubles cuanto más bajo sea el pH del agua. Por ejemplo, el Fe presenta valores máximos de solubilidad en condiciones hiperácidas, por debajo de pH 3, y su solubilidad disminuye progresivamente a medida que desaparece la acidez, siendo ya muy poco soluble a valores de pH>4,5. Este es el comportamiento de la mayoría de metales pesados que podemos encontrar en las aguas ácidas de mina, pero hay excepciones, entre las que podemos destacar Al, Zn, Cd o Hg, cuya solubilidad es máxima en aguas hiperácidas, tienen su mínimo de solubilidad en valores de pH en torno a 7-8, pero vuelve a aumentar a pH>8, llegando a ser tan solubles en condiciones alcalinas (pH>10) como ácidas.

Una última excepción a lo visto hasta ahora es el Mn, este metal es muy soluble en condiciones ácidas y su solubilidad va disminuyendo a medida que aumenta el pH, como hemos visto en el ejemplo del Fe, pero en este caso su mínimo de solubilidad no se da en condiciones neutras, sino que es altamente soluble hasta pH claramente alcalinos (pH>9). El Mn requiere un cambio de valencia respecto al estado natural en que se encuentra en las aguas de mina; para poder alcanzar condiciones de separación química.

Este comportamiento de los metales en función de la acidez es muy importante a la hora de diseñar y dimensionar el tratamiento de las aguas, ya que la manera más eficaz de eliminarlos de las aguas es forzando su precipitación mediante correcciones de la acidez. Por lo tanto, el ajuste del pH durante el tratamiento debe ser el adecuado para conseguir que todos los metales alcancen sus condiciones de mínima solubilidad, al mismo tiempo que no se produzcan redisoluciones de metales ya precipitados.

Por otro lado, como se puede ver en las gráficas anteriores, los fenómenos de coprecipitación permiten aplicar una coagulación "de barrido" de manera que, a un pH determinado, se genera la precipitación de varios metales cuyos mínimos de solubilidad unitaria corresponden a varios valores de pH.

AGUAS A TRATAR EN EL CASO DE TOURO – O PINO

En el entorno minero de Touro – O Pino, debido a la actividad extractiva que se desarrolló en este lugar durante las décadas de los años 70 y 80 del s. XX, unido a la geología especial de la zona, las escorrentías sobre las rocas expuestas y las escombreras existentes entran en contacto con rocas ricas en sulfuros de hierro y cobre (pirita, pirrotina y calcopirita). Cuando este tipo de minerales quedan expuestos, sea de manera natural o por haber sido removilizados, tiene lugar la reacción vista en el apartado anterior, quedando el Fe y el Cu disueltos en las aguas ácidas. Además de sulfuros, las rocas del yacimiento de Touro – O Pino están compuestas mayoritariamente por anfíboles, plagioclasas, feldespatos, varios tipos de filosilicatos y granates, todos estos minerales son silicatos, por lo que disolverlos es muy difícil, únicamente se disuelven parcialmente en contacto con soluciones ácidas. En el caso que nos ocupa, al formarse las aguas ácidas por la oxidación de los sulfuros, estas afectan al resto de minerales y los disuelven parcialmente, lo que supone el aporte de nuevos elementos a las aguas. Esta disolución de los silicatos aporta a las aguas cantidades importantes de Fe, Mn y Al, todos ellos presentes en mayor o menor proporción en los silicatos mencionados. Junto con estos metales mayoritarios, cuyas concentraciones alcanzan valores muy altos en las aguas ácidas de esta zona, metales minoritarios como Cu, Zn o Ni, cuyas concentraciones en estas rocas son muy inferiores, también pasan a estar disueltos en las aguas, aunque en concentraciones mucho más bajas. Además de los metales disueltos, debido a las actividades industriales que se desarrollan actualmente en los antiguos terrenos mineros, las aguas presentan niveles anómalos de compuestos orgánicos como el amonio, que deben ser eliminados para cumplir con los parámetros de vertido exigidos por la administración y no generar afección alguna al medio.

En las aguas de esta zona, la gran diferencia entre las concentraciones de los 3 metales mayoritarios y el resto hace que su eliminación sea el principal condicionante a la hora de tratar las aguas. Es decir, si se alcanzan las condiciones necesarias para forzar la precipitación de todo el Fe, Mn y Al, también serán más que suficientes para controlar las concentraciones del resto de metales, que parten de una concentración inicial mucho más baja. El otro gran condicionante es la eliminación del amonio, ya que precisa de un tratamiento completamente diferente al de eliminación de los metales.

Parámetro	Ud.	Concentración
pH	uds. pH	4.21
Fe	µg/L	20000
Al	µg/L	3045
Mn	µg/L	4035
Cu	µg/L	300
Zn	µg/L	184
Ni	µg/L	125
Cd	µg/L	1.25
Cr	µg/L	7.23
Amonio (NH_4)	mg/L	3.77
Ntotal	mg/L	3.82

Tabla 1. Ejemplo de concentraciones habituales en las aguas ácidas del entorno de Touro.

DISEÑO DEL TRATAMIENTO

El diseño del tratamiento de las aguas afectadas por las antiguas actividades mineras de Touro – O Pino, así como las aguas generadas por las industrias activas actualmente en estos terrenos, ha sido desarrollado por la empresa INTACTA S.L. a partir de ingeniería básica realizada por Cobre San Rafael S.L.

El tratamiento consiste en un proceso físico-químico basado en la adición de reactivos para facilitar la coagulación-floculación de elementos disueltos y eliminarlos por decantación. Además, es necesario ajustar el pH al final del proceso para reutilizar las aguas o verterlas al Dominio Público Hidráulico cumpliendo los límites exigidos por la administración.



Ilustración 3. Aspecto de la planta ya instalada en los terrenos de la mina de Touro – O Pino.

Por lo tanto, el proceso de tratamiento se compondrá de las siguientes etapas:

- **Etapa 1. Llegada de agua bruta y coagulación:** el tratamiento comienza en el tanque de reacción. Aquí llega el agua bruta (agua a tratar) y se comienza su tratamiento añadiendo lechada de cal para aumentar la alcalinidad y conseguir la precipitación de los metales. Además de este ajuste del pH, en esta primera fase se favorece la oxidación mediante soplantes que inyectan aire a través de barras difusoras. Esto facilita la formación de óxidos e hidróxidos sólidos a partir de los metales disueltos en el agua, acelerando el proceso de coagulación.

- **Etapa 2. Floculación:** el agua pasa a un segundo tanque y se adiciona floculante, un producto que facilita la formación de agregados de mayor tamaño a partir de las partículas precipitadas en la primera etapa. Estas partículas de mayor tamaño son más pesadas y más fácilmente sedimentables, lo que facilita la siguiente etapa del tratamiento.

- **Etapa 3. Decantación:** tiene lugar en el tanque de decantación, donde los agregados formados en las etapas anteriores caen al fondo y son retirados. En este caso la decantación se realiza en un decantador lamelar. Esto consiste en un tanque en el que se instalan paquetes conformados por canales inclinados que frenan el paso de las partículas, promoviendo su separación respecto al agua circulante. Al reducir la velocidad y aumentar el tiempo de residencia del agua en el tanque, se favorece la precipitación de todas las partículas sólidas, consiguiendo una clarificación total del agua.

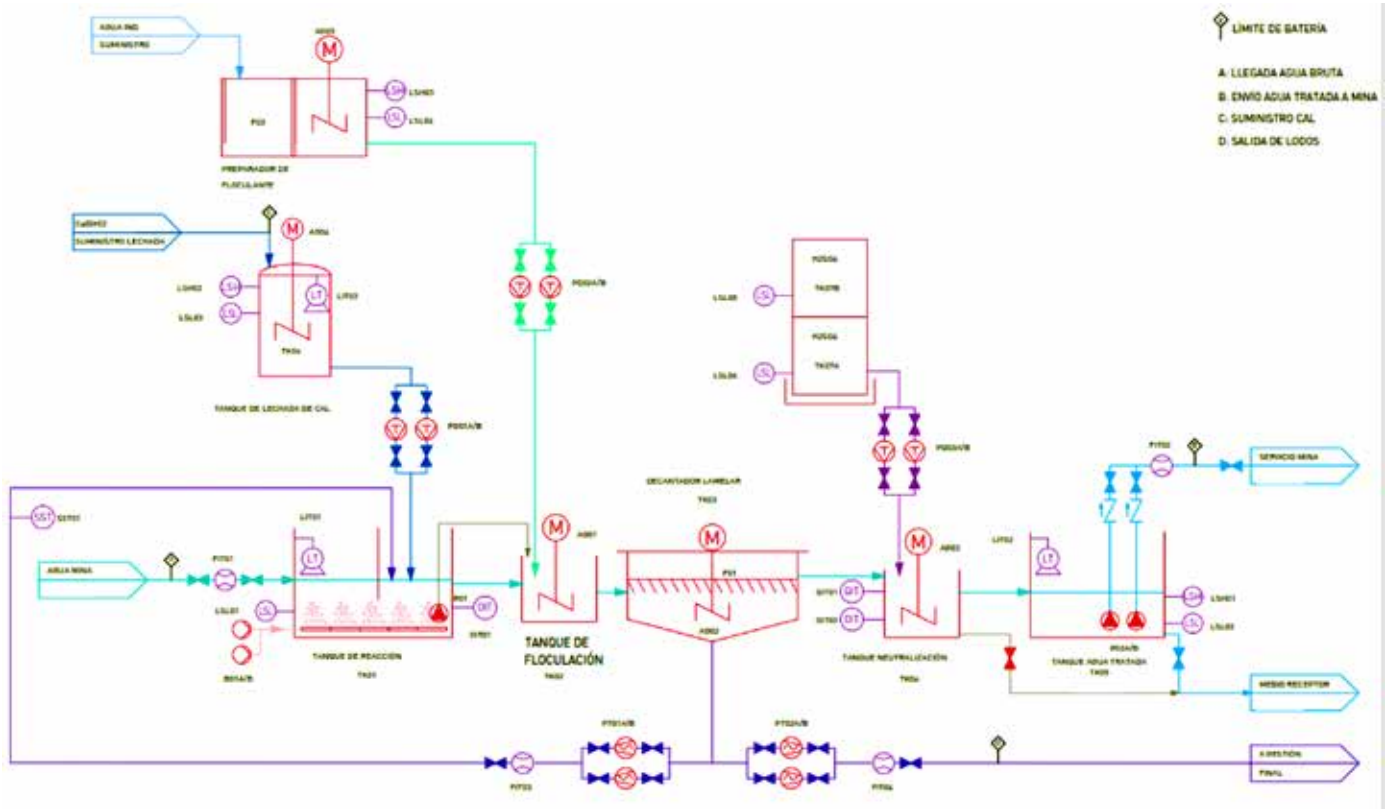


Ilustración 4. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas diseñada para las aguas de Touro. Elaborado por INTACTA S.L.

Estas partículas, una vez sedimentadas, forman un lodo que sale del tanque de decantación por válvulas instaladas en su base. Parte de ese lodo se recircula al tanque de reacción, así estos flóculos presentes en el lodo ayudan a la formación de partículas de mayor tamaño en la primera etapa de tratamiento. El lodo sobrante sale de la planta y es gestionado conforme a la normativa.

- **Etapa 4. Neutralización:** el agua ya clarificada y libre de metales, pasa a un cuarto tanque donde se corrige el pH hasta devolver el agua a valores neutros de acidez. El agua llega a este tanque con pH altos debido a la adición de cal realizada en la primera etapa, por lo que es necesario aportar un ácido que neutralice dicha alcalinidad. En este caso se utiliza un ácido que permite entregar las aguas al medio dentro de los límites de pH establecidos en la normativa. Finalmente, el agua clarificada y neutralizada se almacena en un último tanque para, desde ahí, destinarla a su reutilización o entregarla al medio.

Una vez finalizadas estas cuatro fases de tratamiento físico-químico, se aplicará una quinta fase de tratamiento biológico en la que se elimina por completo el amonio y otros compuestos nitrogenados, consiguiendo un tratamiento completo de las aguas en el que se consigue eliminar incluso los contaminantes orgánicos, obteniendo unas aguas de alta calidad que cumplen con todos los parámetros exigidos por la administración y no generen ninguna afección al medio. Esta última fase de tratamiento todavía está en fase de pruebas, con una planta piloto instalada in-situ cuyos primeros resultados son positivos.



Ilustración 6. Detalle de la diferencia en el aspecto del agua antes y después de pasar por el decantador lamelar.

RESULTADOS OBTENIDOS

Actualmente, esta instalación de tratamiento lleva más de 1 año en funcionamiento, habiendo tratado más de 1.400.000 m^3 de agua. A lo largo de este tiempo se han tomado muestras del agua tratada y se ha comprobado que el tratamiento es tremendamente eficaz.

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones medias de los metales en el agua tratada y las vistas en aguas ácidas. Esta comparativa deja clara la importante bajada en todos ellos y la eficacia del tratamiento. También se muestran datos de la cabecera del río Lañas, donde se encuentra la captación para el abastecimiento del Concello de Touro. Se puede ver que las aguas tratadas en la planta presentan valores muy similares a aguas que están siendo captadas y potabilizadas, lo que deja abierta la posibilidad de reutilización de las aguas tratadas en esta planta para el consumo humano, teniendo presente en todo momento que sería necesario su tratamiento en una ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable). ■



BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Rodríguez, Esperanza y Fernández-Marcos, María. (2011). Metales pesados en el suelo.

Binnewies, Jackel, Wilner y Rayner-Canham (2004). Allgemeine und Anorganische Chemie. Spektrum Akademischer Veriag. Munich.

A. Senese, M. Negrelli, N. Hidalgo (2021). Revista Colombiana de Materiales, ISSN 2256-1013, nº18, pp. 3-20

Parámetro	Ud.	Aguas ácidas	Aguas tratadas	Agua potabilizable
pH	uds. pH	4.21	7.18	6.93
Fe	µg/L	20000	72.3	63.81
Al	µg/L	3045	39.9	53.37
Mn	µg/L	4035	233.6	132.14
Cu	µg/L	300	3.7	16.51
Zn	µg/L	184	9.8	14.67
Ni	µg/L	125	7.6	5.39
Cd	µg/L	1.25	0.02	<0.25
Cr	µg/L	7.23	2.1	<1
Amonio	mg/L	3.77	0.39	<0.05
N total	mg/L	3.82	2.3	3.35

Tabla 2. Comparativa entre los valores vistos en las aguas ácidas y los que se obtienen mediante el tratamiento aplicado en Touro.

De la mina al turismo: Lo que hay detrás del turismo minero

¿Qué necesita un Centro Turístico sobre la Minería?

From the mine to tourism: What lies behind a Mining Tourist.

What does a Mining Tourist Center need?

Marcos Rosa Guisado. Ingeniero Técnico de Minas. Grado en Ingeniería de Minas.

Palabras clave: turístico, minero, viabilidad, planificación, coste, ingresos, personal, DAFO, estratégico, sostenible

Keywords: *tourist, mining, feasibility, planning, cost, income, personnel, SWOT, strategic, sustainable.*



RESUMEN:
Arrancar un centro turístico es un proyecto complejo, donde se han de detectar, analizar y estudiar una multitud de factores que intervendrán en el inicio y mantenimiento de nuestro nuevo proyecto. No tener en cuenta alguno de ellos puede ser causa de que no consigamos iniciar nuestro centro, o de que la vida y/o utilidad del centro este sea corta. Lo que se quiere exponer en el presente artículo es sólo la punta del iceberg en lo referente a la gestión de este tipo de centros y sus estudios de viabilidad, siendo la realidad mucho más compleja, y necesitando que la planificación sea adaptable a cada caso y momento concreto. No se pretende que este escrito se tome, por lo tanto, como una guía, sino más bien como una introducción a este complejo mundo.

ABSTRACT:
Starting a tourist center is a complex project, where a multitude of factors must be identified, analysed, and studied to initiate and maintain the new venture. Neglecting any of these factors can lead to difficulties in launching the center or result in a short-lived and unprofitable operation. The present article only scratches the surface of managing such centers and their feasibility studies, as the reality is much more intricate, requiring adaptable planning for each specific case and moment. This writing should not be regarded as a definitive guide but rather as an introduction to this intricate world.



Museo Minero de La Unión (Murcia)

Desde el primer momento en el que se considera interesante la creación de un centro turístico minero, bien con la construcción o rehabilitación de una galería minera, bien un museo o centro de interpretación, es tentador imaginarse la ejecución de este espacio, y empezar a pensar en la mejor forma de plantear la estructura, museografía, y las mejores formas de que estas ofrezcan el máximo contenido y sean atractivas para el público visitante, etc., pero dejamos de lado lo más importante: este tipo de centro se ha de concebir y gestionar como un negocio. Como tal, es necesario, antes de nada, realizar un estudio de viabilidad que nos ayude a descubrir, aclarar y ordenar, las necesidades que este tendrá, y las necesidades que el entorno tendrá de nuestro nuevo centro.

Generalmente los costes de planificación suelen estar en torno de un 3 al 5% del presupuesto total. No se ha de ver este coste como algo salvable o superfluo, por el contrario, ha de tomarse con la filosofía de que ha de funcionar como un "seguro" que nos ayudará a que el 95% restante de nuestro proyecto no naufrague.

¿"CUÁNTO" CUESTA UN CENTRO TURÍSTICO MINERO?

Los costes de nuestro centro turístico minero se podrían agrupar en dos: los iniciales (o de creación), y los de mantenimiento.

Los costes de creación generalmente están cubiertos por la inversión inicial que suele estar sufragada por subvenciones públicas, miembros de la comunidad, empresas, ayuntamientos y/u otros entes locales, o incluso por el bolsillo de los propios miembros fundadores, y suelen estar incentivados por la aparición de donaciones de empresas, o de particulares, de patrimonio, materiales o colecciones de esta temática (mineralógicos, geológicos y/o mineros) en lugares donde la minería ha sido una pieza fundamental de ese entorno.

Normalmente, los costes iniciales se suelen sufragar con importes que se obtienen de una sola vez, y una sola vez, por lo que se corre el peligro de no contemplar, ni planificar adecuadamente, los costes que aparecen a continuación: los de mantenimiento del normal funcionamiento del nuevo centro.



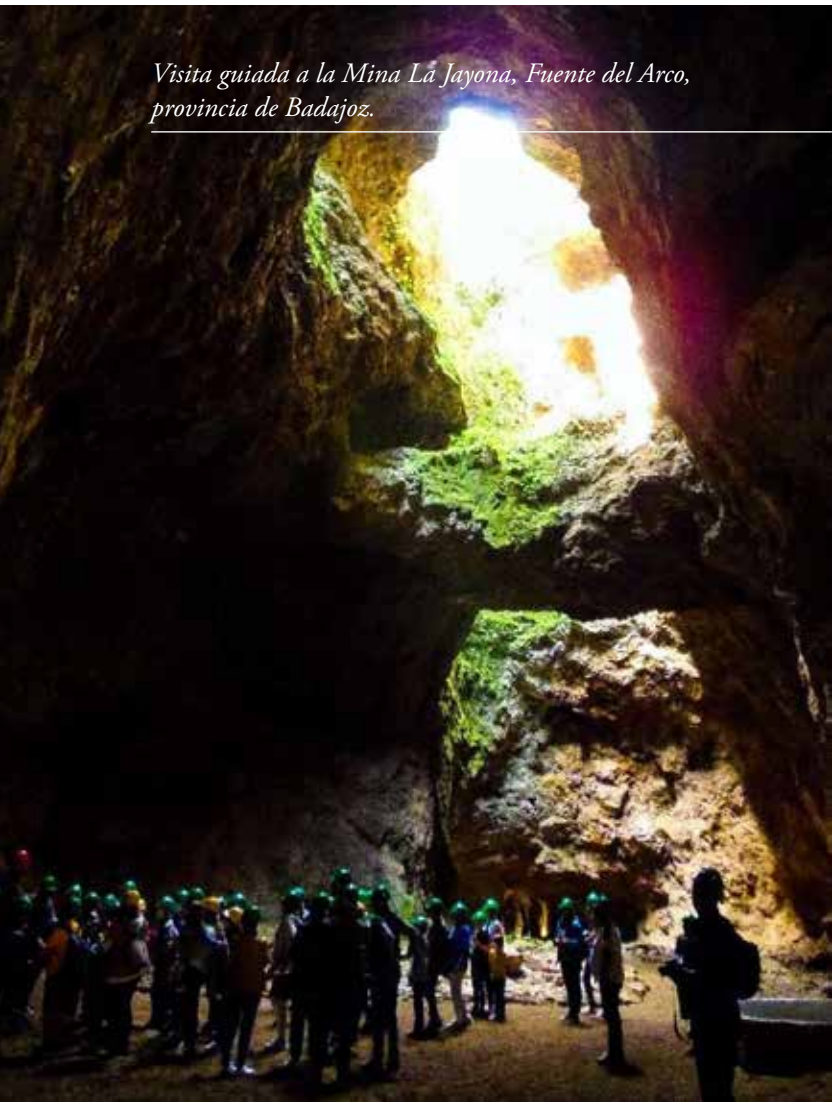
Museu de Geologia Valentí Masachs (Manresa, Barcelona). El Museo se ha beneficiado de la donación de una serie de colecciones, entre las que destacan: Josep Lluís Serch i Valls (1983); Carles Curto i Milà (1991); Josep Closas i Miralles (1997); y Jaume Serrate (2002)

Como anteriormente se ha mencionado, se ha de enfocar el nuevo centro como una empresa, por lo que habrá de mantenerse, como mínimo, en un equilibrio entre sus fuentes de ingresos y sus costes. En lo referente a los costes de mantenimiento, podremos distinguir dos grandes grupos: los costes directos y los costes indirectos (no confundir con el término contable "gastos generales").

Los costes directos serán los generados por realización de determinadas iniciativas, tales como la creación de una exposición temática temporal, una serie de actividades o excursiones, el envío o la recepción de una exposición itinerante, etc… Más adelante profundizaremos en esta tipología de costes.

Por otro lado, los costes indirectos serán los ocasionados por todos aquellos costes que no puedan ser imputados a una iniciativa concreta, pero que sean necesarios para el normal funcionamiento de nuestro centro. En este grupo entrarían, siempre que no fueran imputables a una iniciativa concreta, por ejemplo, el sueldo de directivos, administrativos y personal, mantenimiento del centro, limpieza, seguros, impuestos, electricidad, servicios y en el caso de compra o alquiler del inmueble, hipoteca o alquiler mensual, etc. A estos costes se habrán de sumar los originados por los materiales, profesionales y medios para la promoción del centro, indispensable para nuestra imagen y una captación adecuada de visitantes.

Es necesario, antes de nada, realizar un estudio de viabilidad que nos ayude a descubrir, aclarar y ordenar, las necesidades que nuestro nuevo centro turístico minero tendrá, así como las necesidades de su entorno.



Visita guiada a la Mina La Jayona, Fuente del Arco, provincia de Badajoz.





elDiario.es

Política Internacional Economía Opinión Cultura Educación Clima Desalambre Igualdad Festival

ÚLTIMA HORA El Bloq confirma que votará a favor de la investidura de Sánchez

El público del Museo Sorolla estalla ante el cierre de las salas por falta de personal

El centro recibe dos centenares de reclamaciones por la falta de acceso en lo que va de año, lo mismo que sucede en otros tantos museos gestionados por el Ministerio de Cultura

— Crisis en los museos estatales: sufren cierres desde hace un año por falta de vigilantes

Dos personas esperan para entrar en el Museo Sorolla, en Madrid

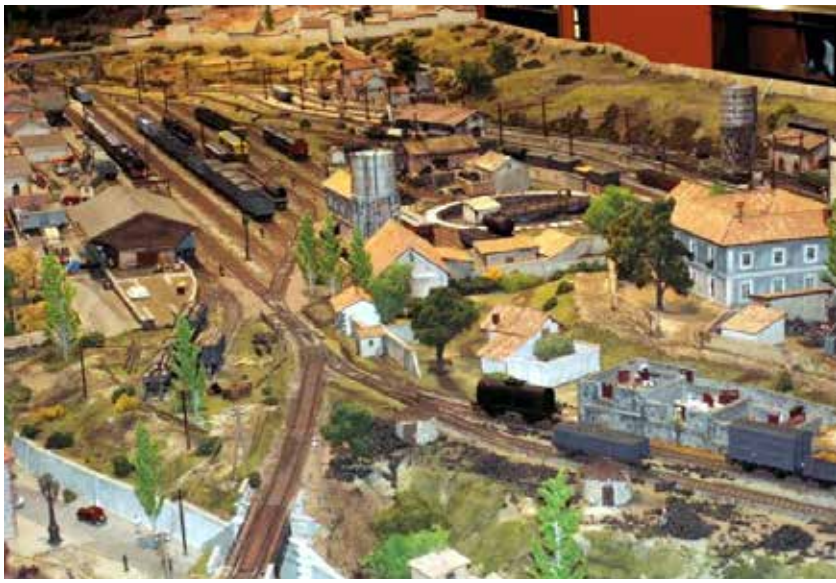
Noticia del periódico digital elDiario.es de 4 de mayo de 2022

Dentro de los costes indirectos, tendrán una especial incidencia los costes de personal. Además del personal directivo y/o administrativo, un museo o centro de interpretación dedicado a la minería, y más si estamos hablando de galerías simuladas o instalaciones que necesiten de una visita guiada, necesita de personal que hagan a la vez de guías y acompañantes de los grupos de visita, es decir, han de dar las explicaciones de lo que el visitante ve para su correcta interpretación, y, al mismo tiempo, gestionar los grupos de visita, donde se establezca un orden en la circulación, paradas, entradas y salidas de los visitantes, a fin de garantizar la seguridad tanto de los observadores como de las exposiciones, de controlar los aforos permitidos y de ofrecer una experiencia agradable, confiable y adaptativa al visitante. Dependerá de la planificación de nuestro centro turístico

si se opta por tener una plantilla fija continua, o personal temporal que se adapte a los picos de afluencia. En cualquier caso, la plantilla laboral del centro tendrá un fuerte impacto en los costes: nóminas, seguros sociales e impuestos derivados de su contratación.

Otra opción de la que se puede nutrir la plantilla de un museo o centro de interpretación es la figura del voluntario, pero hemos de tener en cuenta que, aunque el voluntario no cobre una nómina, sí tiene costes. La formación, los seguros, su vestuario, dietas … se han de prever si no queremos cometer el error de pensar que el voluntariado "sale gratis".

Como en cualquier sitio, es fundamental encontrar el personal idóneo, pero más aún más en centros turísticos de temática minera, que obliga a conocer conjuntamente mundos tan dispares como el mundo de la minería, el de la gestión



Ejemplos de calidad museo de maqueta, en este caso ferroviaria. Museo de la Minería de Puertollano, Ciudad Real.



Una de las vitrinas con exposición temática temporal. Museu de Geologia Valentí Masachs, Manresa, Barcelona.



Ejemplo de baja calidad de "maqueta" que se ha de evitar exponer.

turística y el de la museística. Por lo tanto, provisionar económicamente la formación de trabajadores remunerados y voluntarios es importante, no solo porque necesiten actualizar conocimientos, sino para formar en estos ámbitos tan diferentes a las personas que interactuarán con las visitas en nombre de nuestro centro, es decir, que serán la cara visible al público general de todo el conjunto de esfuerzos, inversión e ilusiones de nuestro proyecto.

Otro punto importante es el material a exponer y su entorno. Sobra decir que nuestro centro se ha de nutrir de material de exposición de calidad, bien por su originalidad patrimonial, o bien por la calidad de maquetas, presentaciones, etc. que transmita al visitante una sensación de trabajo y seriedad. Nuestro centro será responsable directo (y legal) del mantenimiento y conservación del material de exposición, que deberá ser preparado, mantenido, limpiado y protegido del desgaste del contacto con el público visitante, y, en algunos casos, de la intemperie y el clima.

Además del material expuesto, generalmente se suelen tener colecciones, materiales y documentación en depósito, fuera de la vista del visitante, pero que jugará un importante papel en la conservación del patrimonio minero, y que puede ser importante en investigaciones y documentalizaciones, propias o de terceros, o incluso en la elaboración de exposiciones temáticas, con un enfoque más específico, y que, en la exposición general del nuestro centro, resultarían quizás redundantes. Se deberá, por lo tanto, prever el coste de mantenimiento de expositores,



Panel explicativo de los materiales geológicos con aplicaciones en la industria de la construcción, con el patrocinio de empresas privadas. Museu de Geologia Valentí Masaschs, Manresa, Barcelona.

exposiciones y materiales en depósito, y poner los medios para su conservación a largo plazo, ya que será nuestro centro el garante de la conservación del patrimonio.

Ofrecer al visitante un entorno seguro y agradable es fundamental, no solo para no distraer su atención de lo importante, las exposiciones y su mensaje, si no para que las sensaciones de las visitas sean las deseadas. Suciedad en vitrinas o su entorno, malos olores, mala conservación de los aseos, restos de comida, o la aparición cucarachas o ratones pueden arruinar una visita, y generar una propaganda no deseada de nuestro centro.

Aquellas iniciativas que tengan una finalidad concreta y en un espacio de tiempo limitado son las que se deben de encuadrar en los anteriormente llamados costes directos. Este tipo de acciones han de servir en última instancia, para dar a los agentes interesados, y al público en general, una sensación de vida de nuestro centro, de evolución, de ampliación y de actividad. Bien para la creación de una exposición temática (propia o itinerante), para actos dentro de nuestras instalaciones tales como conferencias, conciertos, premios, actos de inauguración, etc… han de servir para demostrar que el centro se mueve, y que no es un elemento estático, y que sirve a su comunidad. El control de los costes que se generan en este tipo de iniciativas han de servir para cuantificar y cualificar su éxito en el propósito, es decir, en función de los resultados finalmente obtenidos. No siempre las iniciativas que más nos pueden "gustar" son las que mayor rendimiento o que más favorecen a los intereses de nuestro centro, y poder llegar a las conclusiones adecuadas solo será a través de una evaluación entre los costes específicos de esta actividad (costes directos) y sus resultados. Para la evaluación correcta de los costes directos se deberán contemplar todos los recursos que han intervenido en la acción, aunque algunos de ellos habitualmente se recojan en los costes indirectos. Por ejemplo, si un guía de nuestro centro ha dedicado un tiempo a trabajar en una iniciativa, la parte proporcional del coste salarial de nuestro guía deberá imputarse a esa iniciativa, y, por supuesto, todos aquellos costes que dicha participación pueda generar a mayores, tal como dietas, desplazamientos, compensaciones, etc.



Uno de los productos a la venta en la "Tienda del Museo". Museo de la Sal Josep Arnau, Cardona, Barcelona.

LOS INGRESOS, BÚSQUEDA INCESANTE

Una vez visto los recursos que consume nuestro centro, es hora de ver de dónde captar estos recursos para prevalecer. Como en toda empresa, las fuentes de ingresos son inestables, y es así como nos habremos de enfocar la captación de nuestros recursos. Esto nos exigirá, por lo tanto, un continuo movimiento de búsqueda de financiación y captación de ingresos.

Es un error pensar que la venta de entradas será suficiente para sufragar los costes de nuestro centro, ni siquiera complementando estas ventas con la de suvenires o merchandising, o de comida y bebida (si el entorno lo permite). No será suficiente en la inmensa mayoría de los casos.

Los ingresos en nuestro centro habrán de venir de un conjunto de orígenes, con los que los directivos habrán de ir compensando en función de los ingresos y las necesidades del centro.

Los orígenes de fondos más usuales pueden ser los siguientes:

- **Medios y recursos propios:** Además de la venta de entradas y suvenires, el centro ha de buscar formas de rentabilizar sus recursos, alquilando, por ejemplo, espacios para actos (nunca que comprometan el buen nombre del centro), de fomentar la membresía de socios entre de los agentes de interés, recaudando fondos mediante donaciones entre visitantes e interesados, y/o realizando cursos de formación con el respaldo de su nombre. Por último, y solo en caso extremo, se pueden conseguir fondos de "emergencia" con la venta de parte del patrimonio, pero se ha de ser consciente que esto conlleva una pérdida de valor de nuestra entidad.



Grabación de un episodio de "Pesadilla en La Cocina", con Alberto Chicote, en el Museo de la Minería de Puertollano, Ciudad Real.

- **Administraciones públicas**: Generalmente se pueden acceder a subvenciones siempre que se haga un buen trabajo en la búsqueda, tramitación y consecución de las mismas. Normalmente existen empresas que pueden ayudar a esta labor a nuestro centro, y cuyo coste puede ser asumido por la propia subvención. Además, en el caso de Administraciones que tengan algún vínculo con la minería, se pueden solicitar donaciones o créditos a fondo perdido, o beneficios de algún programa para el empleo. En el caso de las Administraciones locales o provinciales (ayuntamientos, mancomunidades, diputaciones, ...), al ser más próximas a nuestro centro, o incluso formar parte de su comunidad, es más sencillo poder conseguir donaciones en especie (renuncia a impuestos, proporcionar personal municipal, equipos, cesión de locales o materiales, etc...)

Es un error pensar que la venta de entradas será suficiente para sufragar los costes de nuestro centro, ni siquiera complementando estas ventas con la de suvenires o merchandising, o de comida y bebida (si el entorno lo permite). No será suficiente en la inmensa mayoría de los casos.





Recorridos por el patrimonio geológico y minero de la comarca del Valle del Guadiato y Sierra Albarrana. Ejemplo de colaboración entre asociaciones, fundaciones, entre ellas la EMPRESA PÚBLICA MIXTA EL SOPLAO, SL (galería minera Minas de La Florida)

- **Asociaciones privadas** Se deben de promover el apoyo e interacción entre asociaciones del ámbito minero, para lo cual nuestro centro ha de jugar un papel importante como intermediario de estas. De las asociaciones o fundaciones podemos recibir donaciones que, generalmente, serán en especies (materiales o de patrimonio).

- **Particulares**: Los cuales, además del anteriormente mencionado voluntariado, pueden realizar donaciones económicas o en especies (material patrimonial o de servicios al nuestro centro). Serán además el tipo más numeroso y sencillo de captar de membresías de nuestro centro.

- **Empresas:** Los patrocinios y la publicidad de empresas en nuestro centro será una forma de captación económica, y, siempre que no abusemos de ella, una forma de captación económica que se puede acercar más a la regularidad.

Los patrocinios y la publicidad de empresas en nuestro centro será una forma de captación económica que se puede acercar más a la regularidad.



Plan Director del Museo de la Minería del País Vasco de enero de 2011. Ejemplo de plan estratégico

PLANIFICACIÓN, LA MEJOR DE NUESTRAS HERRAMIENTAS

Antes y durante la vida de nuestro centro, es fundamental realizar lo que se conoce como un estudio DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) que nos llevará a la redacción de un Plan Estratégico.

Este Plan, que ha de ser un elemento vivo, flexible y evolucionable, nos marcará la dirección para que todo el personal de nuestro centro "reme" en la misma dirección, y será un elemento de unión entre los componentes del equipo directivo. En el Plan, además de analizar y planificar costes y medios de captación de recursos, deberemos tener en cuenta a los participantes en la gestión del centro, y los roles que estos jugarán en función de sus personalidades, nivel de implicación, capacidades, y necesidades, teniendo presente aspectos como, por ejemplo, que los colaboradores del centro se involucrarán más fácilmente en elementos o iniciativas en los que ellos mismos hayan intervenido en su creación, o la necesidad de algún nivel de reconocimiento de sus aportaciones. Por último, decir, que hemos de ser conscientes, en todo momento, del estado y capacidades de la organización de nuestro centro, para no abarcar proyectos que nos arrastren al fracaso por carencia de medios, y para crecer de una forma sostenible, planificada y adecuada. ■

Hemos de ser conscientes, en todo momento, del estado y capacidades de la organización de nuestro centro, para no abarcar proyectos que nos arrastren al fracaso

Metodologías IA en la detección de infiltraciones en presas

IA Methodologies for Leakage in a Masonry Dam

E. Bonet, M.T. Yubero, Lluís Sanmiquel y Marc Bascompta. Departamento de Ingeniería Minera, Industrial y TIC, Universidad Politécnica de Cataluña

Históricamente, una de las causas más comunes de rotura de las presas, se debe a vertido por coronación, principalmente en presas de materiales sueltos. Existen otros causantes en la rotura de presas de mampostería como es la infiltración de agua por el cuerpo de la misma, generando una limpieza del mortero que hace de unión entre las rocas que conforman el cuerpo de la presa. Por este motivo, la cuantificación del caudal que proviene por las fugas es un parámetro importante a considerar y medir en la explotación de las presas. En este artículo, se muestra una herramienta generada a partir de metodologías de Inteligencia Artificial, concretamente, redes neuronales, para la predicción de fugas en una presa de mampostería. La herramienta realiza un aprendizaje a partir del histórico de datos almacenados en los últimos 10 años (aunque no son series completas), considerando datos de temperatura, precipitación, nivel del embalse, niveles de agua en los pozos de observación de la presa, así como, las mediciones de fugas en el pasado.

Los resultados muestran que la herramienta realiza una predicción de caudal de fuga, con un error cercano al 10%, siendo una precisión excelente, para la toma de decisiones en la explotación de la presa.

PALABRAS CLAVE: presas de mampostería, predicción de modelos, filtración de agua, algoritmos de redes neuronales.

KEYWORDS: masonry dams, model prediction, water seepage, Neural Network algorithms.



ABSTRACT

Historically, one of the most common causes of dam failure is due to overflow, mainly in earth-rock dams. It exists other causes of dam failure throughout history, for instance the main problem in masonry dams is due to water seepage through the dam, cleaning the mortar which acts as a union between rocks of the core dam. For this reason, water seepage measurements are an important parameter to consider in dam safety management. This paper shows a tool built from Artificial Intelligence methodologies, specifically, Neural Networks, for water seepage prediction in masonry dams. This tool learns from historical data stored during the last 10 years (although data series are not complete), considering different features such as temperature, precipitation, reservoir level, water levels in the dam's observation wells, as well as past water seepage measurements.

The results show that tool makes correct predictions in water seepage, with an error close to 10%, being good enough for decision making in dam safety management.

INTRODUCCIÓN

Las presas tienen una función esencial en la gestión de los recursos hídricos y energéticos para un país como España, ya que proporcionan agua y electricidad a millones de personas y permiten laminar, avenidas reduciendo las inundaciones aguas abajo. Aunque estas infraestructuras requieren una gran inversión en construcción y mantenimiento, y no siempre están muy bien vistas por la sociedad. La integridad de una presa se ve amenazada por avenidas, terremotos y en menor medida, aunque muy problemáticas en la gestión de la misma son las infiltraciones en el cuerpo de la presa, siendo un fenómeno común en la mayoría de presas, y especialmente, en algunas tipologías como la analizada en este artículo. Por otro lado, cuando el nivel de filtraciones es muy alto en la presa, puede llegar a generar problemas mucho más graves, como es la temida supresión en la cimentación de la misma. Por lo tanto, las fugas pueden llegar a originar un verdadero problema en la gestión de las presas, y por este motivo, su detección y control es un requisito necesario.

Las fugas en presas pueden deberse a numerosos motivos, generalmente el agua avanza por la fisuración del cuerpo de la presa, producto de los pequeños movimientos de la misma, debido a cambios de temperatura o cargas hidrostáticas principalmente. Por otro lado, el agua infiltrada por las fisuras puede incrementar el tamaño de las mismas, debido a efectos de congelación y descongelación. Por este motivo, el control del caudal infiltrado, así como la detección de zonas de fugas, son esenciales para la toma de decisión entre unas medidas u otras.

Las fugas en las presas también se ven influenciadas por factores climáticos directos como la precipitación, pero también indirectos como la temperatura según Qiu, J., et al. 2016 y Song, C.R et al. 2017. Y por otro lado en un escenario de cambio climático, conocer el impacto que pueden generar en la gestión de presas y embalses es necesario, de acuerdo con el Departamento de Medioambiente de UK (2013). Por este motivo, una correcta evaluación según diferentes escenarios a partir de modelos estadísticos como se muestra en Cuong, B. et al. 2017, puede ayudar a minimizar su impacto a partir del monitoreo, operación y un mantenimiento adecuado.

Además, del estudio realizado por Cuong, B. et al. 2017, se han realizado otros estudios aplicando diferentes técnicas en el pasado, para la estimación de la infiltración en una presa debido a factores climáticos. Por ejemplo, el estudio en la presa de El Gjerza (Befetta, H. et al., 2017) utilizando técnicas de trazadores y métodos hidroquímicos que incluyen variaciones de temperatura. La previsión de fugas mostró tanto el flujo de agua aguas abajo como el flujo oblicuo. Donde se estimó que el flujo vertical era invariante con la temperatura, mientras que el componente oblicuo de la fuga dependía de la temperatura. Esto se atribuyó a la degradación de las capas geológicas del terraplén.

Los diferentes trabajos bibliográficos consultados, así como la propia experiencia, muestra claramente la importancia de la detección de fugas en presas para aumentar su estabilidad y vida útil. Por tanto, la previsión de fugas en las presas puede conducir a una dirección adecuada en su operación y mantenimiento.

En el presente trabajo, se utiliza una red neuronal (Anthony, M, 2009) como modelo de pronóstico para predecir fugas en presas en función de variables independientes como la temperatura, la precipitación, nivel del embalse o niveles en los pozos de observación de la presa, debido a la dificultad de poder tomar mediciones directas del caudal de filtración en muchas presas.

La base de datos utilizada en el modelo de predicción proviene de la presa de Santa Fe del Montseny, presa ubicada en el macizo del Montseny en la provincia de Barcelona.

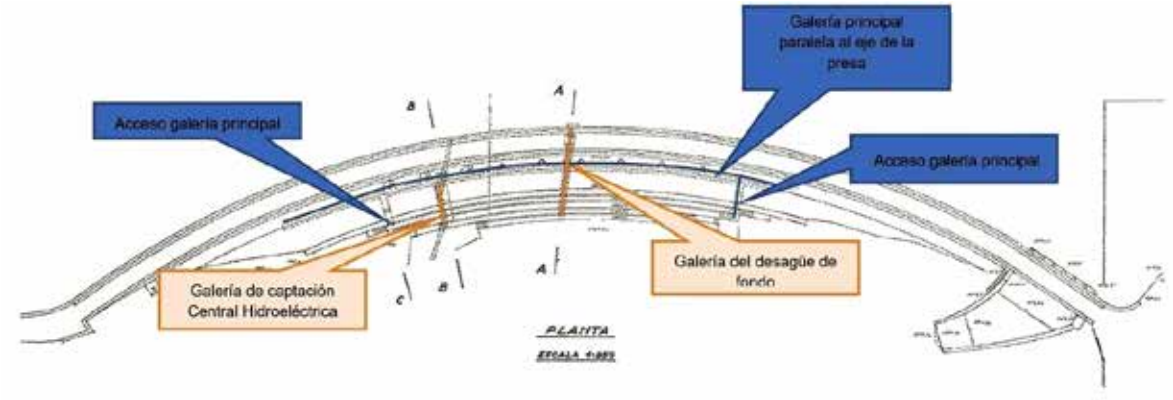


Figura 1: Planta de la presa de Santa Fe del Montseny

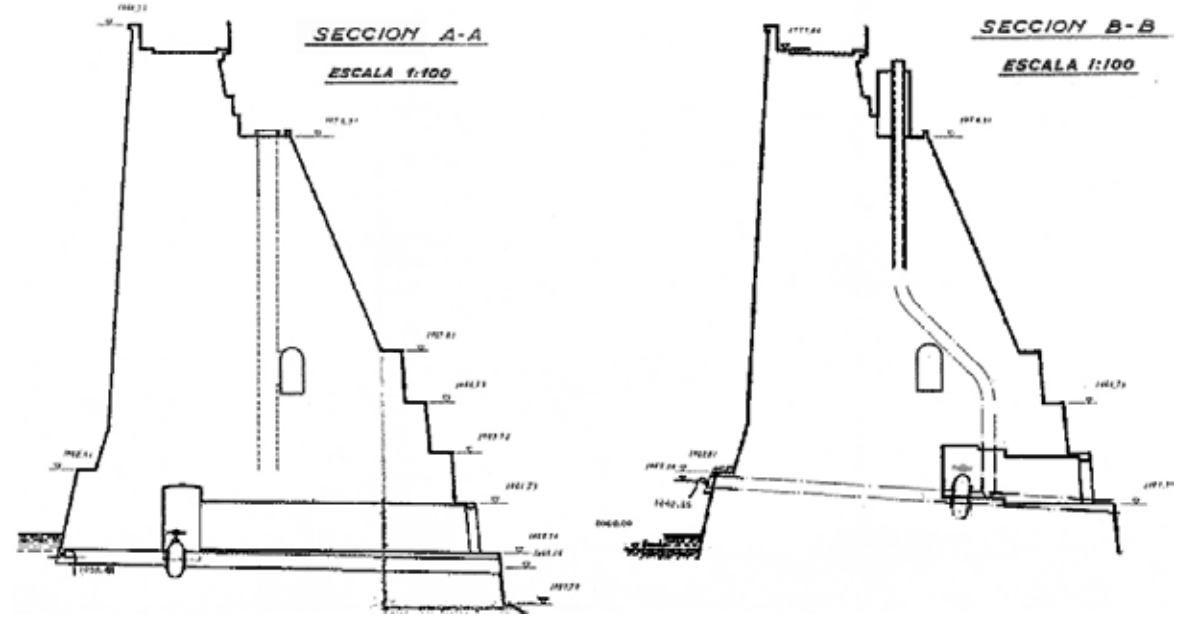
ÁREA DE ESTUDIO

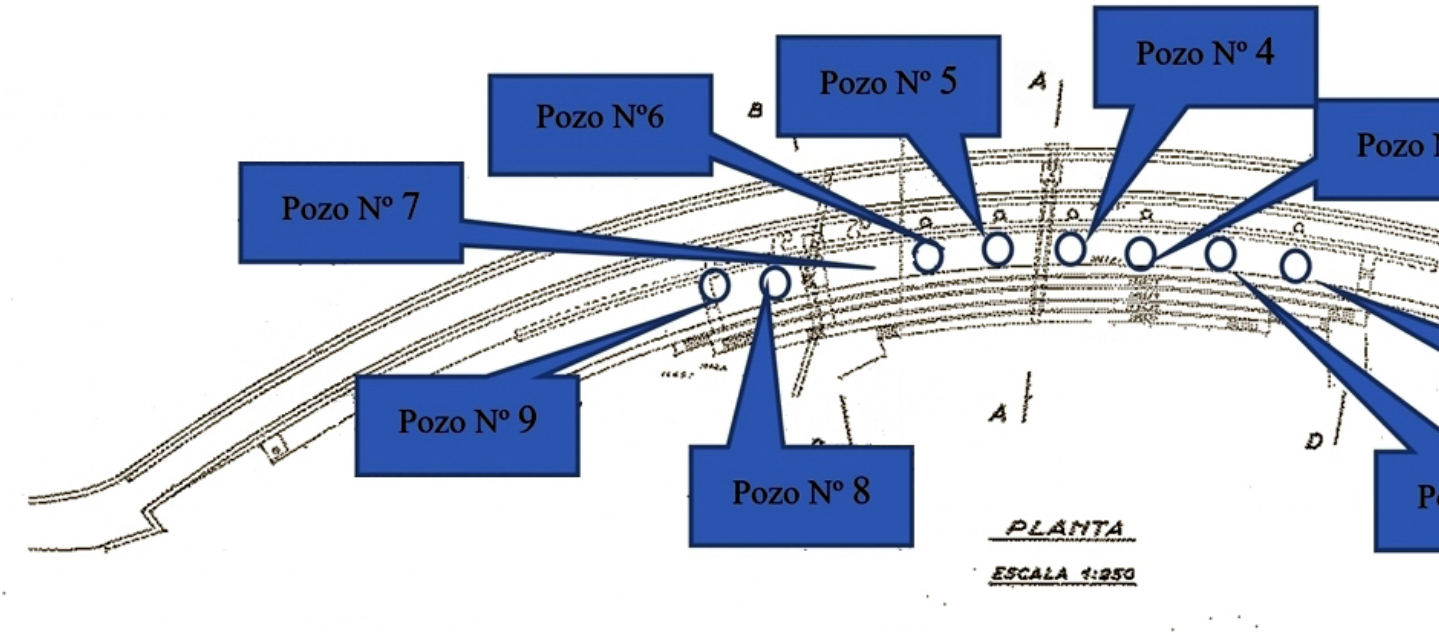
La base de datos utilizada en el modelo de predicción proviene de la presa de Santa Fe del Montseny, presa ubicada en el macizo del Montseny en la provincia de Barcelona. La presa de Santa Fe del Montseny es una presa de doble arco-gravedad y fábrica de mampostería, cuya construcción finalizó en el año 1933. El arco principal de la presa tiene un radio de 260 m, y el secundario de 126.40 m, con una longitud de coronación de 245,22 m y una altura máxima entre cimentación y coronación de 24 m.

La fábrica utilizada en la construcción de la presa es de mampostería de hormigón con grava de granito machacada, con el paramento aguas arriba de piedra de gran tamaño y el paramento aguas abajo reforzado con mampostería concertada. La cimentación de soporte, con una anchura máxima de 18 metros, descansa sobre roca sólida.

La presa tiene 3 galerías. Una galería principal de inspección, que sigue el eje de la presa y da acceso a los 9 pozos de inspección y drenaje, una segunda galería donde se ubican las válvulas y la tubería de captación de la central hidroeléctrica, y una tercera galería que da acceso a las válvulas de desagüe de fondo de la presa, ver Figuras 1, 2 y 3.

Figura 2: Secciones A-A' y B-B' de la presa de Santa Fe del Montseny





METODOLOGÍA

La metodología de Machine Learning es una rama de la inteligencia artificial en la que los modelos aprenden de los datos. Se utilizan frecuentemente para el reconocimiento de patrones. El aprendizaje automático es básicamente de tres tipos:

- Aprendizaje supervisado: en este método, tanto las entradas como las salidas esperadas se proporcionan al algoritmo y el algoritmo realiza un mapeo entre las salidas y las entradas.
- Aprendizaje no supervisado: en este enfoque, no se definen resultados y el algoritmo debe usar datos de entrada únicamente para avanzar (ejemplo, selección de funciones).
- Aprendizaje reforzado: normalmente se utiliza en aplicaciones de juegos donde el progreso en una etapa se relaciona con la siguiente.

Utilizando los datos de entrenamiento, el modelo se crea utilizando diferentes tipos de métodos, como: Redes neuronales, Árboles de decisión, Máquina de vectores de soporte (SVM) o Redes bayesianas.

En el presente trabajo, se utiliza una red neuronal de aprendizaje supervisado como modelo de pronóstico para predecir fugas en presas en función de variables independientes como la temperatura y la precipitación. Dado que los datos relacionados con la presa suelen ser limitados, y se sabe que las redes neuronales funcionan bien incluso con insuficientes datos, fue una razón de peso para utilizar redes neuronales en el presente trabajo. Las redes neuronales tienen otras ventajas importantes, como la capacidad de realizar procesamiento paralelo, memoria distribuida y tolerancia a fallos. Todos los métodos también tienen desventajas. La red neuronal se comporta más como una caja negra en comparación con otros métodos de aprendizaje automático.

Teniendo en cuenta ventajas y desventajas, se seleccionó la red neuronal artificial (ANN) como técnica de predicción. Y se aplica la función de activación ReLu, después de analizar los resultados con otras funciones de activación, como fueron la Sigmoide o Tangente hiperbólica. Por otro lado, se verificó que el número óptimo de capas para la red neuronal eran de dos capas, ya que no empeoraba los resultados respecto a 3 capas. Y se utilizó como método de partición de la base de datos, para entrenamiento y test, al algoritmo K-Fold, debido a sus buenos resultados.

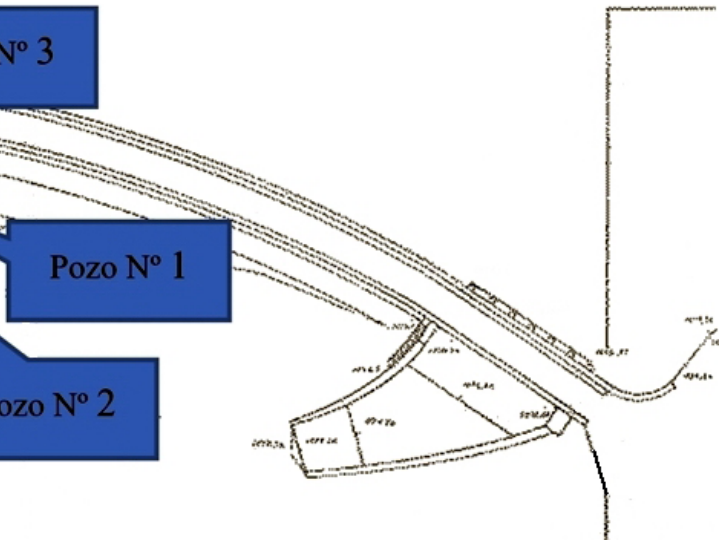


Figura 3: Planta de la presa de Santa Fe del Montseny indicando los pozos de observación

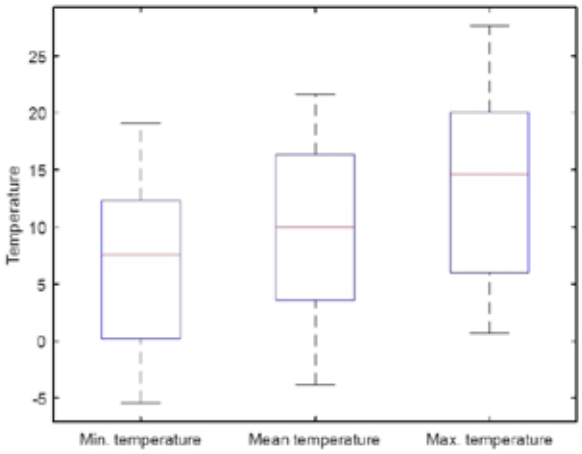


Figura 4a: Boxplot de datos de temperatura

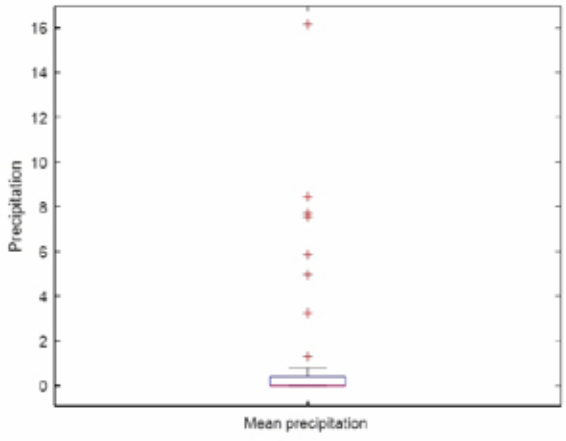


Figura 4b: Boxplot de datos de precipitación

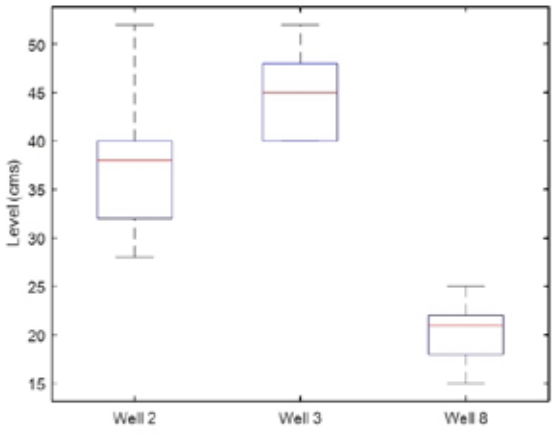


Figura 5a: Boxplot del nivel de agua en pozos

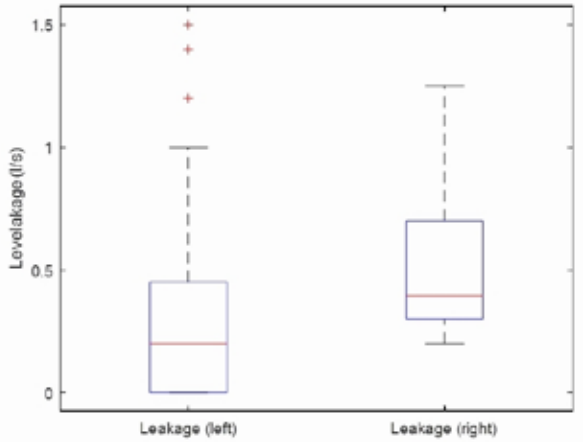


Figura 5b: Boxplot de los caudales de filtración en estribo derecho e izquierdo

MEDICIÓN, PREPROCESAMIENTO Y SELECCIÓN DE DATOS

Medición

Las entradas a la ANN (red neuronal) son los parámetros climáticos y los parámetros de los pozos y embalse. También se miden los parámetros objetivo requeridos para la ANN, como son los caudales de fuga (lado izquierdo y derecho), ya que se divide las zonas de fugas, entre la parte central al estribo derecho, y la parte central al estribo izquierdo.

Los datos medidos de temperatura y precipitación fueron obtenidos a partir del histórico de datos almacenados de la estación meteorológica de PuigSesolles, ubicada a escasos 2 Km de la presa. Los datos obtenidos del nivel de agua en los pozos, nivel del embalse, así como los datos del caudal fugado en cada zona de la presa, fueron compartidos por la empresa encargada de la explotación de la presa.

Preprocesamiento

Los datos medidos se verifican para detectar valores atípicos. La función boxplot de MATLAB se utilizó para representar un conjunto de datos completo. La Figura 4a muestra los datos de temperatura mínima, máxima y media. En cada cuadro, la marca central indica la mediana, y los bordes inferior y superior del cuadro indican el primer cuartil y el tercer cuartil, respectivamente, y los valores atípicos se representan con el símbolo "+". El diagrama de caja que representa la precipitación media se muestra en la Figura 4b, y se puede analizar, que la media de la precipitación diaria es inferior a 2 mm, pero puede llegar hasta 16 mm en ciertos días.

Los datos de los pozos están disponibles para los pozos número 2, 3 y 8. Dado que el resto de pozos no presentan niveles a considerar, estando siempre a niveles imperceptibles. El diagrama de caja que brinda detalles sobre los niveles de los pozos y filtraciones se muestran en las Figura 5a y 5b. Se observa que el nivel de agua es más bajo en el pozo número 8 en comparación con los otros dos pozos.

Selección de datos

Un requisito básico en el modelo de predicción es que todas las variables de entrada deben ser independientes. Hasta ahora, analizamos la temperatura mínima, media y máxima, la precipitación media y los datos de pozo como parámetros de entrada. Ahora se realizan correlaciones entre variables para verificar su independencia o no.

Por lo tanto, las siguientes variables se seleccionan como variables independientes y se agrupan en diferentes conjuntos:

- Temperatura y precipitación media diaria (grupo: clima)
- Nivel de agua en el Pozo-2, 3 y 8 (grupo: pozo)
- Nivel de agua en el embalse (grupo: embalse)

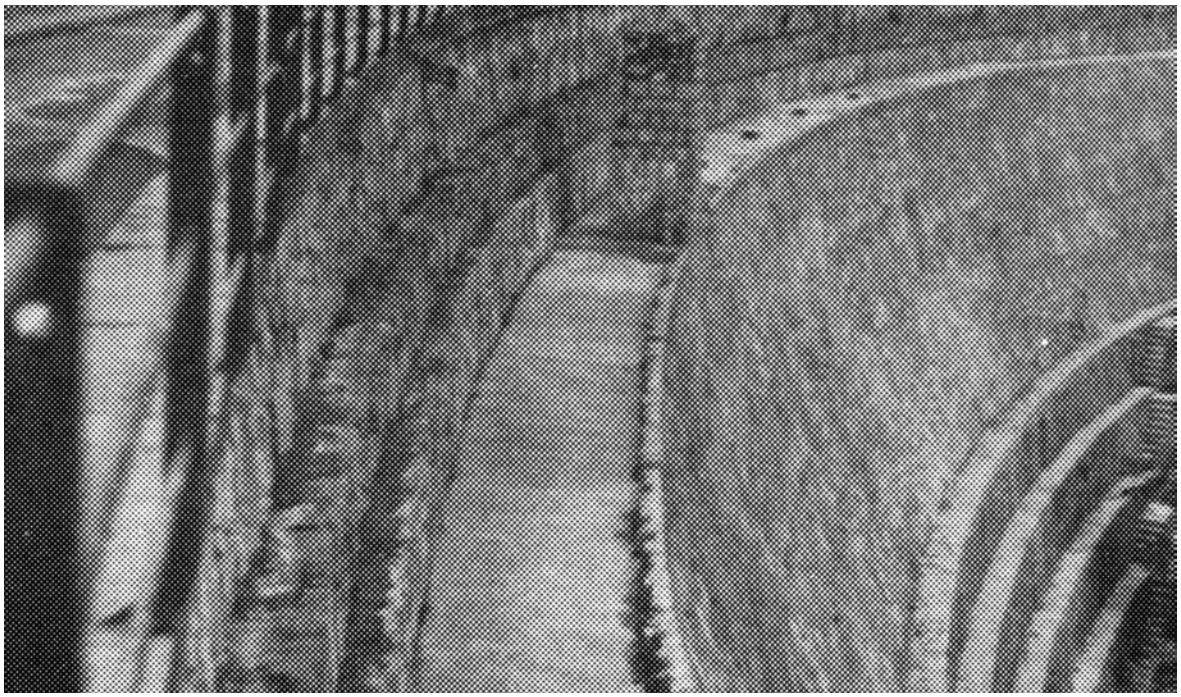
Las variables a predecir por ANN son:
Caudal de fuga estribo izquierdo
Caudal de fuga estribo derecho

RESULTADOS

En el presente análisis, se utilizaron varios escenarios para comprobar las bondades del modelo, definiendo diferentes grupos de variables de entrada para el aprendizaje del modelo, y verifi-

Grupo de variables de entrada a ANN	Error de predicción de fuga (estribo izquierdo)	Error de predicción de fuga (estribo derecho)
Clima + pozos	8,6%	8,9%
Clima + pozos + embalse	12,3%	17,0%
Clima	16,0%	22,0 %
Clima + embalse	27,9%	40,8%
Embalse + pozos	14,7%	22,5%
Pozos	13,6%	29,1%

Tabla 1: Error entre caudal de filtración real y obtenido por el modelo (estribo dcho. e izq.) según grupos de datos



cando el error entre los resultados obtenidos por el modelo y los datos reales de fugas, como se puede comprobar en la Tabla 1. En vista a los resultados, consideramos el grupo de variables más representativo como: clima y pozos.

CONCLUSIONES

En este estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Aumentar las capas de dos a tres no mejora la precisión de la predicción, debido al reducido número de variables de entrada.
- Si la función ReLu se utiliza como función de activación en el modelo de red neuronal, proporciona el menor error en la predicción de fugas en comparación con la función tangente sigmoidea e hiperbólica.
- El algoritmo K-Fold es la mejor opción con el dataset utilizado, reduciendo el error de predicción de caudal de fuga.
- Según el análisis, el error de predicción en el caudal de fuga es inferior al 10%, lo que muestra una buena precisión de la herramienta de predicción.
- Dado que hay datos limitados para todos los grupos de datos, se ha comprobado que la mejor combinación de datos se presenta, con la unión de los grupos clima y pozos. ■

BIBLIOGRAFÍA

Anthony, M., Neural Network Learning: Theoretical Foundations, Cambridge University Press, 2009.

Befetta, H., Quadja, A., Hocini, N., Enhancement of the study of water leaks in the Algerian dam of Foum El Gherza, Arabian Journal of Geosciences, volume 10, Article number: 482, 2017.

Cuong, B.Q., Thai, N.C., Yihong, Z., Chunju, Z., Estimating Seepage in Embankment Damns based on Temperature Measurement: A Review Paper, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 6 Issue 01, January-2017.

Department of Environment (UK), Impact of Climate Change on Dams and Reservoirs, FD2628, May 2013.

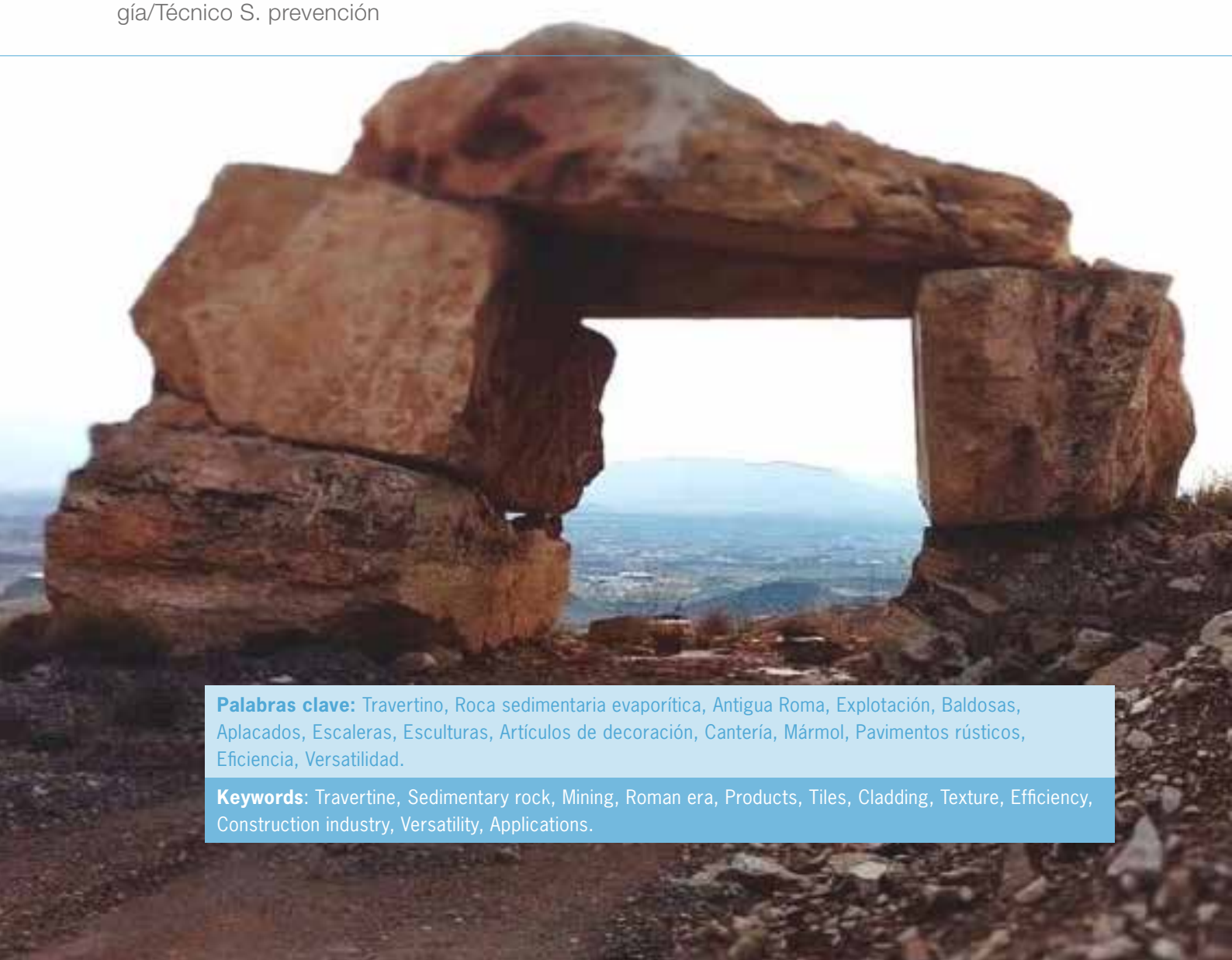
Qiu, J., Zheng, D., Zhu, K., Seepage Monitoring Models Study of Earth-Rock Dams Influenced by Rainstorms, Mathematical Problems in Engineering, 2016, https://doi.org/10.1155/2016/1656738

Song, C.R., Yosef, T., Seepage Monitoring of an Embankment Dam Based on Hydro-Thermal (H-T) Coupled Analysis, Journal of Engineering Materials and Technology, Transactions of the ASME 139(2), February 2017.

Travertino amarillo y oro de Albox-Almería

Pasado, presente y futuro

Antonio B. Martínez Sánchez. Ingeniero técnico de minas / Graduado en ingeniería de la energía/Técnico S. prevención



Palabras clave: Travertino, Roca sedimentaria evaporítica, Antigua Roma, Explotación, Baldosas, Aplacados, Escaleras, Esculturas, Artículos de decoración, Cantería, Mármol, Pavimentos rústicos, Eficiencia, Versatilidad.

Keywords: Travertine, Sedimentary rock, Mining, Roman era, Products, Tiles, Cladding, Texture, Efficiency, Construction industry, Versatility, Applications.

RESUMEN

En la zona analizada, el travertino, roca sedimentaria evaporítica, se ha explotado desde la Antigua Roma y continúa en actividad actualmente. Los productos principales incluyen baldosas, aplacados, tableros, escaleras, esculturas, artículos de decoración, productos de cantería, mampostería, adoquines y rocas para decoración y construcción, en paramentos verticales/horizontales.

Debido a su color y textura, el travertino es adecuado para pavimentos rústicos y aplacados, y su menor densidad en comparación con el mármol lo hace especialmente favorable. En los últimos años, se ha aumentado la eficiencia en el aprovechamiento de estos materiales, incluso aquellos que previamente eran considerados desechables desde un punto de vista comercial.

En resumen, a pesar de la crisis en la industria de la construcción, la extracción y comercialización del travertino no ha cesado por completo, y actualmente está experimentando un aumento en su popularidad debido a su versatilidad y múltiples aplicaciones.

ABSTRACT:

This article discusses the continued mining of travertine, a sedimentary rock, in a specific region since ancient times, particularly during the Roman era. It outlines the various products derived from travertine, including tiles, cladding, sculptures, and more, highlighting its suitability for rustic pavements and cladding due to its colour and texture. Additionally, it mentions the improved efficiency in utilizing these materials, including those previously considered waste. Despite challenges in the construction industry, travertine extraction and commercialization persist, driven by its versatility and numerous applications.

ANTECEDENTES

La extracción de travertino viene de una época ancestral, al menos de los romanos, existiendo hoy en día vestigios al menos en torres de vigía de hace más de 10 siglos y más recientemente en las construcciones civiles de puentes, acueductos o muros, como pueden ser los de vía férrea de Baza-Lorca, edificios antiguos, encauzamiento de la rambla que pasa por el casco urbano de Albox, y recientemente la plaza mayor de Albox, que se aprecia en foto número 4.

En la zona de explotaciones existen dos concesiones mineras y varias secciones A, que una se encuentra dentro de este derecho minero(CS), que está en fase de renovación por 30 años, y fue otorgado en 20/01/1989 y cuya Declaración de Impacto Ambiental (DIA) fue resuelta el 24/05/1988.

Las características principales son de la concesión CS 39.489 1:

Superficie de concesión: 4 cuadriculas mineras, 120 Ha

Superficie del proyecto de explotación: 3, 387 Ha (33.874,095 m^2)

Superficie afectada por el proyecto de décadas 3,26 Ha (33.226 m^2)



Viaducto del ferrocarril de línea Baza-Lorca, se observa el perfecto estado a pesar de tener más de 100 años de su construcción. Empleado el arco de medio punto con lo que las piezas trabajan a compresión que es la resistencia mucho mayor que a tracción.

OBJETO

El objetivo de este artículo es dar a conocer las características y usos más destacados de esta roca.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Se encuentra en paraje de los Rincones, acceso desde la barriada de los Guillenes-Albox-Siendo la demarcación:

1. PP 2º 7' 15,2427" W
   37º 25' 40,2342" N
   577779,163 4142698,745

2. 2º 5' 55,2379" W
   37º 25' 40,2154" N
   579745,462 4142716,735

3. 3 2º 5' 55,2376" W
   37º 25' 20,2270" N
   579751,359 4142100,732

4. 4 2º 7' 15,2411" W
   37º 25' 20,2132" N
   577784,956 4142081,739

SOCIOECONOMÍA

El término de Albox, con una extensión aproximada de 167 km², se encuentra situado al Sur de la Sierra de las Estancias, entre esta y cauce del rio Almanzora.

La economía del término está basada esencialmente en la agricultura, y esta se desarrolla con preferencia en las márgenes de las ramblas. Habiendo evolucionado en los últimos años con la llegado de extranjeros el comercio, especialmente alimentación, restauración. La superficie regada en el año 1972, según las estadísticas de la Cámara Agraria, fue de 757 hectáreas.

La comarca del Valle del Almanzora es, sin duda alguna, uno de los puntales de la economía por la minería almeriense. En los últimos tiempos hay un pueblo que destaca con una notoriedad sobresaliente; **Albox está situado en la parte nororiental del Valle del Almanzora y a 120 km de la capital provincia, Almería**. A 31 de diciembre de 2019 contaba con 11.805 habitantes. Su extensión superficial es de 168,42 km² y la densidad de habitantes por kilómetro cuadrado es de 70,09.

Según los datos publicados por el INE a 1 de Enero de 2022 **el número de habitantes en Albox es de 12.087**, 17 habitantes más que en el año 2021. En el gráfico siguiente se puede ver cuántos habitantes tiene Albox a lo largo de los años.



Figura 3. Evolución de la población desde 1900 hasta 2022.



Figura 4. Datos población núcleos de entorno comarcal más representativos.

Habitantes en otros municipios		
Municipio	**Habitantes**	**Diferencia (2021)**
Almería	199.237	-1.516
Olula del Río	6.259	+1
Macael	5.393	-56
Cantoria	3.533	-14
Arboleas	4.532	-153



Foto 2. Ortofoto de máxima actualidad de zona área de explotación actual con dos secciones dentro de demarcación y otra colindante por el este.



Foto 1. Localización geográfica.



Foto 3. Construcción decorativa a la entrada al núcleo urbano.

Actualmente la densidad de población en Albox es de 71,83 habitantes por km^2 .

La población de Albox sobre el 50% es de procedencia extranjera. Lo que ha influido en la economía y sociocultura de la comarca contribuyendo al cosmopolitivismo y diversidad social. Aumentando el uso de la roca.

Respecto a la alfarería, fue un sector importante el cuál ha ido decreciendo significativamente en los últimos años, **solo quedando un taller activo,** y cabe destacar que la tradición de extracción de travertinos fue y es importante para el municipio, y seña de identidad.

El travertino es una roca sedimentaria química que se compone de carbonato de calcio casi en su totalidad y con algunos otros iones metálicos que son impurezas en su composición y que le dan aspecto de bandas coloridas. como el hierro

GEOLOGÍA

DEFINICIÓN DE LA ROCA TRAVERTINO

El travertino es una roca sedimentaria química que se compone de carbonato de calcio ($CaCO_3$) casi en su totalidad y con algunos otros iones metálicos que son impurezas en su composición y que le dan aspecto de bandas coloridas. como el hierro (Fe 2 +).

GEOLOGÍA REGIONAL

La zona se encuentra en la mitad oriental de las Cordilleras Béticas. Este conjunto de cordilleras se extiende en la península, a lo largo del tercio meridional, desde el campo de Gibraltar hasta Alicante. Concretamente en las zonas internas de las dos grandes zonas que subdividen las Cordilleras Béticas: Internas y Externas. Siendo la gran diferencia entre ambas la presencia de metamorfismo, con tectónica muy complicada, a base de cabalgamientos, en las primeras y ausencia de metamorfismo en las segundas.

La zona local se encuentra en el dominio Bético, o interno, caracterizado por la presencia de materiales de un zócalo alóctono que forma parte de mantos de corrimiento de gran escala, apilados entre sí, con una cobertura mesozoica

Propiedades físico/químicas y características más importantes del travertino:

Tipo de roca	*Roca sedimentaria química*
Composición química	*$CaCO_3$ (carbonato de calcio)*
Mlnerales principales	*Calcita, aragonito, dolomita*
Origen, formación, génesis	*Sedimentario químico, hidrotermalismo*
Rocas asociadas	*Piedra caliza, dolomita*
Resistencia compresión/tracción	*608 /297 kg/cm²*
Densidad o peso específico	*2.6 gr/cm³*
Resistencia al desgaste/impacto	*3,11 mm/30 cm*
Dureza de Mohs/Textura	*3 /Bandeada, cristalina*
Color	*amarillo, rojo, crema, blanco, gris*

que en parte se ha perdido debido a la intensa tectónica. Así en el entorno se encuentran aflorando materiales correspondientes a los Mantos Alpujárrides, formados por un zócalo de filitas, cuarcitas y micaesquistos Paleozoicos coronados por una cobertura con calizas y dolomías triásicas.

Las zonas internas o zona Bética, es el resultado de una gran serie de cabalgamientos, y se dividen en su parte oriental en cuatro grandes complejos, de muro a techo: Nevado-Filábride, de metamorfismo de grado medio; Complejo Ballabona-Cucharón, metamorfismo de grado bajo; Complejo Alpujarride, con metamorfismo de grado bajo; y Complejo Malaguide, sin metamorfismo.

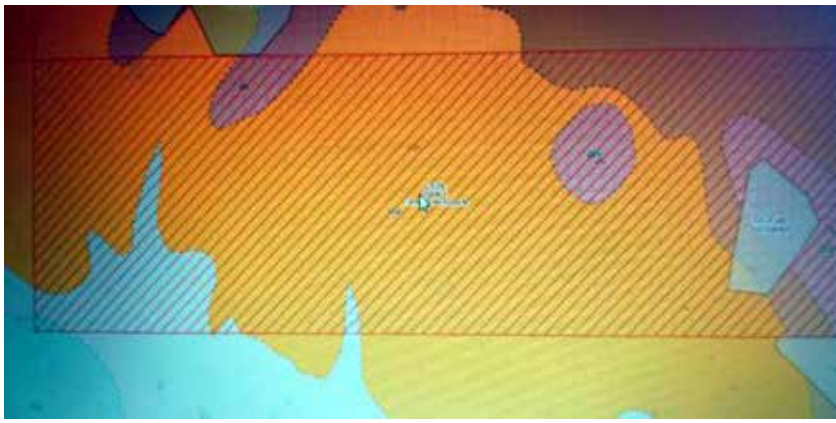


Figura 5. Geología de demarcación(Fuente PAM). Tonos rosas son afloramiento de travertino

GEOLOGÍA LOCAL

Inicialmente los materiales a explotar en la Concesión Minera **"CANTERAS DEL SURESTE"** seguirán siendo las costras de travertino, y más concretamente la ubicada en el paraje "LOS GUILLENES". Se caracterizan este tipo de afloramiento por monteras calcáreas depositadas por fenómenos de precipitación de aguas termales ricas en calcio precedente de antiguos acuíferos que circularon por las formaciones carbonatada limítrofes. Generalmente, en la base de los travertinos aparece un banco de caliche de uno a dos metros de potencia.

Estas monteras o costras debieron afectar a una superficie superior a medio kilómetro cuadrado, que posteriormente se vio desnudado por la erosión, quedando en la actualidad algunos islotes muy variables en extensión.

El paquete de travertino aparece bastante homogéneo en su textura, y se ve afectado por diversas diaclasas subverticales de dirección N 30-40 E. Algunas de estas diaclasas (Madres) han sido afectadas por fenómenos de disolución formándose estrechas y alargadas cavernas.



Figura 6. Columna estratigráfica zona Albox

En vista del metamorfismo, por la falta de fósiles y de estructuras sedimentarias.

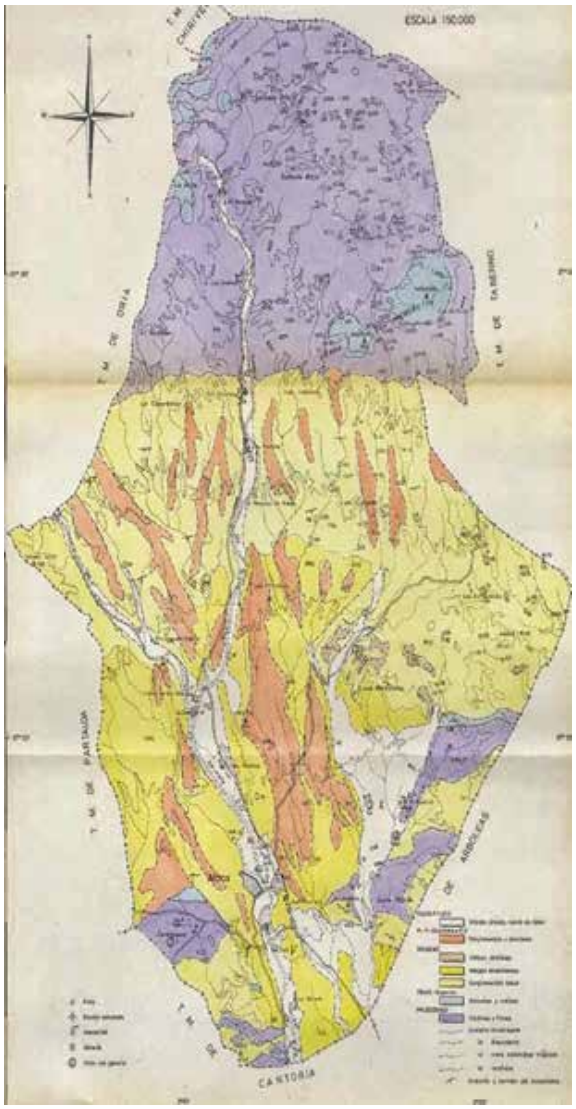
La formación más baja del Neógeno Moderno, son los conglomerados de borde, que se originarían en una etapa de gran intensidad erosiva y en poco espacio de tiempo. El medio de depósito para esta formación debía de ser mixto, con influencias fluviales y marino costeras. La existencia de niveles arrecifales intercalados en la serie son incompatibles con un medio de turbulencia, lo que nos indica que existieron períodos de calma en los aportes terrígenos. Posteriormente al depósito de estos conglomerados, existe una etapa erosiva, que ha desmantelado en algunos puntos a esta formación; erosión que pudo ser un régimen submarino, aunque hay que considerar también que el depósito de estos no es uniforme, estando ligados fundamentalmente a la desembocadura de torrentes.

Durante el Cuaternario, se alcanza el nivel de la cuenca, pero posteriormente se produce el levantamiento conjunto de la región, lo que origina una intensa erosión encajándose los cursos fluviales dando una forma de relieve "badlands".

Los travertinos están en la edad del **Mioceno** y dentro de ella en la **Formación de Vicar**, **teniendo potencias desde 25 m hasta 50**, por lo que asegura la continuidad de la explotación incluso más allá del periodo concesionario restante de 60 años. La formación con estos travertinos que son aflorantes, está compuesta por Calizas-Calcarenitas, muy detríticas, por lo cual son muy frecuentes los fenómenos de disolución (travertinicos). En **techo** no se encuentran materiales del **Plio-Cuaternario** con la formación de "pie monte" *Block formación*, con conglomerados heterométricos y poligénica, cemento arcillo-calizo. Intercalaciones arcillosas y algunos niveles lenticulares de arcillas rojizas. Hacia la base hay mayor predominio de arcillas rojizas siendo la potencia variable de 10 a 30 m y en el **muro** está la **formación margosa** (potencias de 100 m) también dentro del Mioceno, le sigue la formación basal (Mioiceno), de conglomerados poligénicos y heterométricos, cantos dolomíticos, calizas, cuarzo, esquistos, cuarcitas, etc. Algunas intercalaciones de arcillas arenosas de poco espesor. Potencia superior a 200 m. Y debajo está el Trias.

El travertino se forma en zonas kársticas compuestas por roca caliza terrestre depositada alrededor de fuentes minerales, especialmente termales, el agua disuelve la roca y se carga de carbonato cálcico, consecuencia de las simas y cuevas, pudiéndose depositar posteriormente en distintas formaciones, entre ellas, como las estalactitas, estalagmitas y otros espeleotemas en margas y margocalizas

Figura 7. Plano geológico del TM Albox.



del Mioceno S., constituida por calcita, aragonito y limonita, de capas paralelas con pequeñas cavidades, de color amarillo, blanco, de aspecto agradable y suave.

MATERIALES POST-MANTO:
MIOCENO SUPERIOR:

Discordante con los materiales alpujárride se deposita una secuencia detrítica constituida por un conjunto de conglomerados, arenas y arcillas de color rojizo, con aspecto caótico, con potencia del orden de los 200 m. Sobre las rocas carbonatadas o sobre la serie detrítica, en la zona próxima a las primeras aparecen costras de brechas cementadas (caliche) y de travertino (Depósitos cuaternarios).

RESERVAS

Las reservas seguras cubicadas por el geólogo colegiado y en informe presentado a la administración, están estimadas, para toda la concesión en 733.235 m^3 y en la zona de explotación actual en 402.969 m^3.

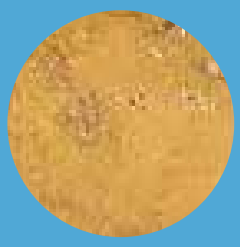
VARIEDADES DE TRAVERTINO EN OTROS LUGARES:



Travertino de Persia, Irán, Azerbaiyán Oriental, Maragha



T. romano, Italia



Travertino de Cannstatt, Baden-Wurtemberg



Travertino toscano, Toscana (Rapolano Terme, Siena)



T.de Weimar-Ehringsdorf



Travertino Canteras del Sureste



Foto 4. Uso en paramentos verticales y solado en exteriores. Plaza Mayor de Albox. Al fondo se aprecia muro realizado hace décadas protegiendo de avenidas de cauce, que divide en núcleo urbano.



Foto 5. Ejemplo de uso en paramentos verticales y solado en exteriores.

USO Y EMPLEO

Se usó desde la antigüedad en estructuras de ingeniería civil como podemos aún apreciar en construcciones que han permanecido hasta la actualidad, como por ejemplo torretas árabes, viaductos del trazado de línea férrea cuya construcción fue iniciada en 1860 para el transporte del hierro al embarcadero, un ejemplo sería El Hornillo, desde Las Menas (Serón) de Sierra Filabres que clausuró en la década de los 60.

Su durabilidad llega a centurios así estas construcciones que están intactas ahora en uso por la Vía Verde, tienen más de 100 años, y el CTE y ITH dictamina que la durabilidad nominal debe ser 100 años para obra civil y estructuras monumentales y 75 para construcciones.

Por ejemplo, la antigua Roma en su mayoría estaba construida con rocas de travertino.

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

Bancos descendentes de alturas entre 5 a 12 m, de paredes verticales y corte mediante hilos diamantados, con posibilidad de cortadora de brazo. Perforaciones puntuales para pasar los hilos de corte. Refrigerados por agua. Y posterior dimensionado a bloques de medidas apropiadas para corte en centros de transformación, en tablas y baldosas preferentemente. Pudiéndose extraer en zonas disgregadas y de montera con medios mecánicos con martillo oleohidráutico acoplado a retroexcavadora. Siendo estos bolos usados para rocas de menores tamaños con su fragmentado in situ, y empleadas para lajado y diversos usos, pudiéndose comercializar desde su extracción.

PRODUCCIONES

Las producciones anuales previstas son de 8.400 m^3/año. De los que 400 m^3 serían de decapado, materiales sueltos y tierras, y el resto se divide en 37% de bloques, 37% de despuntes y bolos, y resto materiales de menores tamaños. Como ocurre en el sector, las producciones oscilan en función de demandas y habrá épocas en que la demanda sea mayor, otras más baja, por lo que podrían existir variaciones en los puestos laborales incluso incrementarse por necesidades puntuales. Al igual ratios pueden variar.



Foto 6. Vista al Este en colindancia con permiso Yolanda de sección A. Bloques y bolos stokados



Foto 7. Vista al norte de pie de talud y plaza de cantera del Banco 3, Frente 3. Se observa la estabilidad de taludes de corte y plaza de cantera uniforme para rodadura de maquinaria



Foto 8. Vista al Norte, pie de Banco 3 en Frente 3, se observa maquinaria minera de exteriores, palas cargadoras y bancos en perfecto estado de saneamiento y estabilidad, asi como la plaza de cantera plana yy limpia para la rodadura.





Arriba, Foto 9. Tomada mirando al Norte sobre cota 625 en zona Sur de la demarcación, donde apreciamos labores de restauración, separando los materiales más gruesos y rocosos de las tierras que por su color pardo son actas para la proliferación de especies vegetales.

Abajo, Foto 10. Vista general al Norte desde vía de acceso del valle.

RESTAURACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Es novedad que la mayoría de rocas antes desechables ahora se emplean en nuevos usos, por lo que los ratios de aprovechamiento ha aumentado significativamente, dejando de considerarse escombrera alguna pues el material que no se usan comercialmente quedará depositados en zonas de cotas inferiores realizando con ellos una restauración progresiva así se da cumplimiento al RD 975/09 que lo dictamina en su Art. 3 (En *todo caso, los planes de restauración y explotación se coordinarán de forma que los trabajos de rehabilitación se lleven tan adelantados como sea posible a medida que se efectúe la explotación*) no siendo residuos mineros que remite el Art. 3 7c a la ley derogada 11/22 pero la homologa L 7/22 en su Art. 2 Apdo. lo ratifica (*no será residuo lo que no se deseche o se tenga la intención de reutilizar*) y Art. 4.1 define subproducto (cumpliéndose con lo especificado en su totalidad).

El impacto visual es mínimo dado que la tonificación de la roca es similar al entorno, como se ve en fotografía adjunta de la zona este de la concesión junto con dos secciones A una dentro y otra fuera de demarcación.

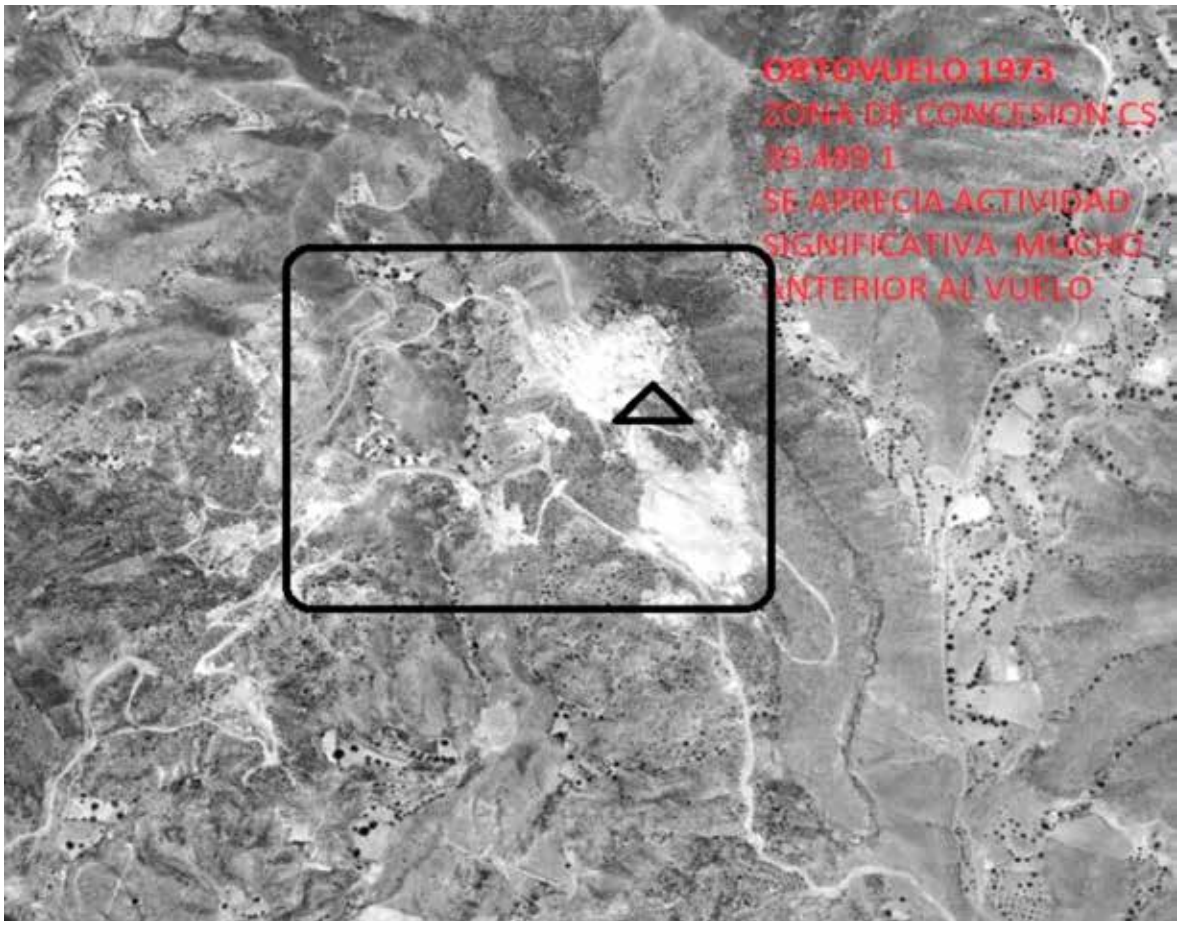


Figura 8. La superficie afectada de décadas anteriores es incluso mayor que la actual por lo que este tipo de explotaciones no impactan significativamente en el entorno, siendo la mayoría impacto visual que se puede minimizar con medidas y acciones progresivas, como se observa en esta ortofoto de los 70 comparada con la de Figura-2.

Este tipo de explotación no produce impacto significativo en el entorno, tanto de ruido y emisiones de polvo, pues el corte se realiza mediante hilos diamantados refrigerados por agua, y en otros casos por quebranto o lajado.

Se propusieron en el Proyecto de Explotación y Plan de Restauración las siguientes medidas compensatorias de modo unilateral:

- Aporte tierra vegetal a capa superficial después de rellenos en la restauración
- Sellado y restauración en escombrera colindante en zonas que sea factible donde no se prevea aportes futuros de conformidad con el concesionario minero, siendo complemento a los aportes de posibles estériles que sobrase de la restauración progresiva.
- Creación de estanque abrevadero para la fauna con la comunicación de aguas de escorrentía que se produzcan en la explotación y posibilidad de aporte en época estival si se considerase que sería de interés para fomento de la fauna silvestre.
- Plantación de especies arbóreas de pinos adecuados si procede (u otra especie que se estime conveniente) en una zona próxima que sea factible y de conformidad con titular de los terrenos dentro de la propia parcela que se encuentra la explotación o cercana.

A pesar de ello y de forma altruista se han propuesto unas medidas adicionales, como es el abrevadero, la creación de zonas de cobijo y nidificación de fauna, el favorecimiento de la flora tan ausente en el entorno, retención de agua pluvial, para uso y beneficio de flora y fauna, al menos.



Foto 11. Charca artificial para uso agua para riego y refrigeración corte.



Abajo, Foto 12. Zona en desafección temporal creciendo especies vegetales a pie de talud con rellenos





Foto 14. Vista al Este hecha en entrada al banco 1 del frente 3, se observa la estabilidad y plana y limpio el banco.

SEGURIDAD Y SALUD

Por el sistema de explotación de bajas alturas de frente y bancos y no emisiones significativas de polvo añadido a la naturaleza geológica del material, apenas produce emisiones de polvo, siendo además el contenido en sílice máximo 1% lo que prácticamente no existe ese riesgo higiénico. Y los riesgos de seguridad están controlados y minimizados. Siendo bancos de alturas adecuadas y con buena estabilidad como se comprueba fotográficamente.

CONCLUSIONES

En el desarrollo del articulo hemos comprobado que este tipo de actividad lejos de producir impactos negativos son más las ventajas, hallándose centurios prácticamente en la misma superficie.

Empleo, mejora entorno paisajístico en construcciones y muros, etc., apenas hay impacto visual pues se mimetiza con el entorno, por ser de similar tono, se reutiliza casi todo el material extraído, los no comerciales van a restauración progresiva, no existe riesgo por polvo, ni afecciones de neumoconiosis, ni silicosis(siendo la concentración de SiO_2 máximo 1%) por las nulas emisiones en la extracción y corte por vía húmeda, y quebranto, una superficie de menos de 4 Ha para proyecto de 30 años, que está ya afectada hace décadas apreciándose en documentación fotográfica adjunta. ■

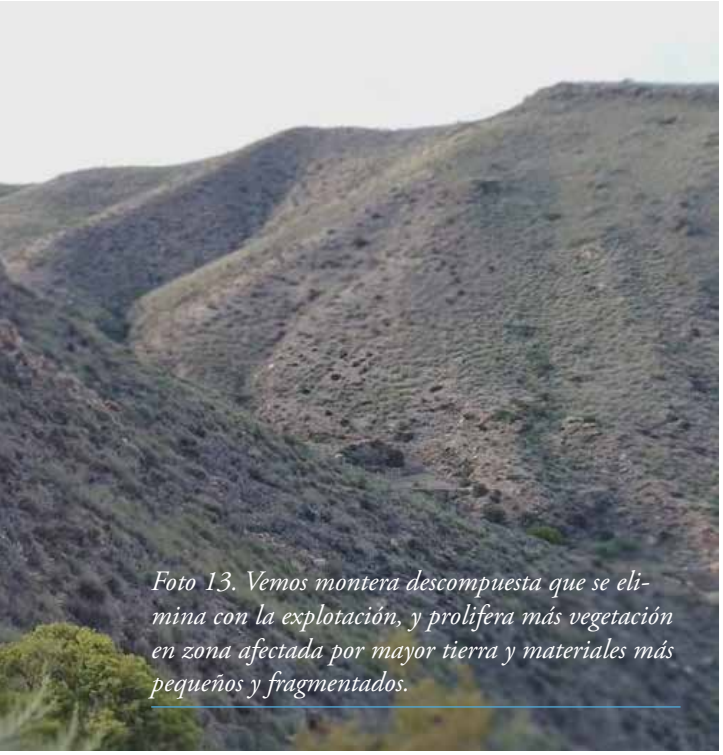


Foto 13. Vemos montera descompuesta que se elimina con la explotación, y prolifera más vegetación en zona afectada por mayor tierra y materiales más pequeños y fragmentados.





Foto 16. Detalle de solado y zócalo interior de travertino oro.

BIBLIOGRAFÍA

Estudio de Impacto Ambiental cantera en apertura Lobo(autor el redactor)

Cartografía geológica IGME/Geología hoja 996 IGME

Estudio hidrogeológico de Albox de Adaro (IGME)

Proyecto explotación y Plan de restauración de Canteras del Sureste

Geologíalweb/ Diversas fuentes de internet

Actualización Proyecto de renovación de la concesión minera

Estudio geológico de reservas Canteras del Sureste

Hoja 966 Magna del IGME

RD 975/09 y Ley 7/22

RD 1447/08 EHE-08 Instrucción T. del Hormigón y CTE Código Técnico de la Edificación

Grijalbo/Manual IGME Rocas Ornamentales

Rock Maquina anuario

Enciclopedia Wikipedia /Geologíawelo



Foto 15. Pallets preparados para envío clientes. Cortes a media para adoquines, bordillos y lajados irregulares para paramentos verticales y horizontales, de subproductos antes desechables, elaborados, con medios manuales a cincel.

Dirección Facultativa y nuevas obligaciones

Sílice cristalina respirable en las explotaciones mineras

Juan Antonio Freijo Pasarín. Graduado en Ingeniería Minera. Máster Univ. en PRL. Instituto Nacional de Silicosis.

La nueva consideración como cancerígenos de los trabajos en los que se produce exposición a polvo de sílice cristalina respirable ha dado lugar a importantes cambios normativos, de los que debe ser consciente la persona que desempeñe la dirección facultativa en los centros sujetos al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Faculty Management and new obligations
Respirable crystalline silica in mining operations

The new consideration as carcinogens of jobs whith respirable crystalline silica dust exposure has given rise to important regulatory changes, so the person in faculty management in centers under General Regulation of Basic Mining Safety Standards should know those changes.



EL POLVO SILÍCEO COMO CANCERÍGENO

En las actividades extractivas y de elaboración (operaciones de corte, trituración, perforación, molienda …), se liberan partículas de polvo silíceo, que en tamaños respirables (en general por debajo de 10 micras) generar enfermedades pulmonares. Este es el caso de la **silicosis,** enfermedad incapacitante e irreversible, desafortunadamente bien conocida en minería.

La inhalación de sílice cristalina respirable (SCR) se ha asociado también con el **cáncer de pulmón**, motivo por el que ha sido incluida en el Real Decreto 665/1997, sobre exposición a agentes cancerígenos, fijando en su anexo lll un valor límite ambiental para la exposición diaria (VLA-ED) de 0,05 mg/m^3.

OBLIGACIONES QUE INTRODUCE EL RD 665/1997 RESPECTO A LA SCR COMO CONSECUENCIA DE SU NUEVA CONSIDERACIÓN COMO CANCERÍGENA.

En cuanto a la prevención y reducción de la exposición a SCR, se establece que se debe considerar como primera opción la sustitución del agente cancerígeno o la del proceso que lo genera. El paso siguiente sería el de trabajar en un sistema cerrado (estanco), que no permita la salida de partículas de SCR al exterior, manteniéndose en dichas condiciones a lo largo del tiempo.

Lo que en ningún caso se permite es superar el VLA-ED (si se diera el caso debería corregirse la situación de forma inmediata paralizando la sobreexposición y comprobando, con mediciones, que la exposición vuelve a estar por debajo del VLA-ED antes de reanudar la actividad **y aún sin superarlo, la exposición debe mantenerse tan baja como técnicamente sea posible**.

Cuadro 1

a. Limitar las cantidades del agente cancerígeno o mutágeno en el lugar de trabajo.
b. Diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos.
c. Limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
d. Evacuar los agentes cancerígenos en origen, mediante extracción localizada o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
e. Utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes.
f. Aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.
g. Adoptar medidas de protección colectiva o, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios, medidas individuales de protección.
h. Adoptar medidas higiénicas, en particular la limpieza regular de suelos, paredes y demás superficies.
i. Delimitar las zonas de riesgo, estableciendo una señalización de seguridad y salud adecuada, que incluya la prohibición de fumar en dichas zonas, y permitir el acceso a las mismas sólo al personal que deba operar en ellas, excluyendo a los trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.
j. Velar para que todos los recipientes, envases e instalaciones que contengan agentes cancerígenos estén etiquetados de manera clara y legible y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia.
k. Instalar dispositivos de alerta para los casos de emergencia que puedan ocasionar exposiciones anormalmente altas.
l. Disponer de medios que permitan el almacenamiento, manipulación y transporte seguros de los agentes cancerígenos, así como para la recogida, almacenamiento y eliminación de residuos, en particular mediante la utilización de recipientes herméticos etiquetados de manera clara, inequívoca y legible, y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia.

Prevención y reducción de la exposición (Real Decreto 665/1997)

Cuadro 2

Otras exigencias específicas para la SCR del Real Decreto 665/1997
Prohibición de fumar, beber y comer (zonas con riesgo)
Limpieza regular suelos/paredes / superficies
Lugares separados **ropa** de trabajo vs ropa de vestir
10 minutos para **aseo personal** antes de la comida y de abandonar el trabajo
Descontaminación y lavado de la ropa de trabajo por el empresario (prohibido llevar al domicilio)
Derecho a revisión de los resultados de la Vigilancia de la Salud
Recomendaciones post ocupacionales o post-exposición sobre SCR
Lista de trabajadores expuestos. Conservar **40 años** tras cese de exposición

Además, serán de aplicación para la SCR todas las medidas necesarias de entre las relacionadas en el punto 5 del artículo 5, que se listan en el Cuadro 1.

También se establecen otras exigencias relacionadas con medidas higiénicas, vigilancia de la salud, o listados de personal expuesto, a conservar durante 40 años tras el cese de la exposición de la persona trabajadora (Cuadro 2).

NORMATIVA MINERA. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SCR.

La **ITC 02.0.02** (Orden TED/723/2021), vigente desde el 10 de julio de 2021, ha venido a introducir los cambios normativos en relación con la SCR ya comentados y añadiendo otros que se resumen en el Cuadro 3.

Con el objeto de facilitar la aplicación del conjunto de disposiciones vistas, también se hace mención en la ITC 02.0.02 a una guía técnica del Instituto Nacional de Silicosis (INS).

En el RGNBSM se dispone que todas las actividades incluidas en su ámbito de aplicación estarán bajo la autoridad de un **Director facultativo** para proyectar y dirigir los trabajos de explotación. La dirección facultativa (en adelante la DF) puede dictar **Disposiciones Internas de Seguridad** (DIS), para adaptar o precisar a casos concretos lo dispuesto en el RGNBSM siendo de obligado cumplimiento. También se establece la obligatoriedad, por parte del empresario, de elaborar y mantener al día un «**Documento sobre Seguridad y Salud**» (en adelante «DSS»).

La **ITC 02.0.01 (**Orden TED/252/2020, de 6 de marzo), define la DF, como "***técnico competente y la persona que se hace cargo de los aspectos de seguridad de la actividad mediante la supervisión del funcionamiento de los lugares de trabajo … designado por el empresario para llevar a cabo las funciones previstas en el apartado 3.3***."

Aunque no de manera exhaustiva (por extensión sería imposible su tratamiento aquí), veamos las funciones exclusivas de la dirección facultativa (apartado 3.3 de la ITC 02.0.01) en relación con la normativa vista y algunas cuestiones a considerar relacionadas con la SCR.

Cuadro 3
Obligaciones añadidas para la SCR en la ITC 02.0.02

RD 665/97 +

- **Ámbito:** RGNBSM
- **Periodicidad mediciones:** Cuatrimestral
- **Duración toma de muestras:** Toda la jornada / Presencia del técnico
- **Uso correcto de equipos:** Criterio técnico - CSM (CT84 Rev. 1 - 15 dic. 2022)
- **Comunicación:** Cuatrimestral (INS), Anual (AAMM) - FDE (datos de muestras y de E.P. por SCR)
- **Laboratorios:** Declaración responsable / Listado público laboratorios / Envío datos estadísticos
- **Formación:** Ajuste de EPR



Guía Técnica del INS. Disposición final primera ITC 02.0.02

1. Aprobar aquella documentación del DSS que permita planificar y poner en práctica las medidas preventivas, así como los recursos y métodos concretos de trabajo.

Como incluidos en este apartado se pueden considerar la mayor parte de los apartados que componen el DSS. Con independencia de la modalidad preventiva elegida por la empresa, ya sea con medios ajenos (generalmente uno o varios servicios de prevención), propios auditados o mixtos en su caso (con auditoría para la parte con medios propios), se pueden mencionar entre otras cuestiones a supervisar por la DF:



COMISIÓN DE SEGURIDAD MINERA	Equipamiento para toma de muestras de polvo y sílice cristalina respirables	CRITERIO TÉCNICO 84. Rev 1 2022-12-15

Criterio Técnico de la CSM para el equipamiento de toma de muestras.

La Evaluación de riesgos. Una vez identificada la presencia o posible presencia de SCR la DF deberá asegurarse de que se evalúe el riesgo en todos los puestos con exposición o posible exposición a SCR, que la exposición diaria no supera el VLA-ED y que dicha exposición sea tan baja como técnicamente sea posible, realizando (punto 3, ITC 02.0.02) mediciones personales, extendidas a toda la jornada de trabajo, cada cuatrimestre del año, y con una estrategia de muestreo conforme a la norma UNE-EN 81550.

Los medidores y captadores de polvo deben haber superado el proceso de evaluación de la conformidad de los productos para uso en minería según las ITC 12.0.01 y 12.0.02. La Comisión de Seguridad Minera del MITECO, ha aprobado en septiembre de 2021 (con primera revisión de fecha 15 de diciembre de 2022) el Criterio Técnico 84 (CT 84): Equipamiento para toma de muestras de polvo y sílice cristalina respirables, de obligado cumplimiento.

Los análisis de las muestras deben hacerse en el INS o en laboratorios especializados, según Anexo I de la ITC 02.0.02, y se establecen obligaciones de comunicación (anual) a la Autoridad minera y (cuatrimestral) al INS, de los resultados de la muestras y de los casos diagnosticados de enfermedad profesional por exposición a SCR, mediante fichas como las del Anexo II de la misma ITC.

De igual forma debe incluirse en el DSS lo relacionado con la SCR y la información a las personas trabajadoras (donde pueden incluirse los resultados de los muestreos realizados), la participación (colaborando en la adopción de las mejores medidas preventivas o en la selección de las fechas en las que se realizarán los muestreos) o sobre la formación que, con periodicidad al menos anual, deberá incluir ensayos de ajuste cuantitativos de los equipos de protección respiratoria que garanticen la estanqueidad sobre la cara del portador (puntos 5 y 10.b de la ITC 02.0.02).



2. Coordinar los controles periódicos de las condiciones de trabajo y colaborar en la adopción de medidas en materia de seguridad y salud, así como en su implantación y control.

Esto implica participar activamente en las medidas para la Planificación de la Actividad Preventiva. Dentro de ellas están las de adoptar las medidas preventivas más idóneas en cada puesto de trabajo, supervisar que se utilizan adecuadamente y que su estado de funcionamiento se revisa periódicamente para asegurar su efectividad, procurando para ello los medios necesarios y registrando la actuaciones llevadas a cabo, así como el seguimiento hecho de las mismas.

Además de asegurarse que se realizan los controles periódicos de la exposición (tomas de muestras) ya vistos, también podrían incluirse aquí la formación sobre ajuste de mascarillas se repiten con la periodicidad obligatoria (anualmente) y que se llevan a cabo los controles médicos específicos sobre la salud con la periodicidad debida. Estos reconocimientos que son de realización obligatoria (para empresa y personas trabajadoras) deben de llevarse a cabo con el contenido y periodicidad que se indican en el protocolo médico específico sobre silicosis (Ministerio de Sanidad). Recordar que los puestos con exposición a SR no podrán ser ocupados por personal de empresas de trabajo temporal, trabajadoras en periodo de embarazo o lactancia natural o aquellas previamente diagnosticadas de silicosis.

Los puestos con exposición a SR no podrán ser ocupados por personal de empresas de trabajo temporal, trabajadoras en periodo de embarazo o lactancia natural o aquellas previamente diagnosticadas de silicosis.

3. Aprobar las disposiciones internas de seguridad (en adelante «DIS»), establecer las instrucciones de trabajo y expedir las autorizaciones previstas en el DSS.

Se deben confeccionar instrucciones de trabajo para operaciones con exposición y limitar el número de trabajadores expuestos al mínimo indispensable, tanto en trabajos ordinarios como extraordinarios (intervenciones de mantenimiento, inspección,…) en las zonas con exposición, accesos para los que articularán las autorizaciones. La DF cuenta con las DIS para organizar de forma práctica estos y otros aspectos de la normativa relacionados con la SCR, que serán de obligado cumplimiento para el personal a su cargo.



4. Participar en la investigación de accidentes y enfermedades profesionales.

Resulta obligatorio llevar a cabo una investigación sobre las causas que hayan motivado los casos de enfermedad profesional por silicosis o cáncer de pulmón por exposición a SCR (artículo 16.3 de la Ley 31/1995), debiendo modificar en consecuencia la evaluación de riesgos y la planificación de actuación preventiva existente.

El DF puede auxiliarse de tantos integrantes de su equipo facultativo, recursos preventivos o vigilantes, como se determine en el DSS.

5. Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Las disposiciones de los artículos 96 y 97 de la Ley de Minas sobre coordinación de actividades empresariales (CAE) han de adaptarse a los dispuesto en el Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, para el caso de presencia de empresas contratadas y/o subcontratadas (incluyendo trabajadores autónomos). Para que la DF organice la CAE, debe determinar los medios de coordinación y designar las personas encargadas de las actividades preventivas.

La designación de personas es el medio de coordinación preferente para el caso de actividades o procesos peligrosos o con riesgos especiales y con dificultad para el control de las interacciones de riesgos graves o muy graves. Dentro de estas actividades y riesgos se incluyen los de minería a cielo abierto, de interior y por sondeos y los de exposición a agentes cancerígenos (como es el caso para la SCR).

En estos casos las obligaciones de información y traslado de instrucciones (entre empresas o autónomos presentes en el centro) deben trasladarse por escrito. Para esas obligaciones podrá hacer uso del DSS y de las DIS, incluyendo en estos documentos lo referente a la SCR.

Si el DF desarrolla sus funciones para la empresa principal que contrata o subcontrata en su centro de trabajo obras o servicios de su propia actividad, debe organizar el deber de vigilancia del cumplimiento de la normativa de PRL respecto a SCR del resto de empresas (o autónomos), y recabar de ellas, que le acrediten por escrito que han realizado, la evaluación de riesgos y la planificación de su actividad preventiva, la información y formación o la vigilancia de la salud específica a sus propios trabajadores.

Para estas tareas, el DF puede auxiliarse de tantos integrantes de su equipo facultativo, recursos preventivos o vigilantes, como se determine en el DSS.

6. Implantar cuantas medidas sean necesarias para dar cumplimiento a todas aquellas prescripciones que se establezcan por la Autoridad Minera.

En este ámbito podrían encuadrarse las posibles prescripciones de la Autoridad Minera referentes a polvo de SCR, en caso de superarse el VLA-ED o de no haber paralizado dicha sobreexposición. Debe recordarse aquí que, tratándose el polvo de SCR de un agente cancerígeno inexcusablemente deben aplicarse medidas preventivas, cumplir con la normativa específica minera y general para toda clase de actividades, como ya se ha mencionado anteriormente.

CONCLUSIONES.

A la vista de los cambios normativos sobre la SCR y de las fechas de su entrada en vigor, resulta necesario implementar dichos cambios a la realidad de los centros de trabajo sujetos al RGNBSM, en los que la DF será la encargada de liderar dicha implementación a la mayor brevedad posible. ■

BIBLIOGRAFÍA

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.

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

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con agentes cancerígenos durante el trabajo.

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

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 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.

REAL DECRETO 150/1996, de 2 de febrero, por el que se modifica el artículo 109del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Orden TED/252/2020, de 6 de marzo, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias 02.0.01 «Directores Facultativos» y 02.1.01«Documento sobre Seguridad y Salud», y por la que se deroga la Instrucción Técnica Complementaria 09.0.10 «personal de montaje, explotación y mantenimiento», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Orden TED/723/2021, de 1 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria02.0.02 “Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo y sílice cristalina respirables”, del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Bio-combustibles, combustibles sintéticos, vehículos eléctricos y la no fabricación de vehículos que consuman derivados del petróleo para el año 2035

Bio-fuels, e-fuels, electric vehicles and the non-manufacturing of vehicles that consume petroleum derivatives by the year 2035

Miguel Ortiz Mateo. Ingeniero Técnico de Minas, Dr. Ingeniero de Minas

El objetivo del artículo es crear una motivación especial por estos temas y que los Ingenieros Técnicos y Grados en Minas se familiaricen con los nuevos combustibles ecológicos y su combustión, así como la resolución de sus problemas y le sirvan de ayuda en el desarrollo de su carrera profesional (industria y transporte), que además contribuyen a la diversificación energética.

PALABRAS CLAVE: Bio-combustibles, Bio-metanol, Bio-etanol, Bio-diesel, Combustibles sintéticos

KEY WORDS: Bio-fuels, Bio-methanol, Bio-ethanol, Bio-diesel, E-fuels

RESUMEN:
En el artículo se hace una defensa de los biocombustibles, frente a los combustibles sintéticos y vehículos eléctricos. Se defiende la existencia de diversos tipos de tecnologías que compitan entre sí y dejar que sean los consumidores los que decidan, en un mercado libre, cuál de ellas utilizar, todo ello teniendo en cuenta la eliminación de emisiones de CO_2 que causan el efecto invernadero y produciendo los menores daños posibles a la economía.

ABSTRACT:
The article makes a defense of biofuels, against synthetic fuels and electric vehicles. The existence of different types of technologies that compete with each other is defended, leaving it to consumers who decide, in a free market, which of them to use, all taking into account the elimination of CO_2 emissions that cause the greenhouse effect and causing the least possible damage to the economy

LOS BIOCOMBUSTIBLES

Con objeto de reducir las emisiones de CO_2 a la atmósfera, causantes del efecto invernadero, se ha comenzado a utilizar combustibles que llevan el prefijo **bio,** indica que tienen un origen vegetal por lo que no contribuyen a aumentar el efecto invernadero, ya que la planta ha retirado previamente de la atmósfera el CO_2 que posteriormente emitirá el vehículo por el tubo de escape. Realmente el balance no es exactamente cero pues la materia prima (caña de azúcar, remolacha, maíz, girasol o soja) ha de recolectarse y someterse a un proceso que consume energía para obtener el combustible **bio,** ésta puede también tener un origen ecológico.

(1) Cepsa Huelva construirá la mayor planta de biocombustibles de segunda generación de Europa en el parque energético de la Rábida, que contará con una capacidad de producción de 2,5 M de toneladas para 2030.

COMBUSTIBLES EN AUTOMOCIÓN

En automoción, además de los combustibles tradicionales (gasolina y gasóleo), se están utilizando combustibles bio (bio-metanol, bio-etanol, y bio-diesel) y otros combustibles alternativos (G.L.P. y G.N.), dadas las ventajas que presentan por la disminución de las emisiones de CO_2, que como sabemos contribuyen al efecto invernadero y por tanto al cambio climático, además contribuyen a la diversificación energética. A estos combustibles tenemos que añadir los sintéticos, por ellos.

(2) Alemania se ha opuesto a que en la UE, a partir de 2.035, se prohíba la venta de coches con motor de combustión que consuman derivados de petróleo, parece que ha llegado a un acuerdo con los legisladores europeos para que se permita su venta para uso solamente con combustibles sintético llamados e-fuels, cero emisiones de CO_2, que ya se usan en aviación y en los equipos de competición de Porsche, el coste de estos combustible podría estar en torno a los



Gasolinera Repsol Huelva Capital.

cinco euros por litro, Alemania está a la cabeza de este tipo de carburantes contando con una fábrica en la Patagonia chilena donde hay grandes recursos hídricos así como los vientos necesario para la producción de este tipo de combustibles. Otro tipo de combustible es el hidrógeno, solamente emite vapor de agua, que se obtiene por procedimiento electrolítico, con los excedentes de energía renovables o hidrógeno natural, del que tenemos un importante yacimiento en Aragón, descubierto en los años sesenta del pasado siglo, cuya autorización de explotación está teniendo dificultades administrativas al ser considerado como un hidrocarburo.

(3) Para la resolución de problemas tomamos como composición del aire 79 % de N_2 y 21 % de O_2, que es suficiente para nuestro propósito. Con ello no cometemos error apreciable, ya que el anhídrido carbónico y el argón, que son los componentes de mayor importancia, se comportan como el nitrógeno en la combustión.

Si ahora recordamos que una molécula gramo contiene 22,4 litros de un gas perfecto, podemos decir que:

Si por cada 21 l de O_2, corresponden 79 l de N_2

A cada mol (22,4 l) de O_2, corresponden X Moles de N_2

$$X = 79/21 = 3{,}76 \text{ moles de } N_2.$$

Es decir, podemos dar la expresión del aire de esta manera:

$$O_2 + 3{,}76\ N_2$$

(a un mol de O_2 le acompañan 3,76 moles de N_2)



Zona de recarga de Combustibles Tradicionales.

(4) Supuesto de combustión de un combustible con bioetanol: Un vehículo realiza un recorrido de 600 kilómetros consumiendo en el mismo 42 litros de gasohol, 85 % de gasolina y 15 % de bioetanol en peso, la composición de la gasolina es 87 % de C y 13 % de H_2

Calcular:

a. Volumen y composición de los gases de escape.

b. Anhídrido carbónico emitido a la atmósfera en kilogramos, en kilogramos por litro de carburante y en gramos por kilómetro para la combustión completa.

c. Emisiones de anhídrido carbónico, para el recorrido realizado, que no contribuyen al efecto invernadero.

d. Emisiones de anhídrido carbónico en gramos por kilómetro, descontadas las procedentes de la parte del combustible de origen vegetal.

e. Dosado estequiométrico.

Datos:

- Densidad de la gasolina d_1 = 0,720 kg/l
- Densidad del etanol d_2 = 0,794 kg/l.

Nota:

El bioetanol es un alcohol de alta pureza producido a partir de cultivos ricos en azúcares o almidón como la remolacha, cereales o caña de azúcar. Es el sustituto natural de la gasolina en motores de explosión. A partir de corrosivo. Todavía está poco comercializado en España.

Solución:

a. 347,75 Nm^3; 13,48 % CO_2; 12,87 % de H_2O; 73,65 % de N_2.

b. 92,07 kg; 2,19 kg/l; 153,45 g/km.

c. 8,81 kg.

d. 138,77 g/km.

e. A.F.R e = 13,60 kg de aire/kg de carburante.

ETANOL: CH_3-CH_2-OH
Peso molecular:
C 2 x 12 = 24 g de C
H 6 x 1 = 6 g de H_2
O 1 x 16 = 16 g de O_2

46 g de etanol en una molécula
24/46 x 100 = 52,18 % de C
6/46 x 100 = 13,05 % de H_2
16/46 x 100 = 34,78 % de O_2

GASOHOL:
Gasolina: 87 % C x 0,85 = 73,95 % de C
13 % H_2 x 0,85 = 11,05 % de H_2
Etanol: 52,18 % C x 0,15 = 7,82 % de C
13,05 % H_2 x 0,15 = 1,96 % de H_2
34,78 % O_2 x 0,15 = 5,22 % de O_2

Composición del gasohol: 81,77 % de C +13,01 % de H_2 + 5,22 % de O_2

Densidad de la mezcla:
D = d_1 x 0,85 + d_2 x 0,15 = 0,720 x 0,85 + 0,794 x 0,15 = 0,7311 kg/l

a. Volumen y composición de los gases de escape.

Productos totales de la combustión:
68,14 moles de CO_2 + 65,05 moles de H_2O + 372,39 moles de N_2 = 505,58 moles.
CO_2 = 68,14/505,58 x 100 = 13,48 %
H_2O = 65,05/505,58 x 100 = 12,87 %
N_2 = 372,39/505,58 x 100 = 73,65 %

El consumo de combustible es de 42 l.
M = d x V = 0,7311 kg/l x 42 l = 30,7062 kg

505,58 moles/kg de combustible x 30,7062 kg de combustible = 15524,44 moles.
15524,44 moles x 22,4 l/mol = 347747,47 litros = 347,75 Nm^3 con la composición calculada.

b. Anhídrido carbónico emitido a la atmósfera.

Por el apartado a) sabemos que emitimos a la atmósfera 68,14 moles de CO_2 por kg de combustible y conocemos que 42 litros de combustible corresponden a 30,71 kg de combustible.
1 mol de CO_2 = 44 g = 0,044 kg
68,14 moles/kg combustible x 30,71 kg combustible x 0,044 kg/mol = 92,073 kg CO_2
92,073 kg de CO_2 / 42 litros de carburante = 2,19 kg CO_2 / litros de carburante
Y en gramos por kilómetro:
92073 g de CO_2 / 600 km = 153,45 g/km

c. Emisiones de anhídrido carbónico, para el recorrido realizado, que no contribuyen al efecto invernadero.

Consumo de etanol:
Masa total de combustible = 30,7062 kg
Masa de etanol = 30,7062 kg x 0,15 = 4,6059 kg
CO_2 que no contribuye al efecto invernadero:
43,48 moles CO_2/kg etanol x 0,044 kg/mol x 4,6059 kg etanol = 8,8116 kg CO_2
8,8116 kg CO_2/600 km = 0,0146869 kg/km = 14,6869 g/km que no contribuyen.

COMBUSTIBLE				REACCIONES DE COMBUSTION	COMBURENTE (Real)						PRODUCTOS DE COMBUSTION (Real)									
Elementos	Composición				Teórico			En Exceso*			Teórica							Exceso	
	%	Gramos/ Kg	Moles/ Kg		O_2	N_2	Aire	O_2	N_2	Aire	CO_2	H_2O	SO_2	N_2	$N_{2\ teórico}$			O_2	N_2
C	81,77	817,7	68,14	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	68,14	3,76 x 99,04 = 372,39	4,76 x 99,04 = 471,43				68,14				372,39				
H_2	13,01	130,1	65,05	$H_2 + ½\ O_2 \rightarrow H_2O$	32,53							65,05							
O_2	6,22	62,2	1,63	$O_2 \rightarrow O_2$	-1,63														
				TOTALES	99,04 moles	372,39 moles	471,43 moles	moles	moles	moles	68,14 moles	65,05 moles	moles	372,39 moles		moles	moles	moles	moles	moles

COMBUSTIBLE				REACCIONES DE COMBUSTION	COMBURENTE (Real)						PRODUCTOS DE COMBUSTION (Real)									
Elementos	Composición				Teórico			En Exceso*			Teórica							Exceso	
	%	Gramos/ Kg	Moles/ Kg		O_2	N_2	Aire	O_2	N_2	Aire	CO_2	H_2O	SO_2	N_2	$N_{2\ teórico}$	CO			O_2	N_2
C	52,18	52,18	43,48	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	43,48	3,76 x 65,24 = 245,30	4,76 x 65,24 = 310,54				43,48				245,30					
H_2	13,05	130,5	65,25	$H_2 + ½\ O_2 \rightarrow H_2O$	32,63							65,25							
O_2	34,78	347,8	10,87	$O_2 \rightarrow O_2$	-10,87														
				TOTALES	65,24 moles	245,30 moles	310,54 moles	moles	moles	moles	43,48 moles	65,25 moles	moles	245,30 moles		moles	moles	moles	moles	moles

d. Emisiones de CO_2 en g/km, descontando el CO_2 que no contribuye al efecto invernadero

Emisiones que contribuyen al efecto invernadero = emisiones totales de CO_2 – emisiones de CO_2 que no contabilizan = 92,073 kg de CO_2 – 8,811 kg de CO_2 = 83,262 kg CO_2

83262 g CO_2/600 km = 138,77 g/km

O bien:

153,45 g CO_2 / km – 14,686 g/km = 138,77 g/km

e. Dosado estequiométrico.

A.F.Re.= m aire teórico / m carburante.

Masa del aire teórico para quemar 1 kg de carburante:

99,04 moles de O_2 x 32 g/mol + 372,39 moles de N_2 x 28 g/mol = 3169,28 g de O_2 + 10426,92 g de N_2 = 13596,2 g de aire = 13,596 kg de aire

Como quemamos 1 kg de combustible, tenemos:

A.F.Re. = 13,596 kg de aire/kg de carburante.



¿Estamos echando un cubo de agua dulce al mar y pensamos que su agua se convertirá en dulce?

CONCLUSIONES

Por qué discriminar los bio-combustibles frente a los sistemas de acumulación de energía, que son tremendamente caros, debido sobre todo al precio de las baterías, cuyos elementos son escaso y se encuentran en países de escasa seguridad jurídica, por qué discriminarlos respecto de los combustibles sintéticos con



Poste para recarga de baterías Vehículos Eléctricos.

BIBLIOGRAFÍA

(1)S.C., 08/05/2023. Cepsa y CSIC investigarán la plantación de cultivos energéticos para producir biocombustibles 2G. huelvainformacion.es.

(2) Mingo, Ivan, 27/03/2023. La verdad oculta de los combustibles sintéticos y por qué Alemania está obsesionada con ellos. eldebate.com.

(3) Canseco Medel, A. 1968. Tecnología de Combustibles, Departamento de Apuntes y Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros de Minas, Madrid, 273 pp.

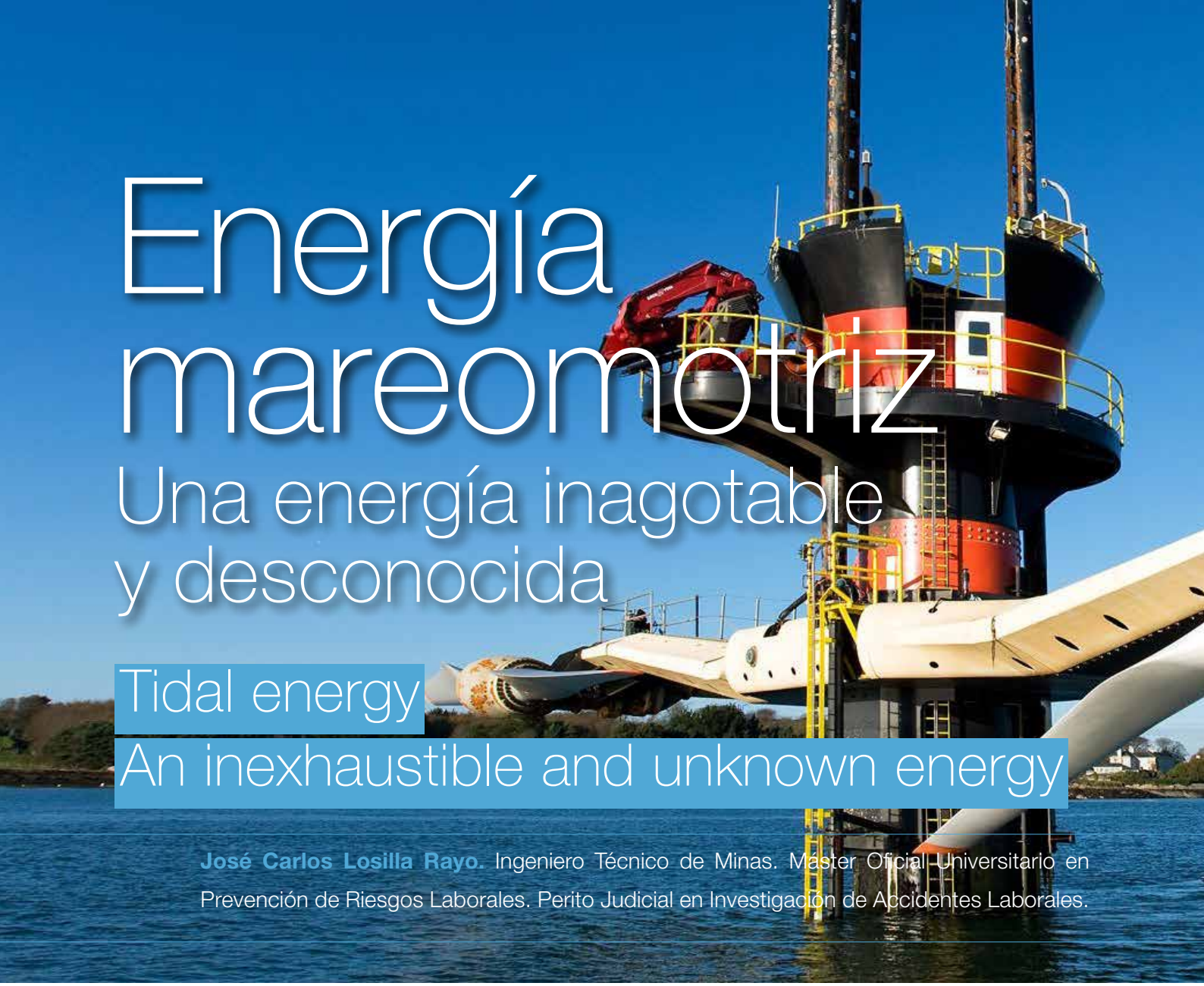
(4) Ortiz Mateo, M. et al. 2015/16. Problemas de Combustión en la Industria y el Transporte, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, 461 pp.

(5) Llamas García, Bernardo et al. 1999. Introducción a la Combustión. Llamas Moya, Esther. León, 32 pp.

elevado precio del combustible. Todo ello hace que este tipo de vehículos no estén al alcance de gran parte de la población. Por qué no dejar que existan diversos tipos de combustibles también eléctricos que compitan con tecnología entre sí en la mejora del medio ambiente y que sean los consumidores los que decidan en un mercado libre y no obligar a fabricantes y consumidores a base de Directivas Europeas.

Todo lo anterior me hace pensar, que estamos entrando en **un nuevo modelo económico**, despedirán las fábricas a muchísimos trabajadores y esto se realizará únicamente en la UE, pues ni los países americanos, africanos y asiáticos están, salvo excepciones, en esta onda.

¿Estamos echando un cubo de agua dulce al mar y pensamos que su agua se convertirá en dulce? ■



Energía mareomotriz

Una energía inagotable y desconocida

Tidal energy

An inexhaustible and unknown energy

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

ANTECEDENTES

El uso de las mareas como fuente energética se remonta hasta la antigüedad, donde podemos encontrar la evidencia más temprana respecto a conversión de energía mareomotriz en los albores del año 900 d.C. El molino de mareas más antiguo conocido sería el *Woodbridge Tide Mill*, erigido en Suffolk, Inglaterra, y que data del año 1.170.

En 1799 se inscribió en Francia la primera patente de un artilugio de aprovechamiento de la energía del movimiento de las olas para el accionamiento de maquinaria varia. A principios del siglo XXI hay más de mil patentes para aprovechar la energía de las olas aunque solamente una veintena se han desarrollado en prototipos a escala real.

PALABRAS CLAVE: Energía mareomotriz, mareas, corriente de marea, energía undimotriz, pleamar, bajamar, planta de energía mareomotriz, generador, turbina, alternador, presa de marea, generador de corriente de marea, tecnologías híbridas, energías renovables, energías limpias.

KEY WORDS: Tidal energy, tides, tidal stream, wave energy, high tide, low tide, tidal power plant, generator, turbine, alternator, tidal dam, tidal stream generator, hybrid technologies, renewable energy, clean energy.

RESUMEN

La energía mareomotriz es el sistema que aprovecha el movimiento de las partículas del agua de los océanos, tanto el desplazamiento vertical (mareas) como el desplazamiento horizontal (corriente de marea) para generar electricidad debido al proceso gravitatorio del Sol y la Luna.

La energía mareomotriz en España trata de impulsarse a través del proyecto "Magallanes", el único del país y con base en Redondela (Galicia).

Hasta 2012, la planta de energía mareomotriz más importante a nivel mundial genera 600.000.000 kWh al año. Se sitúa en Francia y se calcula que estos niveles de energía suponen más del 40% del total de energía de la Bretaña francesa.

Es una energía prometedora dentro del campo de las energías limpias. Sin embargo, todavía son pocos los países que tienen gran capacidad para poder producir energía de esta manera: Francia, Corea del Sur, Canadá, Reino Unido y Noruega.

Aún queda un largo camino por recorrer. Es una tecnología que aún necesita más desarrollo tecnológico para optimizar el sistema.

ABSTRACT

Tidal energy is the system that takes advantage of the movement of ocean water particles, both vertical displacement (tides) and horizontal displacement (tidal stream) to generate electricity due to the gravitational process of the Sun and Moon.

Tidal energy in Spain tries to boost itself through the "Magallanes" project, the only one in the country, and located in Redondela (Galicia).

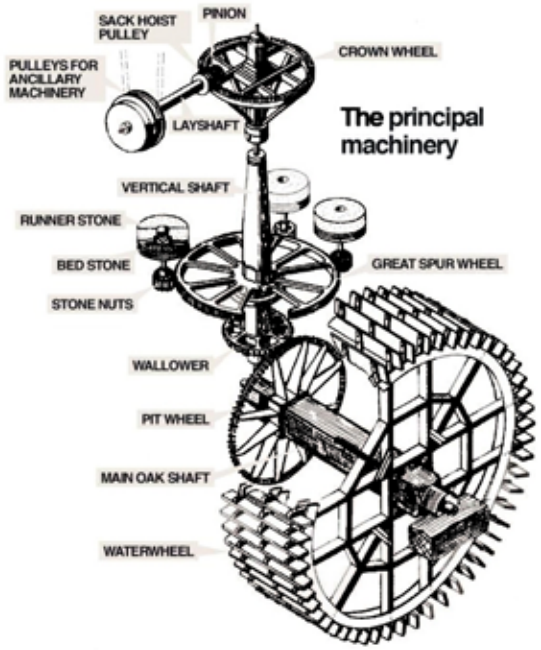
The world´s largest tidal power plant, until 2012, generates 600.000.000 kWh per year. This plant is located in France and it is estimated that these energy levels account for more than 40% of the total energy in French Brittany.

Tidal energy is a promising energy within the field of clean energy. However, there are still few countries that have great capacity to produce energy in this way: France, South Korea, Canada, United Kingdom and Norway.

There´s still a long way to go. It is a technology that still needs more technological development to optimize the system.

La primera obra a gran escala para la explotación de energía mareomotriz data de hace casi sesenta años. El lugar elegido fue el estuario del río Rance, en la Bretaña francesa, una zona donde la amplitud de las mareas alcanza niveles de hasta 13,5 metros. Construida por "*Electricitè de France*" entre 1960 y 1966, la instalación posee un dique de 750 metros de longitud y cuenta con una capacidad de 240 megavatios, aportados por sus 24 turbinas.

Dos años más tarde, en 1968, Rusia inauguró una planta experimental en el fiordo de Kislaya Guba, sobre el Mar de Barents, cerca de la frontera con Finlandia. Originalmente, la potencia instalada era de 400 kilovatios, que fue, posteriormente, ampliada a 1.200 kilovatios (1,2 megavatios). Doce años más tarde, en 1980, entró en funcionamiento la central mareomotriz de Jiangxia, en China, con una capacidad instalada de 3.200 kilovatios.



Woodbridge Tide Mill Machinery
Fuente: Woodbridge Tide Mill Museum



Planta energía mareomotriz del río Rance (Francia). Fuente: blog.structuralia.com

Finalmente, en 1984, se puso en marcha en Canadá la estación experimental de "*Annapolis Royal*", en la bahía de Fundy, que opera con olas de 12 a 16 metros, fruto de un plan piloto encarado en forma conjunta por el gobierno federal y por la administración provincial de Nueva Escocia. Esta central posee una potencia instalada de 20 megavatios, posicionándose como la tercera planta de energía mareomotriz más grande del mundo actualmente en servicio, generando 50 GWh de electricidad al año.

La planta mareomotriz más grande del mundo se construyó en 2011 en Corea del Sur en el Lago Sihwa, genera alrededor de 254 megavatios de electricidad y posee las instalaciones mareomotrices más grandes del mundo: un malecón de 12,5 km de longitud y una cuenca de 30 km^2.

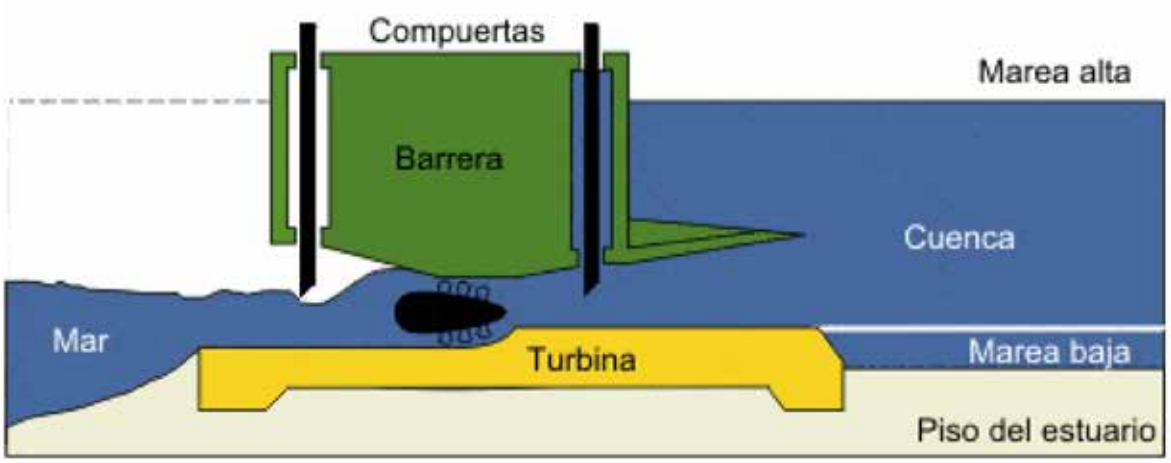
En España, Mutriku es el enclave en el País Vasco que cuenta con la mayor central undimotriz de España. Inaugurada en 2011, es la primera planta de olas en Europa que comercializa la energía que genera. Cuenta con 16 turbinas de aire comprimido que generan una potencia de 296 kilovatios.

CÓMO SE OBTIENE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Los mejores lugares donde instalar una central mareomotriz son un estuario, una bahía o una ría donde el agua de mar penetre y que se dé una diferencia de, al menos, 5 metros entre la pleamar (máximo nivel del mar) y bajamar (mínimo nivel del mar).

La electricidad de la mareomotriz se obtiene mediante tres tipos de centrales mareomotrices:

- **Presa de marea:** capta la energía potencial que existe entre el desnivel que se produce en el agua de una marea, entre pleamar y bajamar. Las instalaciones consisten en crear grandes diques o embalses que retienen el agua cuando la marea está en nivel máximo (pleamar). Posteriormente, cuando la marea baja (bajamar), se aprovecha el desnivel de altura para abrir las compuertas del embalse y canalizar el agua que baja por unas turbinas, las cuales accionan los alternadores que generan la energía eléctrica.



Presa de mareas. Fuente: areatecnologia.com



Generador de corriente de marea. Fuente: sites.Google.com

- **Generador de corriente de marea:** son instalaciones muy parecidas a los parques eólicos, pero dentro del mar. Pueden tener una turbina en vertical, horizontal o dentro de conductos cerrados. Se aprovecha la energía cinética del movimiento de las corrientes dentro del mar. El generador de corriente capta el agua que se mueve dentro del mar (corrientes marinas) para hacer girar las palas de las turbinas (funcionan como torniquetes gigantes) que están sumergidas para producir electricidad.
- **Tecnologías híbridas:** es una combinación de las dos anteriores. Combina la tecnología de amplitud con la de corriente oceánica o de marea. No hay un tipo de instalación específica como tal. Más bien es referente a los nuevos diseños, prototipos e innovaciones que se están planteando en el mundo de la energía marina.



ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN ESPAÑA

España posee la primera planta mareomotriz comercial del mundo. Situada en Mutriku (Guipuzkoa) y funcionando desde julio de 2011, esta planta dispone de 16 turbinas capaces de producir 600.000 kWh anuales. Tiene una capacidad equivalente a la energía que consumen, aproximadamente, 600 personas.

Este gran paso en el aprovechamiento de la energía del mar comenzó a gestarse hace ya 18 años. Fue en 2005 cuando comenzaron los trabajos para reformar el puerto de Mutriku, añadiendo esta instalación dentro del nuevo dique de abrigo.

La tecnología empleada por este tipo de sistema se conoce como *Columna de Agua Oscilante* o *OWC* en sus siglas en inglés.

El funcionamiento es el siguiente: cuando la ola llega al dique, el agua asciende por el interior de las cámaras, comprimiendo el aire que albergan y expulsándolo a través de una pequeña apertura superior. El aire sale a gran velocidad y provoca el giro del alternador. Del mismo modo, cuando la ola se retira, succiona el aire a través



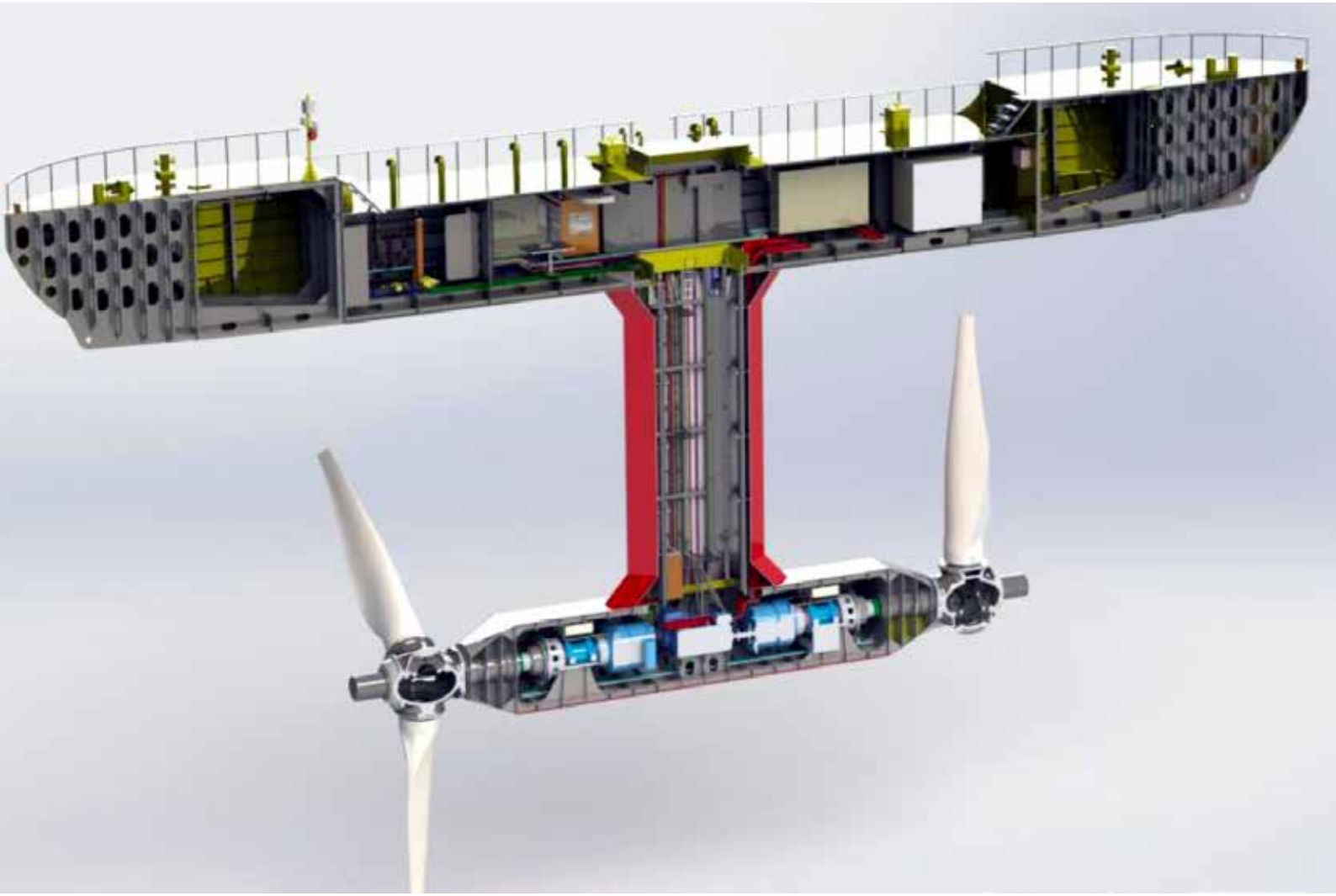
Planta undimotriz de Mutriku

España posee la primera planta mareomotriz comercial del mundo. Situada en Mutriku (Gipuzkoa) y funcionando desde julio de 2011, esta planta dispone de 16 turbinas capaces de producir 600.000 kWh anuales. Tiene una capacidad equivalente a la energía que consumen, aproximadamente, 600 personas.

del mismo orificio, volviendo a mover la turbina y generando energía de nuevo.

Por otro lado, el proyecto "*Magallanes*" nació en 2007 en Redondela (Pontevedra, Galicia) con el reto de desarrollar una tecnología capaz de extraer energía a partir de las corrientes. El sistema que desarrolla el proyecto "*Magallanes*" se basa en construir un artefacto flotante (un trimarán de acero) que incluye un tubo con una parte sumergida donde se instalan los hidrogeneradores. La plataforma está fondeada mediante dos líneas de anclaje a proa y a popa. Esta plataforma mareomotriz pesa 350 toneladas, tiene un calado de 25 metros, una manga de seis y una potencia de 2 MW (megavatios) y presenta dos rotores orientables de 19 metros de diámetro. El sábado, 2 de marzo de 2019, a las 10:00 a.m. (hora del Reino Unido), se confirmaba de manera oficial la conexión de la plataforma *ATIR* en la subestación de Eday (Islas Orcadas, Escocia), situada a dos millas de la zona de corrientes de Fall of Warness. La empresa gestora del proyecto es "*Magallanes Renovables, S.L.*", que tiene su centro de decisión en Redondela (Pontevedra, Galicia).

La energía mareomotriz en España tiene el potencial de producir 8 veces más energía que todas las renovables juntas, lo que se podría traducir en unos 800.000 gigavatios-hora (GWh) al año, mientras que el resto de renovables solo llegarían a 100.000 GWh, aproximadamente. Sin duda, parece prometedor.



Plataforma ATIR. Fuente: NationalGeographic.com.es

la Agencia internacional de la Energía (IRENA) cifra el recurso mareomotriz en más del 90% del total de la capacidad instalada de recursos energéticos en el mar, exactamente, 512,5 MW (megavatios).

FUTURO DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Frente a la escasez de recursos naturales y a las nuevas exigencias climáticas, las energías de las mareas representan hoy en día un potencial energético considerable. Ciertamente, muchas tecnologías de energías marinas están todavía en su estado experimental, pero prometen mucho para un futuro en cuanto a la producción energética constante y previsible.

Está claro en el doble reto que asume la Comisión Europea (CE) en su "*Estrategia sobre las Renovables Marinas*" (la mareomotriz, la undimotriz o de las olas, el gradiente térmico y de salinidad, más la eólica 'offshore'): recortar costes y mejorar la eficiencia de los generadores actuales.

Para ese impulso sostenible, Europa estima que necesitará una inversión de casi 800.000 millones de euros hasta 2050. Y de todas las opciones mencionadas, la mareomotriz es la única en fase precomercial. No en vano, la Agencia internacional de la Energía (IRENA) cifra el recurso mareomotriz en más del 90% del total de la capacidad instalada de recursos energéticos en el mar, exactamente, 512,5 MW (megavatios).

El proyecto de investigación "*NEMMO*", financiado con fondos europeos, dentro del programa H2020 y coordinado por la Fundación Tecnalia, tiene por objeto reducir los costes diseñando álabes de turbina de conglomerado más grandes, más ligeros y más duraderos. El último objetivo es reducir el coste normalizado de la energía para una turbina mareomotriz de 2MW (megavatios) en un 70%, reduciéndolo hasta 0,15 €/kWh en 2025 y 0,10 €/kWh en 2030. El consorcio está integrado por un total de 12 socios de 7 países, entre los que se encuentra España, que participa con cinco empresas. El proyecto se inició el 1 de abril de 2019 y finalizará el 30 de septiembre de 2023.



Primera reunión del Consorcio del proyecto NEMMO en Bilbao (8 y 9 de abril de 2019) Fuente: smartgridsinfo.es

CONCLUSIONES

La energía mareomotriz es una fuente de energía limpia, renovable e inagotable.

Actualmente, la energía mareomotriz representa una pequeña parte del total de la energía renovable que se produce en el mundo, pero ofrece una gran oportunidad.

Sin duda, una opción perfecta para avanzar hacia un sistema energético más sostenible de la mano de la investigación, desarrollo e innovación (I +D+i). ■

BIBLIOGRAFÍA

L. Postigo (1965). El mundo de la energía. Editorial Sopena.

Bennet R. y Elton J. (1973). History of Corn Milling. Vol2. Watermills and windmills. Wakefields, Yorkshire.

Hermosilla Villalba F. (1997). Centrales mareomotrices, treinta años de historia. Revista de obras públicas 3370:51-68.

Azurmendi Pérez L. y Gómez M.A. (2005). La arquitectura y el paisaje en Molinos de mar y estuarios. VV.AA. Asociación Cultural Tajamar. ISBN 84-930974-4-6.

Pereyra, I.R. (2011). Potencial de las Energías Renovables. Lima. Perú.

D, A.M. (2020). https://www.infoenergetica.com/mareomotriz.

www.renovablesverdes.com Las energías de las mareas, el futuro de las energías renovables.

www.renovables.com

www.tecpa.es Artículo sobre energía mareomotriz (2022)

https://cordis.europa.eu Proyecto "NEMMO"

www.inarquia.es "¿Es el mar el futuro de las energías renovables?"

www.idae.es Energías del mar. IDAE

www.Mutriku.eus



Baterías de iones de litio

María de los Remedios Gil Ortega. Ingeniero Técnico de Minas, Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Técnico de Prevención de Riesgos Laborales, Máster en Ingeniería de Minas.

Usar tecnología de batería tiene muchos beneficios. En este artículo trataremos el funcionamiento de la celda de la batería, que muestra cómo se mueve el electrón cuando cargamos o descargamos la celda de la batería. También el concepto de estado de carga y describiremos cómo se debe cuidar la batería.

PALABRAS CLAVE: litio, batería, celda, carga.



Las celdas de iones de litio tienen diferentes variedades, donde la principal diferencia es el tipo de material del electrodo que se utiliza internamente en las celdas, generalmente llamado “química celular”. Las diferentes químicas de celda tienen características de rendimiento ligeramente diferentes y son adecuadas para diferentes tipos de productos y aplicaciones.

El material más utilizado como electrodo de celda negativa es el grafito. Otras alternativas posibles son el silicio, el titanato de litio o el litio metálico, pero todos tienen uno o varios inconvenientes que los hacen menos prácticos para su uso en celdas comerciales.

Cuando se trata del electrodo positivo de la celda, existe una amplia gama de posibles materiales en el mercado. El óxido de cobalto de litio se usa comúnmente en baterías que alimentan dispositivos electrónicos portátiles, como teléfonos móviles y computadoras portátiles. Sin embargo, no posee la mejor estabilidad térmica y electroquímica, lo que lo hace menos utilizable en aplicaciones de alta gama, como los vehículos eléctricos.

Los principales ejemplos de materiales más estables y de alto rendimiento, son el óxido de níquel-manganeso-cobalto o el óxido de níquel-cobalto-aluminio.

Entonces, ¿por qué usamos específicamente baterías de iones de litio en las máquinas eléctricas de minería cuando hay muchas otras tecnologías de baterías disponibles?, por ejemplo, baterías de hidruro metálico de níquel, baterías de níquel-cadmio y baterías de plomo-ácido. La respuesta a esta pregunta queda clara si com-

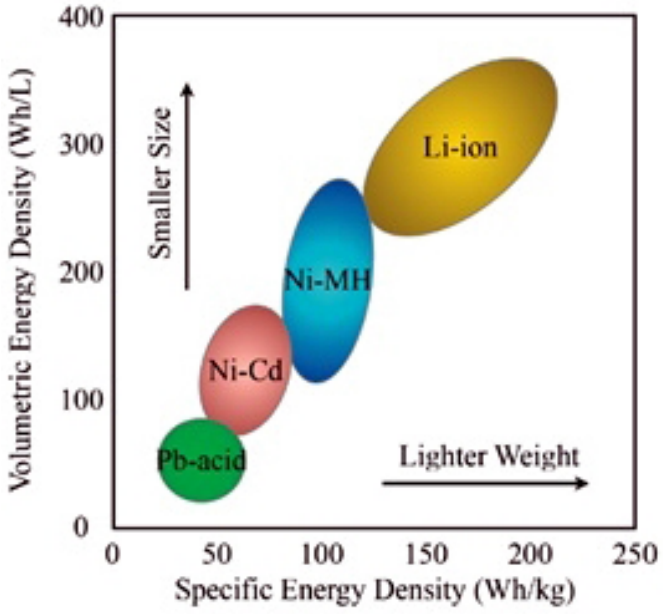


Figura 1: comparación de diferentes materiales según la cantidad de energía por masa y el volumen.

paramos las características de rendimiento de estas tecnologías de baterías entre sí, lo que demuestra que la tecnología de iones de litio ofrece ventajas significativas.

Lo que es más importante, las baterías de iones de litio son capaces de almacenar una mayor cantidad de energía por masa y volumen en comparación con todas las demás tecnologías de baterías recargables, como se destaca en la figura 1. En otras palabras, si se necesita almacenar cierta cantidad de energía en un vehículo, una batería de iones de litio se puede hacer más pequeña y liviana en comparación con otras alternativas.

Nomenclatura de los materiales de la figura 1:
Li-ion = Lithium ion=iones de litio.
Ni-MH = Nickel Metal hydride=hidruro metálico de níquel.
Ni-Cd = Nickel Cadmium=níquel -cadmio.
Pb-acid = Lead-acid=plomo - ácido.

Además, las baterías de iones de litio tienen una alta eficiencia energética, lo que significa que las pérdidas de energía entre la carga y la descarga serán muy pequeñas. Las baterías de iones de litio también tienen una larga vida útil, lo que nos permite cargar y descargar la batería muchas veces antes de tener que reemplazarla. Finalmente, las baterías de iones de litio tienen una baja tasa de autodescarga, lo que significa que la batería no perderá carga si la dejamos "en el estante".

Para dar un ejemplo de la ventajosa capacidad de almacenamiento de energía de las baterías de iones de litio, la vamos a comparar con las baterías de plomo-ácido, que se usan como baterías de encendido de luz de arranque en vehículos tradicionales con motor de combustión.

Si construyéramos dos baterías igualmente grandes y pesadas para alimentar una máquina de minería, una basada en tecnología de iones de litio y la otra basada en tecnología de plomo-ácido (figura 2), la batería de iones de litio nos permitiría hacer funcionar la máquina de minería alrededor de cuatro veces más que si usáramos la batería de plomo ácido para el mismo tipo de operaciones. La razón de esto es que la batería de iones de litio es capaz de almacenar alrededor de cuatro veces más energía por masa y volumen en comparación con la batería de plomo-ácido.

Una celda de batería es un dispositivo de almacenamiento electroquímico, lo que significa que convierte la energía eléctrica en energía química que se almacena para su uso posterior. Cuando es necesario, la energía química se transforma nuevamente en energía eléctrica que se puede utilizar para alimentar equipos eléctricos. Una batería no es una fuente de energía, como una planta de energía eólica o solar, solo un medio para almacenar energía ya producida.

Un sistema de batería se compone de muchas celdas de batería conectadas en serie y en paralelo. Dependiendo del tipo de equipo eléctrico que será alimentado por la batería, se puede optimizar el diseño de la batería con una combinación única de celdas conectadas en serie y en paralelo para cumplir con los requisitos específicos del producto en cuanto a capacidad y voltaje. Para aumentar la capacidad de la batería, las celdas se conectan en paralelo y para aumentar el voltaje de la batería, las celdas se conectan en serie (Figura 3).

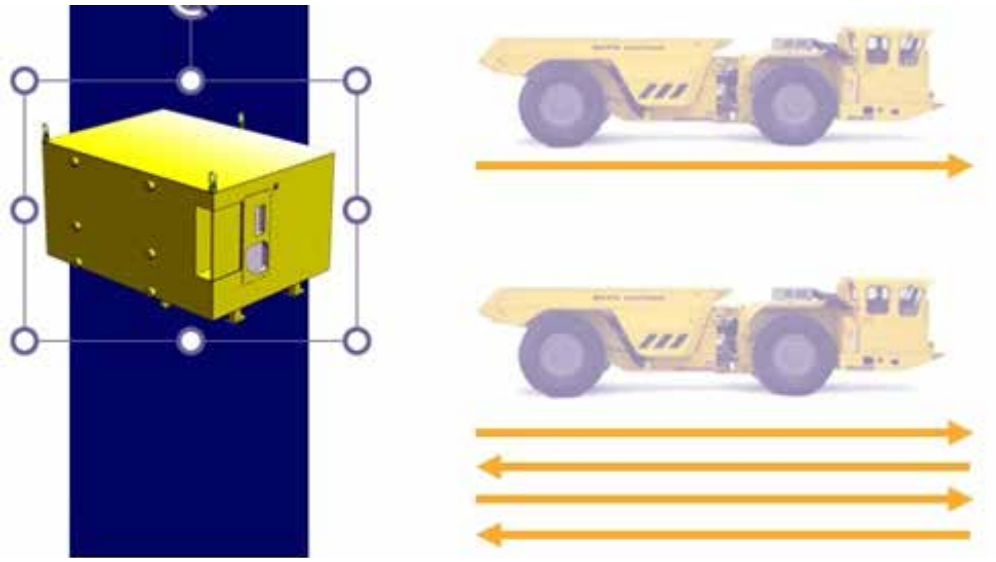


Figura 2: Croquis comparativo de baterías de iones de litio (tienen una capacidad de almacenamiento de energía 4 veces mayor por masa) con las baterías de plomo-ácido.

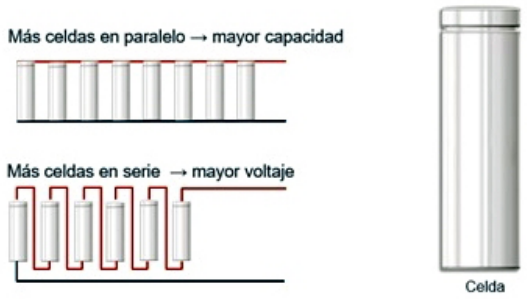


Figura 3: Una celda de batería de iones de litio es un pequeño dispositivo de almacenamiento de energía electroquímica. Un sistema de batería de iones de litio se compone de células de iones de litio conectadas en serie y/o en paralelo.

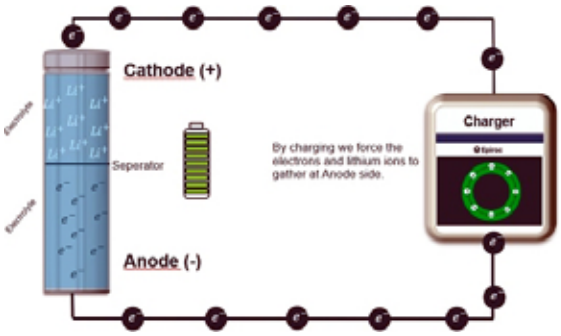


Figura 4: Proceso de carga de una celda de batería de litio.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS CELDAS DE BATERÍA: CELDAS DE CARGA.

Una celda de batería está formada por un cátodo, un ánodo, un separador y un electrolito.

El cátodo es el lado positivo de la celda de la batería y el ánodo es el lado negativo. El electrolito funciona como un medio de transporte para los iones de litio pero se separa con lo que llamamos un separador.

Los electrones no pueden moverse a través del separador, pero deben poder dejar pasar los iones de litio.

A continuación (figura 4) se muestra el proceso de carga de una celda de batería de litio.

Durante la carga, los iones de litio fluyen desde el electrodo positivo al electrodo negativo a través del electrolito. Los electrones también fluyen del electrodo positivo al electrodo negativo, pero toman el circuito exterior. Los electrones y los iones se combinan en el electrodo negativo y depositan litio allí.

Cuando ya no fluyan más iones, la batería estará completamente cargada y lista para usar.

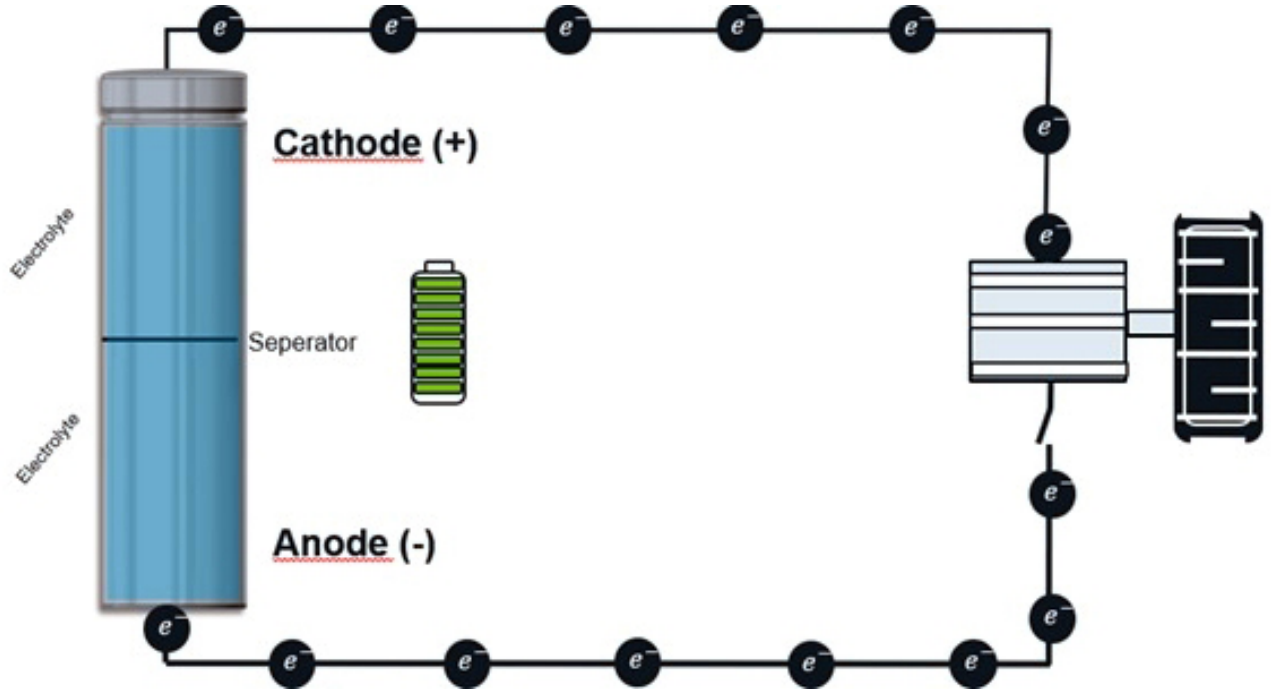


Figura 5: proceso de descarga de una celda de batería de litio.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA CELDA DE BATERÍA: CELDA DE DESCARGA.

En la siguiente figura (figura 5) se muestra un motor eléctrico conectado entre el cátodo y el ánodo de una celda de batería, lo que crea un ciclo de descarga.

Durante la descarga, los iones fluyen de regreso a través del electrolito desde el electrodo negativo al electrodo positivo. Los electrones circulan desde el electrodo negativo al electrodo positivo a través del circuito exterior, alimentando el motor eléctrico. Cuando los iones y los electrones se combinan en el electrodo positivo, el litio se deposita allí.

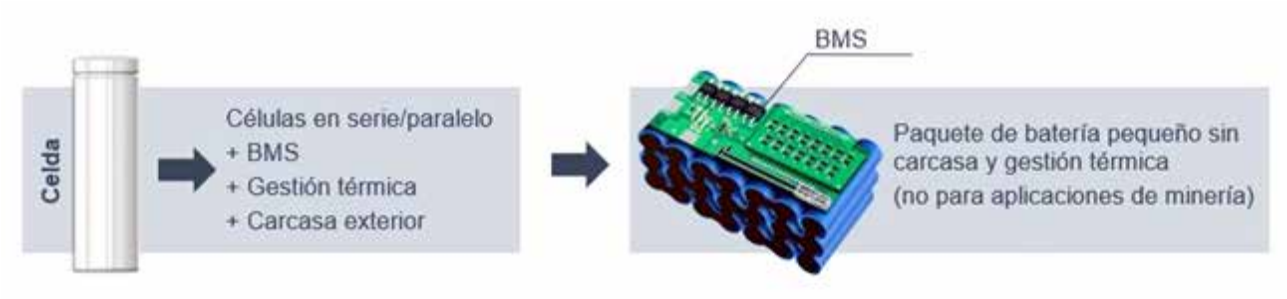
Cuando todos los iones se han movido hacia atrás, la batería está completamente descargada y necesita cargarse nuevamente.

DISEÑO GENERAL – BATERÍA.

Los paquetes de baterías de iones de litio más grandes, se componen de varios componentes importantes además de las celdas, como un sistema de administración de baterías (BMS), un sistema de administración térmica y una carcasa externa.

El sistema de gestión de la batería puede verse como el cerebro de la batería. Se asegura de que la batería se use dentro de los límites de operación segura para evitar la exposición a condiciones de abuso térmico o eléctrico. Ejemplos de condiciones de abuso eléctrico podrían ser niveles de corriente demasiado altos (sobrecorriente) si la batería se cortocircuitara, o niveles de voltaje extremos en caso de que la batería se sobrecargara o se descargara en exceso.

El sistema de gestión térmica está incluido para proteger las células del sobrecalentamiento. El sobrecalentamiento de las celdas tendrá un impacto negativo en su vida útil, lo que significa que su rendimiento disminuirá con el tiempo a un ritmo mucho más rápido, lo que comúnmente se conoce como “envejecimiento de la batería”.



La carcasa externa protege las celdas de impactos y daños mecánicos. El abuso mecánico de las celdas podría conducir a situaciones peligrosas, el peor de los casos sería que las celdas se incendiaran.

Figura 6: El sistema de administración de batería (BMS) protege la batería de condiciones de abuso (sobrecorrientes, sobrecarga/sobredescarga), sistema de gestión térmica (protege del sobrecalentamiento) y carcasa externa (protege contra impactos mecánicos y daños).

EL CONCEPTO DE ESTADO DE CARGA (SOC).

El estado de carga de una batería de iones de litio, a menudo abreviado con las sigla SOC, es una medida de la energía disponible que queda en la batería antes de que tenga que recargarse.

Es un dato útil para estimar cuánto tiempo más podemos usar la máquina de minería eléctrica, antes de que la batería tenga que ser recargada o reemplazada por una completamente cargada. El indicador SOC, se puede comparar simplemente con el indicador de combustible líquido de una máquina de motor de combustión tradicional.

El nivel SOC de una batería se expresa como un porcentaje, nos dice la medida de la energía disponible en la batería. En algunas aplicaciones, este valor porcentual se puede volver a estimar en otros parámetros útiles, como la distancia de conducción restante en el caso de los vehículos eléctricos o el tiempo de uso restante.

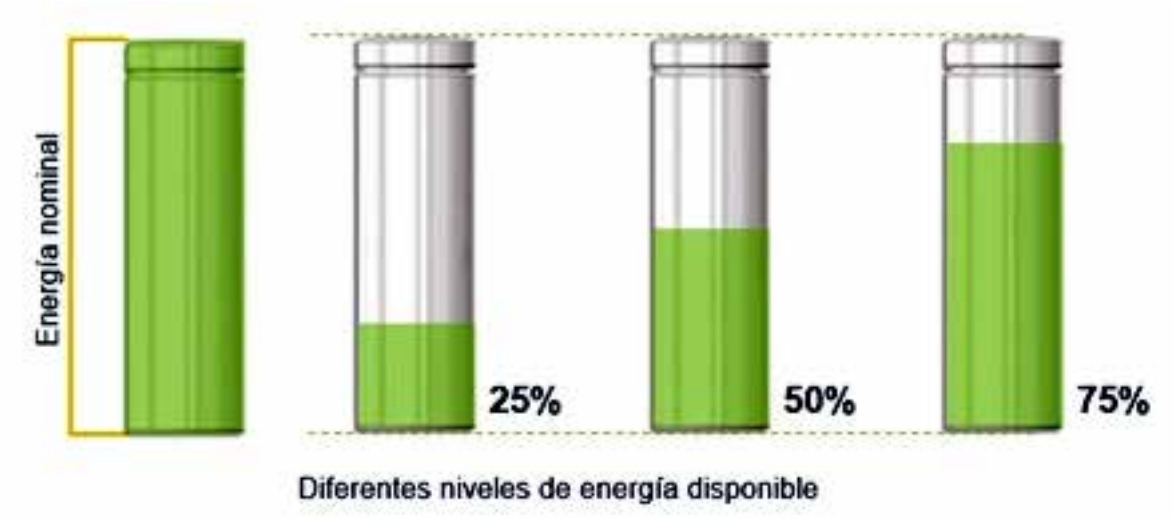


Figura 7: Se muestra los diferentes niveres de energía disponible (SOC).

CÓMO EXTENDER LA VIDA ÚTIL DE LA BATERÍA.

Si la batería no se utiliza durante un período de tiempo prolongado, se tiene que evitar el almacenamiento a alta temperatura y alto nivel de carga.

La contribución al envejecimiento de la batería debido a las altas temperaturas y los altos niveles de estado de carga es compleja, ya que depende de muchos parámetros adicionales, como es el proceso de fabricación de la celda. Es difícil estimar la tasa de envejecimiento en números exactos. La tabla (figura 8) muestra algunos ejemplos de cuánto puede desvanecerse la capacidad de la batería en diferentes condiciones de almacenamiento. Tenemos que tener en cuenta, que estos son números generales y no deben verse como números exactos para los paquetes de baterías. Aún así, una combinación de altas temperaturas y altos niveles de estado de carga, acelerará el envejecimiento incluso más que si se expusiera la batería solo a un alto estado de carga o solo a una temperatura alta.

Temperatura	SOC 40%	SOC 100%
25 ºC	96% (despues de un año)	80% (despues de un año)
40 ºC	85% (despues de un año)	65% (despues de un año)
60 ºC	75% (despues de un año)	60% (despues de tres meses)

Figura 8: Ejemplo de capacidad recuperable al almacenar baterías de iones de litio a diferentes temperaturas y niveles de SOC.



Al igual que con cualquier otra tecnología de batería, el rendimiento de las baterías de iones de litio se degrada con el tiempo. Solemos hablar de este fenómeno como “envejecimiento de la batería”.

La batería no solo envejece cuando la usamos, sino también cuando no la usamos, por ejemplo, durante el almacenamiento. Cuando se usa la batería, el sistema BMS de la batería se asegura de minimizar el proceso de envejecimiento al controlar las regiones de operación de corriente, voltaje y temperatura. Sin embargo, cuando la batería no está conectada al equipo eléctrico y no se usa activamente, solo podemos asegurarnos de minimizar el envejecimiento manejándola de manera correcta. Por lo tanto, es importante comprender qué medidas debemos tomar para reducir el envejecimiento durante los períodos de inactividad de la batería.

Los dos factores que más contribuyen al envejecimiento de la batería son la exposición a altas temperaturas y el almacenamiento a largo plazo a altos niveles de estado de carga.

Una batería de litio se almacena idealmente a temperaturas de 18-25 °C. Por lo tanto, es importante evitar exponer la batería a fuentes de calor innecesarias. Por ejemplo, se debe evitar dejar la batería expuesta a la luz solar directa durante un período de tiempo prolongado o cerca de cualquier otra fuente de calor externa.

Una batería de iones de litio se almacena idealmente en niveles de estado de carga cercanos al 30%. Por lo tanto, es importante evitar dejar la batería cargada a niveles altos de estado de carga si no se va a utilizar durante un período de tiempo prolongado, como varios días o más. Por nivel alto de estado de carga, generalmente se entiende alrededor del 60-100%. Cuanto mayor sea el nivel de estado de carga, más rápido procederá el proceso de envejecimiento.

El rendimiento de las baterías de iones de litio se degrada lentamente con el tiempo: la batería “envejece”. El proceso de envejecimiento se acelera por la exposición a altas temperaturas y el almacenamiento extendido a altos niveles de SOC.

CONCLUSIONES :

El uso de baterias de iones de litio nos proporciona cero emisiones de gases perjudiciales, por tanto reducimos la contaminación del aire y frenamos la huella ambiental.

Como las baterias se pueden reciclar, se promueve la economía circular, evitando la pérdida de materiales y favoreciendo la demanda del mercado de productos ecológicos.

Proporciona nuevos modelos de negocio, provocando mayor necesidad de materias primas y así creando nuevas explotaciones mineras.

Un punto muy importante es que mejora la salud de los trabajadores al no estar expuestos a concentraciones de gases y un gran ahorro de energía relacionado con la ventilación. La ventilación es uno de los costes más importantes en la minería. Gracias a las baterías, se reduce la necesidad de instalar costosos sistemas de ventilación en las minas para eliminar los gases de escape de las máquinas mineras con motor de combustión. ■

BIBLIOGRAFÍA

Proyecto Volta de la empresa Epiroc Minería e Ingeniería Civil España.

Proyecto Caterpillar.

Proyecto LHD R1300G.

Proyecto ABB.

Proyecto Proterra y Komatsu.

Página web de la revista International Mining.

La responsabilidad civil profesional y su aseguramiento

Responsabilidad Civil Profesional - Howden Iberia.

¿Contrato el seguro a través de nuestro Consejo? ¿Es suficiente con el seguro de la Empresa/Administración para la que trabajo? ¿Y si soy socio de la empresa?

Muchos profesionales que trabajan para una empresa o para la Administración creen que con los seguros de estas entidades ya tienen toda su responsabilidad totalmente cubierta. Pero ¿esto es realmente así?

Es muy importante que estemos seguros de que nuestro patrimonio personal y familiar está bien cubierto frente a posibles reclamaciones por daños causados en nuestro desempeño profesional. Y siempre va a ser recomendable que el profesional, aunque sea asalariado o funcionario, controle su propio aseguramiento.

Para ello, el Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas y Energía pone a disposición de todos sus miembros un seguro soportado por Mapfre, compañía de seguros de primer nivel, e intermediado por la Correduría Howden Iberia.

A continuación, encontraréis respuestas a las preguntas más importantes sobre la importancia de compatibilizar nuestro propio seguro con el de la entidad para la que trabajemos.

¿Cómo se activa una póliza de Responsabilidad Civil Profesional?

En general, estas pólizas funcionan en base a reclamaciones. Por tanto, lo importante es que la póliza esté en vigor y que tengamos la consideración de asegurados en el momento de recibir la primera reclamación. De nada sirve haber tenido un seguro en el momento de hacer el trabajo, si no existe póliza o no somos asegurados en el momento de recibir una reclamación.

Pero si trabajo para una empresa o para una Administración, ¿yo puedo recibir una reclamación?

Definitivamente, sí. Aunque la empresa también es responsable por los errores que comentan sus empleados, el profesional asalariado siempre va a ser responsable de los errores que cometa.

En el caso de la Administración, en el caso en que ésta hubiera indemnizado a los lesionados, exigirá al personal a su servicio la responsabilidad en la que hubieran incurrido por negligencia grave (art. 36 Ley Régimen Sector Público).

¿En qué casos puedo tener problemas de cobertura si sólo tengo el seguro de la empresa para la que trabajo?

En primer lugar, hay que tener en cuenta que pocas veces conocemos las características de los seguros de las entidades para las que trabajamos. ¿Tienen una suma asegurada suficiente? ¿Está bien descrita la actividad en póliza? ¿Sigo siendo asegurado en póliza si recibo una reclamación y ya no trabajo para la misma empresa? Aunque lo normal es que las pólizas estén bien hechas, es recomendable que no deleguemos en otros algo tan importante como la cobertura de nuestra responsabilidad y la protección de nuestro patrimonio.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que muchas veces los daños aparecen después de haber acabado los trabajos, y los plazos de responsabilidad son muy amplios. Como estos seguros funcionan en base a reclamaciones, imaginemos que trabajamos para una empresa que tiene su propio seguro, viene un momento de crisis o los socios se jubilan y la empresa cierra y desaparece, dando de baja sus seguros. En este caso, como la empresa ya no existe, la reclamación irá dirigida únicamente contra el profesional que cometió el error, ya el socio y empleado. Como la póliza ya no existe en el momento de recibir la reclamación, no habría ningún tipo de cobertura y el profesional deberá hacer frente a los daños con su propio patrimonio.

Lamentablemente, ése es un caso real que se ha dado y que podemos encontrarnos, y que evitaríamos si además del seguro de la empresa tuviéramos cobertura como persona física a través del seguro del Consejo.

¿Y si soy socio de la empresa y sé que tengo una buena póliza contratada?

Efectivamente, si eres socio de una empresa lo normal es que conozcas bien el seguro contratado y que éste se adapta bien a las necesidades de la empresa. Pero el caso anterior es también aplicable aquí. Si decides cerrar la empresa porque no va bien o simplemente por jubilación, todavía se pueden recibir reclamaciones por los errores pasados, por lo que, en caso de dar de baja la póliza, no se tendría ninguna cobertura.



Y muy importante es tener también en cuenta que incluso tras el fallecimiento, aún se pueden recibir reclamaciones en caso de que no hayan prescrito, debiendo responder nuestros herederos. mientras que las pólizas individuales de empresa habría que mantenerlas en vigor, la póliza del Consejo da cobertura gratuita en casos de fallecimiento o jubilación.

Como podéis ver, sin muchos los motivos por los que es altamente recomendable que los profesionales compatibilicen su propio seguro con el de la entidad para la que prestan sus servicios.

No olvidéis que Howden Iberia, como Correduría de Seguros del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas y Energía, está a vuestra disposición para revisar gratuitamente los seguros de vuestras sociedades y analizar si se adaptan a vuestra actividad y necesidades. ■

Para más información:
T. (+34) 91 429 96 99 / M. (+34) 747 770 999.

HOWDEN

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.

Grupo asegurador global



Su satisfacción es nuestra mejor inversión

HOWDEN

Si quiere contratar cualquier tipo de seguro, llámenos
T. +34 (91) 429 96 99 M. (+34) 747 770 999

¿Aún no sabes qué vas a estudiar?



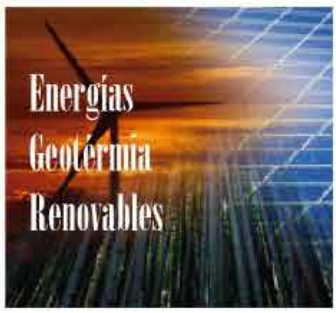




GRADO DE MINAS Y ENERGÍA







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