

Técnica Industrial

298



REGENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

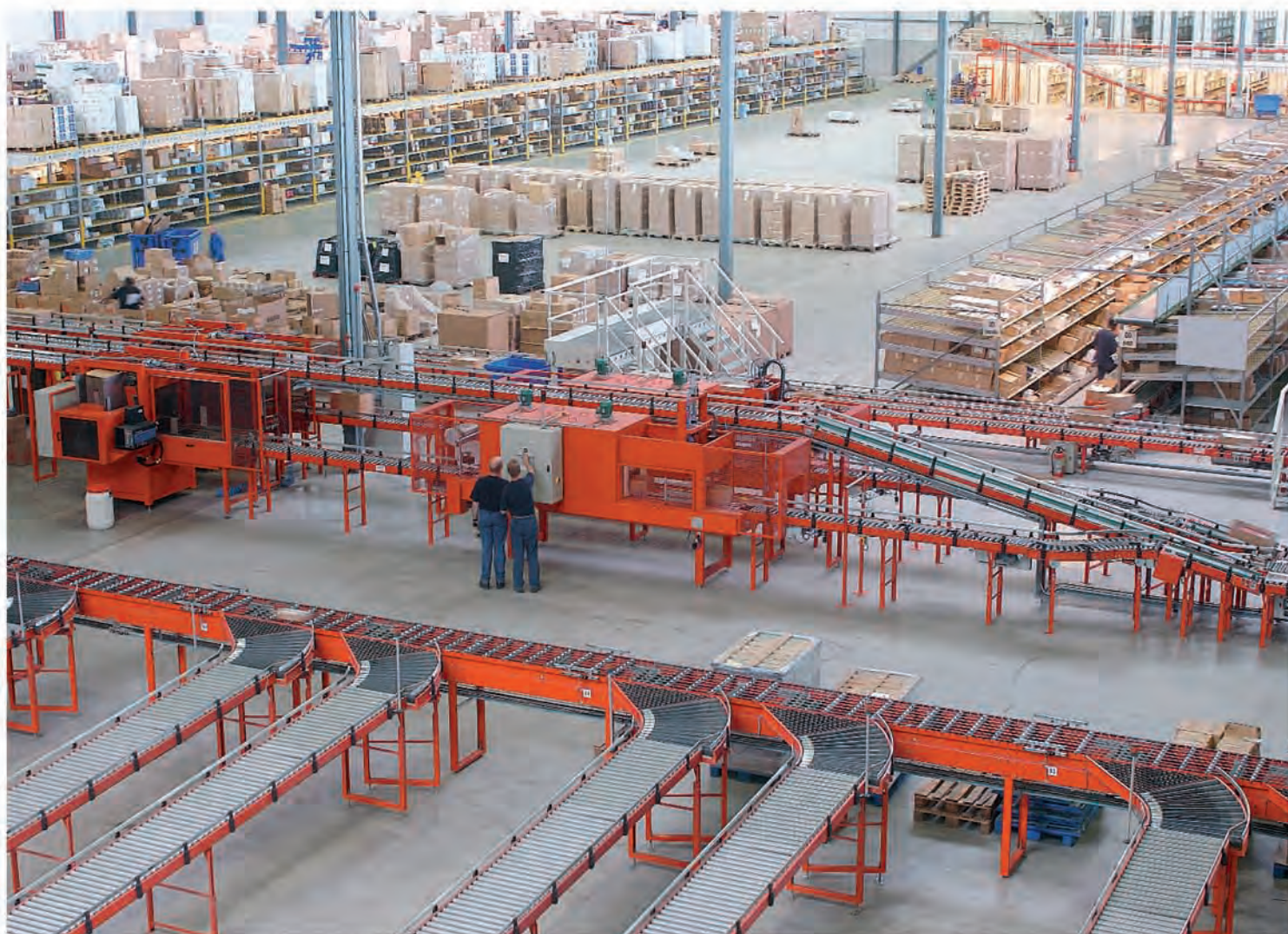
Técnicas de depuración, tecnologías de reutilización y aplicaciones del agua regenerada

EL 'FRACKING' LLEGA A ESPAÑA CON POLÉMICA
ENTREVISTA: MANUEL CAMPO VIDAL
APLICACIONES MÓVILES PARA INGENIEROS

TECNICAINDUSTRIALES.ES



> DEFINICIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA UNA APLICACIÓN PRÁCTICA DEL SMED
> 'BLUETOOTH' Y OTRAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS
> EL PLAN DE CALIDAD AMBIENTAL DE HUELVA COMO REFERENTE



¿Libre de preocupaciones en la gestión de stocks?

Absolutamente



Bienvenidos a la nueva generación ABB de dispositivos para control y protección de motor hasta 18,5 kW / 20 hp.

Con sólo un contactor compacto de ancho estándar 45 mm, válido para tensiones de alimentación de bobina tanto en corriente alterna como en continua, la innovadora línea ABB proporciona más flexibilidad y evita preocupaciones en las aplicaciones más exigentes. Se ha reducido en un 90% el número de contactores compactos, con sólo cuatro referencias se cubren voltajes nominales de 24 a 500 V 50/60 Hz y 20 a 500 VDC. Esto facilita la planificación y minimiza el número de errores.

Así que relájese y disfrute de esta nueva generación ABB. www.abb.es/bajatension

SEXAGÉSIMO ANIVERSARIO

04 La lucha contra la corrosión

Gabriel Esteller Lores

Comentario técnico sobre los avances tecnológicos contra la corrosión metálica a propósito de un artículo publicado en *Técnica Industrial* en 1952.

ACTUALIDAD

Noticias y novedades

14 'Aps' herramientas de ingeniería

Las aplicaciones móviles se perfilan como los nuevos útiles para medición y control.

Pura C. Roy

15 Hacia una energía solar más flexible y accesible para todos

Nuevos paneles solares de plástico impreso para edificios y dispositivos móviles.

16 Urbes para una vida mejor

Los arquitectos e ingenieros tienen el reto de diseñar ciudades limpias y ahorradoras.

Manuel C. Rubio

17 Apagar o mantener encendidas las bombillas de bajo consumo

Un accionamiento continuo de estas lámparas dispara el consumo y las emisiones.

Pura C. Roy

19 Medio ambiente

21 Ciencia

23 I + D

Reportaje

26 El 'fracking' llega a España rodeado de polémica

La extracción de gas mediante fractura hidráulica permite aumentar las reservas energéticas pero envenena las aguas.

Manuel C. Rubio

Entrevista

28 Manuel Campo Vidal

"Los ingenieros técnicos industriales siguen siendo imprescindibles porque hay mucho por industrializar en nuestro país".

Ana P. Fraile

30 Ferias y congresos

En portada: Agua de salida del tratamiento físico-químico de la Estación Regeneradora de Aguas de Prat de Llobregat. Foto: EMSSA

ARTÍCULOS

32 DOSSIER Regeneración y reutilización de las aguas residuales

Regeneration and reuse of sewage

M. Carmen Trapote Forné y Begoña Martínez López

46 ORIGINAL Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED

Definition of a methodology for a practical application of SMED

Miguel Ángel Gil García, Pedro Sanz Angulo, Juan José de Benito Martín y Jesús Galindo Melero

56 ORIGINAL Aplicación de los métodos de ayuda a la toma de decisión para medir la evolución de la sostenibilidad de un fabricante de neumáticos

Application of methods to aid decision making for measuring the evolution of the sustainability of a tyre manufacturer

Emilio José García Vilchez y María Isabel Sánchez Bascónes

64 INNOVACIÓN Control de calidad en una pequeña empresa de fabricación metálica para el sector del automóvil

Quality control in a small metal fabrication company for the automotive sector

Servando Doval Rodríguez

70 REVISIÓN El plan de calidad ambiental de Huelva, un modelo de referencia

The environmental quality plan for Huelva, a reference model

Rafael E. Romero García

76 REVISIÓN Bluetooth: criterios de selección y comparativa con otras tecnologías inalámbricas

Bluetooth: selection criteria and comparison with other wireless technologies

Carlos Marín Pascual

INGENIERÍA Y HUMANIDADES

85 Verbi Gratia

Objetos técnicos

Helena Pol

86 Tecnología y sociedad

Los molinos de viento en Canarias

Victor Manuel Cabrera García



93 Anatomía de la cultura

La cultura de lo sagrado

Cristóbal Pera

94 Publicaciones



PROFESIÓN

03 Editorial

Y los proyectos se hacen realidad...

José Antonio Galdón Ruiz

81 Copiti y colegios

COLUMNISTAS

25 Bit Bang

Convergencia

Pura C. Roy

31 Ecologismos

Mirar al campo

Joaquín Fernández

95 Contraseñas

Malas noticias

Gabriel Rodríguez

96 Con Ciencia

La isla sostenible

Ignacio F. Bayo

Técnica Industrial, fundada en 1952 como órgano oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales, es editada por la Fundación Técnica Industrial, vinculada al Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial (Cogiti), y su Patronato está formado por los siguientes cargos y patronos:

Comisión Ejecutiva

Presidente: José Antonio Galdón Ruiz
Vicepresidente: Juan Ignacio Larraz Pló
Secretario: Gerardo Arroyo Gutiérrez
Vicesecretario: Luis Francisco Pascual Piñeiro
Vocales: Aquilino de la Guerra Rubio, Domingo Villero Carro, Juan José Cruz García, Juan Ribas Cantero, Santiago Crivillé Andreu
Interventor: Juan Luis Viedma Muñoz
Tesorero: José María Manzanares Torné
Gerente: Juan Santana Alemán

Patronos

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales (UATIE), Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial (Cogiti) y Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales, representados por sus respectivos decanos:

A Coruña: Edmundo Varela Lema
Álava: Alberto Martínez Martínez
Albacete: Francisco Avellaneda Carril
Alicante: Antonio Martínez-Canales Murcia
Almería: Antonio Martín Céspedes
Aragón: Juan Ignacio Larraz Pló
Ávila: Fernando Espi Zarza
Badajoz: Vicenta Gómez Garrido
Illes Balears: Juan Ribas Cantero
Barcelona: Joan Ribó Casaus
Bizkaia: Mario Ruiz de Aguirre Bereciartua
Burgos: Agapito Martínez Pérez
Cáceres: José Manuel Cebriá Álvarez
Cádiz: Domingo Villero Carro
Cantabria: Aquilino de la Guerra Rubio
Castellón: José Luis Ginés Porcar
Ciudad Real: José Carlos Pardo García
Córdoba: Francisco López Castillo
Cuenca: Pedro Langreo Cuenca
Gipuzkoa: Jorge Arévalo Turillas
Girona: Narcís Bartina Boxa
Granada: Isidro Román López
Guadalajara: Juan José Cruz García
Huelva: José Antonio Melo Mezcuza
Jaén: Miguel Ángel Puebla Hernanz
La Rioja: Juan Manuel Navas Gordo
Las Palmas: José Antonio Marrero Nieto
León: Francisco Miguel Andrés Río
Lleida: Joan Monyarch Callizo
Lugo: Jorge Rivera Gómez
Madrid: Juan de Dios Alfárez Cantos
Málaga: Antonio Serrano Fernández
Manresa: Francesc J. Archs Lozano
Región de Murcia: José Antonio Galdón Ruiz
Navarra: Gaspar Domench Arrese
Ourense: Santiago Gómez-Randulfe Álvarez
Palencia: Jesús de la Fuente Valtierra
Principado de Asturias: Enrique Pérez Rodríguez
Salamanca: José Luis Martín Sánchez
S. C. Tenerife: Antonio M. Rodríguez Hernández
Segovia: Rodrigo Gómez Parra
Sevilla: Francisco José Reyna Martín
Soria: Levy Garjo Tarancón
Tarragona: Santiago Crivillé i Andreu
Toledo: Joaquín de los Reyes García
Valencia: José Luis Jorjín Casas
Valladolid: Ricardo de la Cal Santamarina
Vigo: Jorge Cerqueiro Pequeño
Vilanova i la Geltrú: Luis S. Sánchez Gamarra
Zamora: Pedro San Martín Ramos

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Técnica Industrial, fundada en 1952 y editada por la Fundación Técnica Industrial, se define como una publicación técnica de periodicidad trimestral en el ámbito de la ingeniería industrial. Publica cuatro números al año (marzo, junio, septiembre y diciembre) y tiene una versión digital accesible en www.tecnica-industrial.es. Los contenidos de la revista se estructuran en torno a un núcleo principal de artículos técnicos relacionados con la ingeniería, la industria y la innovación, que se complementa con información de la actualidad científica y tecnológica y otros contenidos de carácter profesional y humanístico.

Técnica Industrial. Revista de Ingeniería, Industria e Innovación pretende ser eco y proyección del progreso de la ingeniería industrial en España y Latinoamérica, y, para ello, impulsa la excelencia editorial tanto en su versión impresa como en la digital. Para garantizar la calidad de los artículos técnicos, su publicación está sometida a un riguroso sistema de revisión por pares (*peer review*). La revista asume las directrices para la edición de revistas científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt) y las del International Council of Scientific Unions (ICSU), con el fin de facilitar su indización en las principales bases de datos y ofrecer así la máxima visibilidad y el mayor impacto científico de los artículos y sus autores.

Técnica Industrial considerará preferentemente para su publicación los trabajos más innovadores relacionados con la ingeniería industrial. Todos los artículos técnicos remitidos deben ser originales, inéditos y rigurosos, y no deben haber sido enviados simultáneamente a otras publicaciones. Sus autores son los únicos responsables de las afirmaciones vertidas en los artículos. Todos los originales aceptados quedan como propiedad permanente de **Técnica Industrial**, y no podrán ser reproducidos en parte o totalmente sin su permiso. El autor cede, en el supuesto de publicación de su trabajo, de forma exclusiva a la Fundación Técnica Industrial, los derechos de reproducción, distribución, traducción y comunicación pública (por cualquier medio o soporte sonoro, audiovisual o electrónico) de su trabajo.

Tipos de artículos La revista publica artículos *originales* (artículos de investigación que hagan alguna aportación teórica o práctica en el ámbito de la ingeniería y la industria), de *revisión* (artículos que divulguen las principales aportaciones sobre un tema determinado), de *innovación* (artículos que expongan nuevos procesos, métodos o aplicaciones o bien aporten nuevos datos técnicos en el ámbito de la ingeniería industrial) y de *opinión* (comentarios e ideas sobre algún asunto relacionado con la ingeniería industrial). Además, publica un quinto tipo de artículos, el *dossier*, un trabajo de revisión sobre un tema de interés encargado por la revista a expertos en la materia.

Redacción y estilo El texto debe ser claro y ajustarse a las normas convencionales de redacción y estilo de textos técnicos y científicos. Se recomienda la redacción en impersonal. Los autores evitarán el abuso de expresiones matemáticas y el lenguaje muy especializado, para así facilitar la comprensión de los no expertos en la materia. Las mayúsculas, negritas, cursivas, comillas y demás recursos tipográficos se usarán con moderación, así como las siglas (para evitar la repetición excesiva de un término de varias palabras se podrá utilizar una sigla a modo de abreviatura, poniendo entre paréntesis la abreviatura la primera vez que aparezca en el texto). Las unidades de medida utilizadas y sus abreviaturas serán siempre las del sistema internacional (SI).

Estructura Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas: 1. **Presentación y datos de los autores.** El envío de artículos debe hacerse con una carta (o correo-e) de presentación que contenga lo siguiente: 1.1 Título del artículo; 1.2 Tipo de artículo (original, revisión, innovación o opinión); 1.3 Breve explicación del interés del mismo; 1.4 Código Unesco de cuatro dígitos del área de conocimiento en la que se incluye el artículo para facilitar su revisión (en la página web de la revista figuran estos códigos); 1.5 Nombre completo, correo electrónico y breve perfil profesional de todos los autores (titulación y posición laboral actual, en una extensión máxima de 300 caracteres con espacios); 1.6 Datos de contacto del autor principal o de correspondencia (nombre completo, dirección postal, correo electrónico, teléfonos y otros datos que se consideren necesarios). 1.7 La cesión de los derechos al editor de la revista. 1.8 La aceptación de estas normas de publicación por parte de los autores.

2. **Texto.** En la primera página se incluirá el título (máximo 60 caracteres con espacios), resumen (máximo 250 palabras) y 4-

8 palabras clave. Se recomienda que el título, el resumen y las palabras clave vayan también en inglés. Los artículos originales deberán ajustarse en lo posible a esta estructura: introducción, material y métodos, resultados, discusión y/o conclusiones, que puede reproducirse también en el resumen. En los artículos de revisión, innovación y opinión se pueden definir los apartados como mejor convenga, procurando distribuir la información entre ellos de forma coherente y proporcionada. Se recomienda numerar los apartados y subapartados (máximo tres niveles: 1, 1.2, 1.2.3) y denominarlos de forma breve.

1.1 **Introducción.** No debe ser muy extensa pero debe proporcionar la información necesaria para que el lector pueda comprender el texto que sigue a continuación. En el apartado introductorio no son necesarias tablas ni figuras.

1.2 **Métodos.** Debe proporcionar los detalles suficientes para que una experiencia determinada pueda repetirse.

1.3 **Resultados.** Es el relato objetivo (no la interpretación) de las observaciones efectuadas con el método empleado. Estos datos se expondrán en el texto con el complemento de las tablas y las figuras.

1.4 **Discusión y/o conclusiones.** Los autores exponen aquí sus propias reflexiones sobre el tema y el trabajo, sus aplicaciones, limitaciones del estudio, líneas futuras de investigación, etcétera.

1.5 **Agradecimientos.** Cuando se considere necesario se citará a las personas o instituciones que hayan colaborado o apoyado la realización de este trabajo. Si existen implicaciones comerciales también deben figurar en este apartado.

1.6 **Bibliografía.** Las referencias bibliográficas deben comprobarse con los documentos originales, indicando siempre las páginas inicial y final. La exactitud de estas referencias es responsabilidad exclusiva de los autores. La revista adopta el sistema autor-año o *estilo Harvard* de citas para referenciar una fuente dentro del texto, indicando entre paréntesis el apellido del autor y el año (Apple, 2000); si se menciona más de una obra publicada en el mismo año por los mismos autores, se añade una letra minúscula al año como ordinal (2000a, 2000b, etcétera). La relación de todas las referencias bibliográficas se hará por orden alfabético al final del artículo de acuerdo con estas normas y ejemplos:

1.6.1 Artículo de revista: García Arenilla I, Aguayo González F, Lama Ruiz JR, Soltero Sánchez VM (2010). Diseño y desarrollo de interfaz multifuncional holónica para audioguía de ciudades. *Técnica Industrial* 289: 34-45.

1.6.2 Libro: Roldán Vloria J (2010). *Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones*. Paraninfo, Madrid. ISBN 978-84-283-3202-6.

1.6.3 Material electrónico: Anglia Ruskin University (2008). *University Library. Guide to the Harvard Style of Referencing*. Disponible en: http://libweb.anglia.ac.uk/referencing/files/Harvard_referencing.pdf. (Consultado el 1 de diciembre de 2010).

3. **Tablas y figuras.** Deben incluirse solo las tablas y figuras imprescindibles (se recomienda que no sean más de una docena en total). Las fotografías, gráficas e ilustraciones se consideran figuras y se referenciarán como tales. El autor garantiza, bajo su responsabilidad, que las tablas y figuras son originales y de su propiedad. Todas deben ir numeradas, referenciadas en el artículo (ejemplo: tabla 1, figura 1, etcétera) y acompañadas de un título explicativo. Las figuras deben ser de alta resolución (preferentemente de 300 ppp), y sus números y leyendas de un tamaño adecuado para su lectura e interpretación. Con independencia de que vayan insertas en el documento del texto, cada figura debe ir, además, en un fichero aparte (jpg).

Extensión Para los artículos originales, de revisión y de innovación, se recomienda que la extensión del texto no exceda las 15 páginas de 30 líneas espacio (letra Times de 12 puntos; unas 5.500 palabras, 32.000 caracteres con espacios).

Entrega Los autores remitirán sus artículos preferentemente a través del enlace Envío de artículos de la página web de la revista, donde figuran todos los requisitos y campos que se deben rellenar; de forma alternativa, se pueden enviar al correo electrónico cogiti@cogiti.es. Los autores deben conservar los originales de sus trabajos, pues el material remitido para su publicación no será devuelto.

La revista acusará recibo de los trabajos remitidos e informará de su posterior aceptación o rechazo, y se reserva el derecho de acortar y editar los artículos que se publiquen. **Técnica Industrial** no asume necesariamente las opiniones de los textos firmados.

Y los proyectos se hacen realidad...

El pasado 11 de mayo fue un día especial. Después de un intenso e ilusionante trabajo, el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial (Cogiti) presentaba en la Real Academia de Ingeniería (Madrid) el Sistema de Acreditación DPC Ingenieros, en el que hemos estado trabajando durante más de un año.

Y digo "un día especial", porque cuando cualquiera de nosotros inicia un proyecto, está deseando que llegue el día de su puesta en marcha y poder mostrarlo a la sociedad, y ese día había llegado. Pero para llegar hasta aquí, no ha sido nada fácil el camino, y ha hecho falta muchísimo trabajo, e ilusión, y eso es precisamente lo que ha derrochado el equipo humano del Cogiti, unido al unánime apoyo de todos los colegios que forman nuestro consejo, a la enorme implicación de los miembros de la Comisión del Sistema de Acreditación y, por supuesto, al calor recibido por nuestra propuesta desde Unión Profesional y todos sus integrantes, que desde el principio nos han animado a seguir adelante con el proyecto y han aportado sus iniciativas al mismo.

También quiero expresar mi agradecimiento a las empresas colaboradoras con el Cogiti, que desde el principio han confiado en el proyecto y lo han estado enriqueciendo con sus aportaciones e ideas, así como a los sindicatos, la patronal y otros agentes sociales que nos han escuchado y nos han manifestado su convencimiento de la enorme utilidad del sistema y las bondades que presenta. Todos ellos nos han manifestado el compromiso de colaboración para su mejor implantación en la sociedad.

En definitiva, quiero dar un agradecimiento general a todos los que han hecho posible que lo que hace un año era un sueño ahora sea una realidad que acaba de nacer. La Acreditación Profesional DPC (desarrollo profesional continuo), surge de la inquietud y de la imperiosa necesidad de adaptarse a los requerimientos reales de la sociedad y de los profesionales. Y, por supuesto, para reivindicar el papel fundamental que hoy por hoy desempeñamos los colegios y corporaciones profesionales.

Los colegios hemos sido, somos y seremos, instrumentos fundamentales para el desarrollo de una sociedad justa, equilibrada y segura, y en ello hemos de seguir poniendo todo nuestro empeño, y no cabe duda de que estos últimos cambios que nos han afectado y los que están por venir están propiciando que tengamos que modificar nuestra velocidad de crucero e imprimir una aceleración en nuestras actuaciones para recuperar el camino perdido y situarnos nuevamente en el lugar que nos corresponde y que, por otra parte, la sociedad demanda.

Y es que no hemos de olvidar que los colegios tenemos nuestra base en los profesionales y en la sociedad y a ellos nos debemos. Y en estos pilares se cimenta nuestro sistema de Acreditación Profesional DPC. A los profesionales, les ofrecemos la posibilidad de hacer visible su carrera profesional, de motivarles para el desarrollo de la misma, de facilitarles formación, empleabilidad, reconocimiento social, currículos certificados y, por supuesto, de que sientan el respaldo permanente de su colegio profesional.

Los profesionales, en un entorno cada vez más competitivo, necesitamos tener nuestra propia marca personal y las herramientas que nos permitan utilizarla. De ahí la importancia de crear un título profesional que certifique las capacidades adquiridas a lo largo de la vida laboral y que facilite la movilidad internacional de los profesionales.

LOS PROFESIONALES, EN UN ENTORNO CADA VEZ MAS COMPETITIVO, NECESITAMOS TENER NUESTRA PROPIA MARCA PERSONAL Y LAS HERRAMIENTAS QUE NOS PERMITAN UTILIZARLA

Por otra parte, a la sociedad le ofrecemos profesionales totalmente identificados y comprometidos con la actualización permanente de sus conocimientos, que ejercerán su labor con la máxima profesionalidad y preparación, lo que, sin duda alguna, se traducirá en unos mejores servicios, una mayor competitividad y una mayor seguridad.

Al mismo tiempo, facilitará la búsqueda de los perfiles profesionales más adecuados a la demanda de las empresas, adornado con los complementos de seguridad y garantía que ofrecen los currículos certificados, facilitando así una mayor y mejor incorporación al mundo laboral, que es por otra parte uno de los objetivos primordiales para este país.

Los colegios, las empresas, los profesionales, y si me apuran todos nosotros, hemos de reinventarnos y aprovechar al máximo nuestro conocimientos y potencial.

Por último, solo quiero transmitir mi optimismo y mandar un mensaje de esperanza e ilusión a todos los colegios, tanto de mi corporación como de otras profesiones, para que afrontemos con positividad las adversidades que nos estamos encontrando y las que vendrán, y seamos capaces de transformarlas en oportunidades y éxitos, porque ello implicará nuestro compromiso claro y sincero para con la sociedad y los profesionales.

José Antonio Galdón Ruiz Presidente del Cogiti

Director: Gonzalo Casino

Secretario de redacción: Francesc Estrany Coda (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona) **Consejo de redacción:** Francisco Aguayo González (Universidad de Sevilla), Ramón González Drigo (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona), José Ignacio Nogueira Goriba (Universidad Carlos III, Madrid), Ramón Oliver Pujol (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona).

Redactora jefe: Pura C. Roy **Colaboradores:** Joan Carles Ambrojo, Manuel C. Rubio, Hugo Cerdà, Ignacio F. Bayo, Joaquín Fernández, Beatriz Hernández Cembellín, Patricia Luna, Cristóbal Pera, Ana Pérez Fraile, Helena Pol, Gabriel Rodríguez, M. Mar Rosell, Fátima Santana, Mauricio Wiesensthal **Diseño gráfico:** Mariona García **Fotografía:** Ignacio Adeva, Consuelo Bautista, Santi Burgos, Vicens Giménez, Beatriz Morales, Vera Salatino, Alonso Serrano, Mónica Torres, Shutterstock, Pictelia **Ilustración:** Alabama, Carduelis, Margot.

Secretaría: Mary Aranda **Redacción y administración:** Avda. Pablo Iglesias, 2, 2º. 28003 Madrid. Tel: 915 541 806 / 915 541 809 Fax: 915 537 566 Correo-e: revista@tecnicaindustrial.es **Publicidad:** Labayru y Anciones. Andorra, 69. 28043 Madrid. Tel: 913 886 642 / 492. Fax: 913 886 518 **Impresión:** Gráficas Calima. Av. Candina s/n. 39011 Santander. **Depósito legal:** M. 167-1958 **ISSN:** 0040-1838. **ISSN (internet):** 2172-6957.



60 AÑOS
1952-2012

Para conmemorar el sexagésimo aniversario de Técnica Industrial, durante 2012 reproduciremos cuatro artículos publicados en 1952. Este segundo artículo es *Corrosión metálica*, de Ángel de la Fuente Martínez, perito industrial de los Institutos Nacionales de Técnica Aeronáutica Esteban Terradas y de Racionalización del Trabajo del Patronato Juan de la Cierva del CSIC, publicado en dos partes. El texto se acompaña de un comentario técnico de Gabriel Esteller Lores.

La lucha contra la corrosión

El problema de la corrosión metálica es cuantitativa y cualitativa muy distinto ahora que hace seis décadas. Después de la II Guerra Mundial había en todo el mundo unos 1.200 millones de toneladas de productos férricos en servicio. En 1950 se fabricaron 200 millones de toneladas de nuevo acero bruto, mientras que en 2008 fueron 1.400 millones de toneladas (sólo en las 12 principales acerías mundiales). Con estos datos, los millones de toneladas de acero que hay en servicio son inimaginables. En consecuencia, el principal campo de batalla es el de la protección del acero.

Hace 60 años solo se disponía de datos sobre costes directos, por el deterioro y sustitución de piezas e instalaciones; hoy en día se programan medidas de prevención mediante recubrimientos aislantes, pinturas y otras técnicas. Además, hemos de tener en cuenta los costes indirectos, debidos a los paros en la producción, fugas o escapes en tuberías y depósitos, pérdida de calidad y la utilidad del producto por contaminaciones, etcétera. Actualmente, se estima que el coste del deterioro por corrosión en los países industrializados representa el 1,5-4% del PIB. Esta cifra representa miles de millones de euros y plantea la necesidad de buscar soluciones eficaces.

La corrosión puede definirse técnicamente de varias maneras: a) el ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica en su medio ambiente; b) el deterioro que sufre un material a consecuencia de un ataque químico, erosión, exposición a determinadas condiciones atmosféricas, así como a esporádicos esfuerzos mecánicos. En cualquier caso, la corrosión en los metales se inicia por la tendencia de estos a volver a su estado original: $\text{metal} + \text{O}_2 \rightarrow \text{óxido del metal}$. Los materiales no metálicos, como las cerámicas y los polímeros, no sufren ataque electroquímico, pero pueden ser afectados por ataques químicos directos.

La tendencia a la corrosión ocurre en todas las aleaciones industriales de base de Fe, Cu, Al, Zn, etc. De todos los metales, existen unos más propensos a ceder electrones como el Zn, Al, Fe, así como otros más resistentes como Cu, Ag, Au. Pero por la gran producción de piezas e instalaciones de base Fe (aceros), la lucha contra la corrosión se centra en esta amplia gama de aleaciones industriales.

Actualmente conocemos mucho mejor que hace 60 años los aspectos que favorecen los diversos tipos de corrosión: generalizada, selectiva, por picaduras, bajo tensiones, seca por alta temperatura, intergranular, etcétera. Por ello, aplicamos las protecciones y recomendaciones más específicas: metales (Zn, Cr, TiN, CrN, PVD, entre otros); no metales (plásticos y cerámicas); recubrimientos orgánicos de pinturas y barnices; protección anódica con pelí-

culas pasivas en superficie (Al_2O_3 en el Al); protección catódica igualando potenciales en zonas anódicas y catódicas mediante ánodos de sacrificio; diseño y acabado (evitando ángulos vivos, rayaduras, tensión, contacto entre metales distintos, homogeneidad y limpieza estructural), y atendiendo a la influencia del medio (temperatura, humedad, gases industriales, atmósferas marinas...).

Además, hay una gran cantidad de ensayos normalizados para controlar la corrosión: ensayos de comparación entre metales, en condiciones especiales, ensayos de humedad y climáticos, ensayos de metalografía y, principalmente, los de cámara de niebla salina, amparados en la norma UNE-EN-ISO 9227.

EL COSTE ESTIMADO DEL DETERIORO POR
CORROSIÓN EN LOS PAISES INDUSTRIALIZADOS
REPRESENTA EL EL 1,5-4% DEL PIB

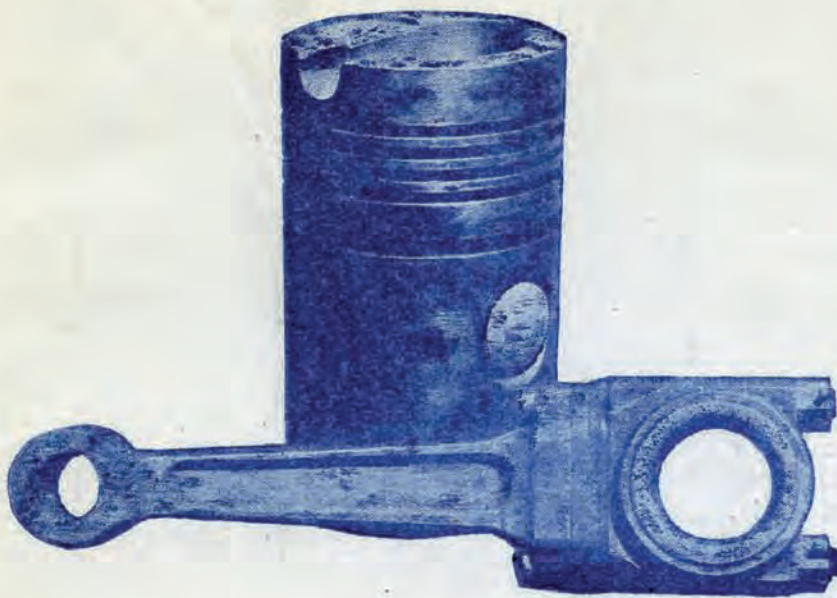
Hay dos claros ejemplos que ilustran el éxito en la lucha contra la corrosión en los últimos 60 años. Uno de ellos es el de la lucha contra la corrosión intergranular, en latones por la tendencia de los granos de Zn (anódicos) a corroerse, también en bronce y aleaciones Zn-Al. Algunos aceros inoxidables ferríticos y muy especialmente los austeníticos al calentarse (conformación en caliente/soldadura), se produce una migración de Cr en borde de grano, que se debilita por debajo del 12% en Cr y se inicia la corrosión. Ahora conocemos perfectamente este fenómeno y la adquisición de estas calidades con pequeños porcentajes de Nb y/o Ti, así que disminuyendo más su bajo porcentaje de C elimina el problema que tan elevados costes han incidido en el mundo industrial.

Otro claro ejemplo de avance en la lucha contra la corrosión lo tenemos en las chapas de los automóviles. En el periodo 1950-1965 los vehículos estaban garantizados contra la corrosión un máximo de dos años. Actualmente, la garantía de la chapa contra corrosión es de ocho o más años. Esto es posible gracias al galvanizado de la chapa en bobina, el posterior fosfatado del chasis y la aplicación de una pintura cataforésica antes de las pinturas y barnices correspondientes.

Si en la década de 1950 el objetivo era fabricar y casi todo estaba por hacer; actualmente fabricamos más y mejor, conociendo los materiales y su comportamiento ante el ambiente, aplicando normativas y ensayos que garantizan su durabilidad.

Gabriel Esteller Lores Ingeniero técnico industrial
y profesor de Ciencia y Tecnología de Materiales de la
Universidad Politécnica de Valencia

CORROSION METALICA



Por Angel de la FUENTE MARTINEZ

Perito Industrial de los Institutos Nacionales
de Técnica Aeronáutica «Esteban Terradas» y
de Racionalización del Trabajo, del Patronato
«Juan de la Cierva», del C. S. de I. C.

C. D.—620.191

EN las instalaciones industriales todos los materiales metálicos tienen un período de vida útil, que está comprendido en el espacio de tiempo delimitado por las fechas de puesta en servicio y la de su inutilización por causas de envejecimiento. Precisamente esta última fecha, este envejecimiento, se manifiesta por la destrucción total o parcial de la pieza, o bien por la pérdida de características, especialmente mecánicas, que la hacen inadecuada para un servicio más prolongado, y esta destrucción tiene dos orígenes, que son: por desgaste de tipo puramente mecánico, que llamaremos erosión, y por agentes químicos y electroquímicos.

La destrucción por agentes químicos y electroquímicos es lo que se ha venido en llamar *corrosión*.

Este fenómeno es de una importancia extraordinaria y tiene que ser objeto de una atención especialísima por parte de los técnicos, sean o no proyectistas, ya que, según estadísticas, se calcula con bastante aproximación que las pérdidas resultantes de la corrosión del hierro y de los aceros, en productos manufacturados y estructuras, probablemente debida a una mala protección, como consecuencia de desconocimiento de los fenómenos de la corrosión, es de un 2 por 100 del tonelaje en servicio, y esta cantidad puede apreciarse en su enorme magnitud, sabiendo que en los años precedentes a la segunda guerra mundial había en servicio, aproximadamente, 1.200 millones de toneladas de hierro y productos de acero. (Véase la figura 1.).

Podemos deducir, inmediatamente, que es necesario un incremento en la producción anual de hierro y acero para compensar tales pérdidas, al igual que ocurre con otros materiales, tales como las aleaciones ligeras y pesadas. Desde luego, aparte de estas pérdidas, hay que considerar los perjuicios derivados de la corrosión en las instalaciones en servicio, que dan lugar a averías de envergadura, sin que se hayan producido elevadas pérdidas de material por corrosión.

NATURALEZA DE LA CORROSIÓN

En esencia, prescindiendo de momento de su origen y de su carácter, la corrosión es un fenómeno esencialmente opuesto al de la obtención de los metales de los minerales de que provienen, por ejemplo, el hierro proviene de minerales que son óxidos, carbonatos, hidróxidos o sulfuros; pues bien, cuando el hierro se corroe (vulgarmente, se «oxida»), se transforma en óxido, hidróxido, carbonato o sulfuro. Observando este fenómeno, WATTS (1) ha descrito la corrosión como una gran industria, a la inversa, «todo son pérdidas, sin ningún beneficio», frase que, sin duda alguna, refleja el fenómeno de una forma muy clara y abarca su enorme alcance económico.

(1) O. P. WATTS: *Bulletin of the University of Wisconsin*, 1938, 83, 2.

DATOS HISTÓRICOS SOBRE LOS ESTUDIOS DE CORROSIÓN

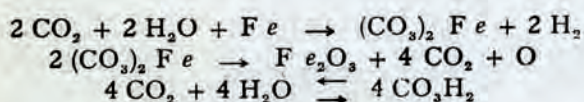
El fenómeno de la corrosión tiene su origen en el del primer producto metálico que se obtuvo con fines utilitarios. No es un fenómeno nuevo, ni mucho menos, pero sí hay que reconocer que con el progreso de la industria se ha acentuado de forma extraordinaria, ya que sus efectos se sienten en ámbitos mayores, debido a la extensión del campo de aplicación de los productos metalúrgicos.

Se desconoce cuándo fué iniciada la primera teoría de la corrosión, pero sí podemos decir que uno de los criterios más generales de la misma fué puesto de manifiesto en 1788 por AUSTIN, químico de la escuela flogística (1).

Un siglo después, aproximadamente, se iniciaron los primeros estudios sobre las teorías de corrosión de los metales en general, y del hierro en particular, aunque las opiniones diferían, como se supone, de forma extraordinaria. Fueron tres las orientaciones que se dieron a las teorías: una, la de corrosión originada por los ácidos; otra, la de corrosión originada por el agua oxigenada (peróxido de hidrógeno), y, finalmente, la de origen electroquímico.

La teoría que se basa en el ataque por los ácidos tuvo su iniciación por F. C. CALVERT. Según él, el ácido carbónico era el causante de la formación del orín en el hierro, considerando que la oxidación o corrosión progresiva se debía a que el ácido carbónico actuaba sobre el hierro, formando carbonato ferroso, y éste se transformaba seguidamente en óxido férrico, dejando carbonato libre, que reanudaba el ciclo.

En resumen, según esta teoría, se tiene:



Esta teoría falló al comprobarse que la presencia de un ácido libre no es condición fundamental para oxidar el hierro, como lo hizo J. A. N. FREIND, al demostrar que una sal puede ser origen de corrosión.

Simultáneamente a la anterior, se trató de la teoría de la corrosión por el peróxido de hidrógeno, basada en que se había demostrado que el agua oxigenada (o peróxido de hidrógeno) se forma en la corrosión de gran número de metales, como por ejemplo, el plomo, el cual en presencia de agua y oxígeno da lugar a la reacción siguiente:

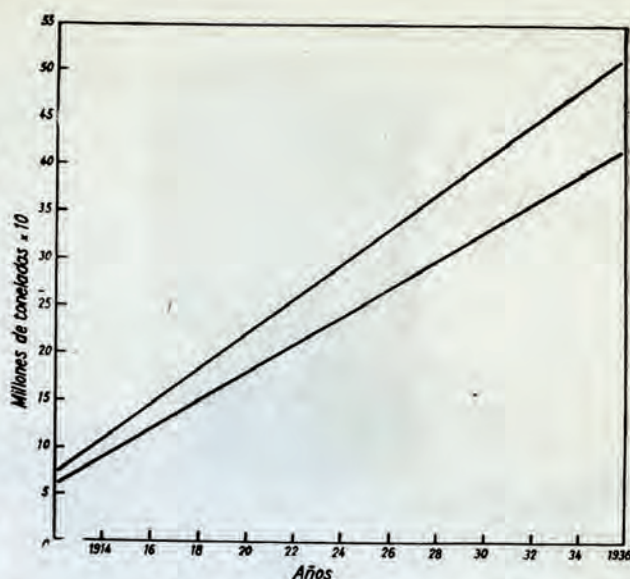


Fig. 1

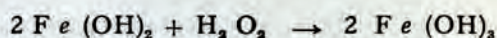
También el hierro con el agua, por descomposición de la última, produce:



El hidrógeno liberado se suponía reaccionaba con el oxígeno disuelto en el agua, dando peróxido de hidrógeno:



y este peróxido, en presencia del hidróxido ferroso formado en un principio, da hidróxido férrico:



y oxida simultáneamente al hierro al estado de hidróxido ferroso:



Esta teoría fué expuesta por DUSTAND en su trabajo «The Rusting of Iron», *J. Chem. Soc.*, 87, pp. 1.548-1.905.

Pero también fracasó al demostrarse que en presencia de agentes reductores que, por tanto, destruyen al peróxido de hidrógeno, la corrosión prosigue.

Finalmente, tenemos la teoría electroquímica, que también en sus principios adolecía de ciertas anomalías, hoy día explicables perfectamente, y que es la que con más visos de realidad nos soluciona y explica problemas y fenómenos que con las anteriores no teníamos resueltos. No quiere esto decir que excluyamos las teorías puramente químicas, ya que recordemos que se ha dicho que la corrosión es un fenómeno *químico* y *electroquímico*, lo cual responde a la realidad, aun cuando el mecanismo electroquímico es el rector y el puramente químico es de efecto secundario.

(1) W. AUSTIN: *Philosophical Transactions*, 78 (1788), 379. (Referencia de U. R. Evans.)

Insistiendo en esto, la teoría electroquímica nació en el siglo actual, ya que los trabajos anteriores no fueron más que orientaciones más o menos acertadas, sin llegar a ser base de la misma, pues en un principio se siguieron caminos equívocos. No obstante, se debe reconocer que fueron los que dieron paso a los investigadores de nuestro siglo.

La principal característica de la teoría electroquímica actual es que reconoce y valora la importancia del papel que juegan las corrientes eléctricas que se originan por las distintas concentraciones de oxígeno en los diferentes puntos de los metales y la importancia de los iones metálicos.

Los iniciadores de estas importantes observaciones fueron MARINIANI, en 1830; WARBURG, en 1889; KISTIAKOWSKY, en 1908; ASTON, en 1916, y U. R. EVANS, gran investigador inglés, que debe ser considerado como la máxima autoridad, aun en nuestros días, en materia de corrosión. A partir de esta fecha hay innumerables trabajos, que no se enumeran en este artículo por no extenderlo demasiado, pero todos ellos de grandísimo interés científico.

FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA ACTUAL DE LA CORROSIÓN METÁLICA

Antes de iniciar lo que en esencia es el fundamento de la teoría química y electroquímica de la corrosión se ha de aclarar que para generalizar se hablará del hierro en un sentido muy amplio, es decir, que por «hierro» ha de entenderse tanto el hierro propiamente dicho como los aceros y los metales en general, ya que los estudios de tipo general realizados sobre el hierro son extensibles a otros metales y aleaciones.

CORROSIÓN QUÍMICA

Las superficies de los metales expuestos al aire se ha observado que se oxidan con mayor o menor rapidez.

En general, el progreso inicial de la oxidación, rápido, decrece a medida que se forma sobre la superficie metálica una capa de óxido, que la aísla del medio ambiente, cuya película, en general, a la temperatura ambiente es invisible, pero cuando se genera a temperaturas superiores, forma capas visibles, porque da lugar a los llamados colores de interferencia. Siempre que los metales se oxidan a temperaturas comprendidas entre los 200° y 300° C, la película de óxido que se forma es de un espesor del orden de la longitud de onda de la luz (de 4 a 7×10^{-5} cm.) y en este caso, por iluminación de la superficie oxidada, se empezarán a obtener una serie de colores de interferencia que van variando con el aumento de espesor

de la película de óxido, y que se deben a la reflexión parcial de la luz por las superficies interior y exterior de la capa del mismo en aquellos casos en que la luz reflejada por las dos superficies difiera en una semilongitud de onda. Es decir, si calentamos un metal en el aire a cierta temperatura, llegará un momento en que el espesor de la película de óxido sea lo bastante grande para que haya lugar a una absorción parcial por interferencia, de forma que la luz reflejada saldrá desprovista de las radiaciones absorbidas, con lo cual, suponiendo que se haya absorbido la radiación azul, la luz reflejada será pardo-amarillenta. Si el espesor aumenta, entonces se absorberá la radiación verde, con lo cual se tendrá luz rosa como reflejada; a mayor espesor se absorberá la radiación amarilla y se reflejará el azul, etc., así hasta agotar el espectro, dentro de la divergencia de media longitud de onda. Si los espesores aumentan, se producirán nuevas repeticiones de los colores anteriores, correspondientes a diferencias de $1 \frac{1}{2}$, $2 \frac{1}{2}$, $3 \frac{1}{2}$ y $4 \frac{1}{2}$ longitudes de onda, cuyas series se denominan colores de interferencia de 2.º, 3.º, 4.º y 5.º orden.

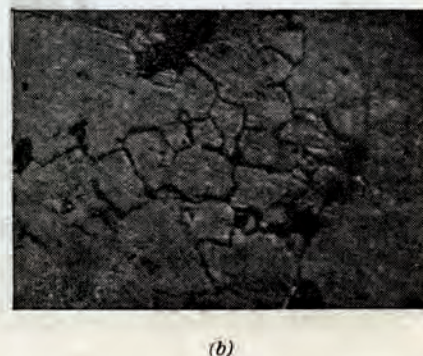
Se ha podido comprobar la teoría precedente aislando la película de óxido (1), transponiéndola a una placa de vidrio, uniforme y perfectamente incolora y observando la luz transmitida por la película. En todos los casos se ha constatado que la luz transmitida es siempre complementaria de la reflejada. Esta-

(1) U. R. EVANS: *Iron and Steel Institute, Special Reports*, 1938, 21, 225.



Fig. 2

Corrosión de un remache por ataque intermetallicario.—
a) Vista del remache roto;
b) Una parte de la sección de rotura vista al microscopio.



mos, pues, ante un método exacto para la determinación del espesor de las películas de óxidos.

Se ha dicho que la oxidación inicialmente es rápida, y que a medida que progresa se hace más lenta. Esto se debe a la acción protectora que ejerce de por sí la película al aislar al metal subyacente del medio oxidante, pero hay, además, un factor que merece tenerse presente, cual es la permeabilidad al aire (oxígeno) de la película de óxido, de forma que todo óxido poco permeable será muy protector, por ejemplo, el del aluminio (Al_2O_3) y el óxido permeable será menos protector, por ejemplo, el del calcio (CaO), y así PILLING y BEDWORTH clasificaron los metales en dos grupos, según que el óxido ocupe un volumen mayor o menor que el metal consumido en producirlo, y llegaron a expresar esta característica por las designaciones siguientes:

$$\frac{M}{\sigma} < \frac{m}{\sigma'} \quad \text{y} \quad \frac{M}{\sigma} > \frac{m}{\sigma'}$$

en las que:

M = peso molecular del óxido,

σ = densidad del óxido,

m = peso del metal contenido en el peso molecular del óxido y

σ' = densidad del metal. Observando estas fórmulas, se deduce que si $\frac{M}{\sigma} < \frac{m}{\sigma'}$ el óxido es

probable que no cubra totalmente la superficie metálica, luego tiene permeabilidad al aire, por lo que se habrá de temer el progreso de la oxidación y si $\frac{M}{\sigma} > \frac{m}{\sigma'}$, se verificará lo contrario.

Se puede comprobar que los metales pesados obedecen al caso $\frac{M}{\sigma} > \frac{m}{\sigma'}$ y los ligeros, excepto

el aluminio y el berilio, obedecen a $\frac{M}{\sigma} < \frac{m}{\sigma'}$.

Admitiendo que se tiene un óxido del tipo $\frac{M}{\sigma} > \frac{m}{\sigma'}$, o sea del tipo compacto y sin fallos,

tales como grietas, se ha comprobado que la oxidación, o sea la difusión del oxígeno a través del óxido hacia el metal, es inversamente proporcional al espesor de la película de óxido, de donde se deduce la ley que expresamente el espesor de la película e , en función del tiempo t , admitiendo que el oxígeno, al difundirse por la capa del óxido, proporciona una con-

centración original de oxígeno muy débil en la superficie metálica. La ley de la difusión nos da:

$$\frac{de}{dt} = \frac{K}{e}$$

donde

e = espesor de la película,

t = tiempo y

k = constante que depende de la clase de material.

Si se integra la expresión anterior, se tendrá:

$$e^2 = 2kt$$

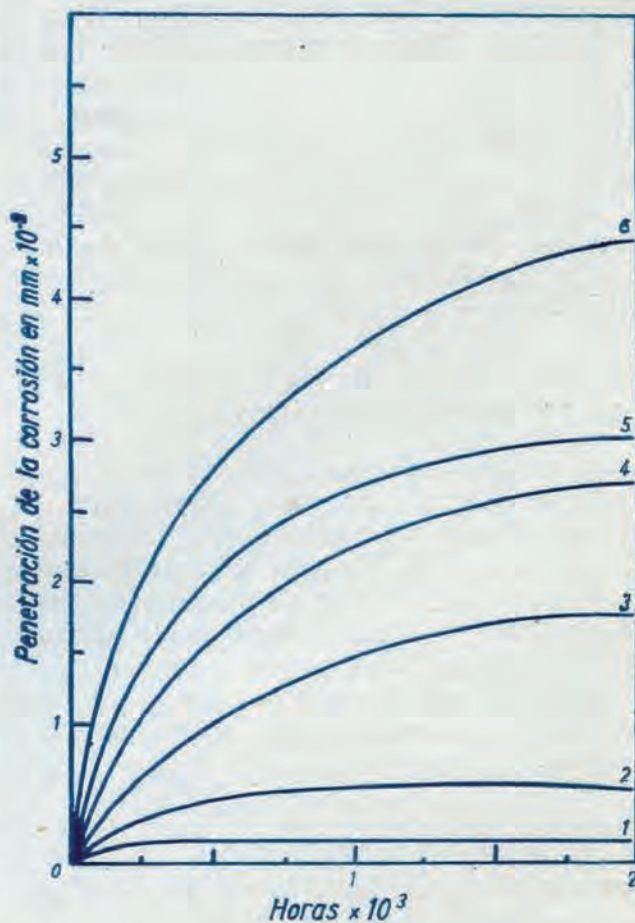


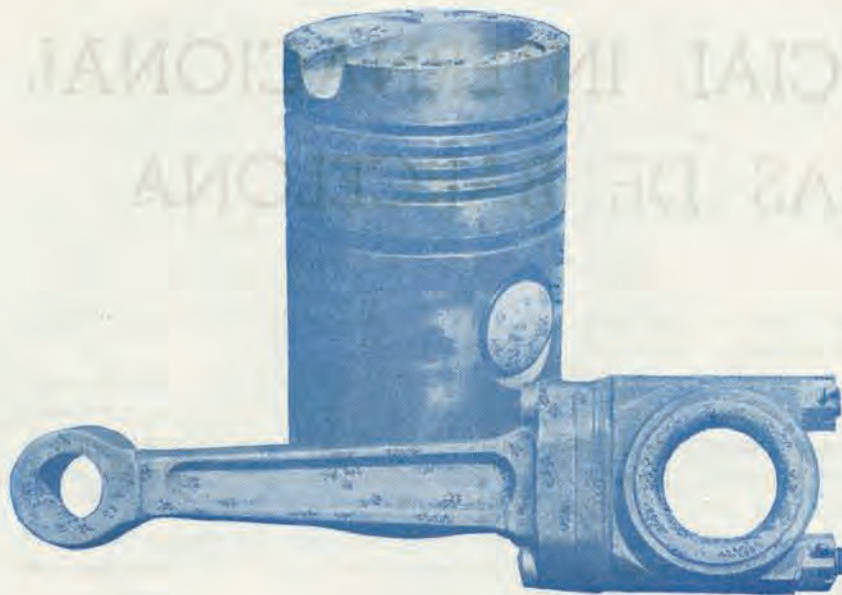
Fig. 3

Corrosión parabólica: 1. Acero inoxidable al cromo-níquel (18-8).—2. Acero inoxidable del 12 % de cromo.—3. Acero cromomolibdeno (4-6 %).—4. Acero al carbono (semisuave).—5. Acero al carbono (suave).—6. Acero al carbono (extrasuave).

que es la ecuación de la parábola equilátera; luego la ley de crecimiento de la película de óxido es parabólica para los metales que dan

óxidos del tipo $\frac{M}{\sigma} > \frac{m}{\sigma'}$ (véase la fig. 2).

(Concluye en el número que viene.)



CORROSION METALICA

Por Angel de la FUENTE MARTINEZ

Perito Industrial de los Institutos Nacionales de Técnica Aeronáutica «Esteban Terradas» y de Racionalización del Trabajo, del Patronato «Juan de la Cierva, del C. S. de I. C.

C. D.—620.191

y II

No obstante, hay que tener presente que la teoría anterior no es absolutamente cierta para películas de óxido producidas a baja temperatura. Este es el caso típico y general de la oxidación metálica, pero dentro de las líneas generales descritas hay un caso especial que se presenta en las películas de óxidos que también

son del tipo $\frac{M}{\sigma} > \frac{m}{\sigma'}$, pero cuyo volumen sobre-

pasa un determinado valor, lo que da lugar a que la película tenga tensiones internas, que dan lugar a agrietamientos por compresión de la misma, y en estos casos la función anteriormente presentada, no refleja más que parcialmente los hechos reales, ya que, en su iniciación, la oxidación sigue las líneas generales antedichas, hasta que por las tensiones se rompe la película, dando lugar a un recrudecimiento de la oxidación, que vuelve a iniciarse nuevamente y a renovar su protección, hasta que sobrevengan nuevos fallos. Es decir, hay un proceso escalonado de oxidación y protección. Si la rotura de la película se sucede con poca frecuencia, se obtiene una curva del tipo parabólico discontinuo (véase la fig. 3), pero cuando la sucesión es más frecuente puede haber lugar a una variación fundamental de la ley parabólica y transformación de ésta en rectilínea que puede expresarse por la ecuación siguiente:

$$\frac{de}{dt} = K, \text{ o integrando, } e = kt$$

Un caso concreto que responde a esta ley se aprecia en la fig. 4.

Y, finalmente, hay un tercero y último caso en el que la ley parabólica varía y se transforma en otra completamente distinta. Este se presenta cuando la película no tiene homogeneidad en su constitución física interna, es decir, cuando tiene tensiones, cuyos efectos se manifiestan por la formación de cavidades interiores, burbujas, que van creciendo en número a medida que la oxidación progresa y, por tanto, aumentan las tensiones. Desde luego, la formación de burbujas depende de que la película de óxido sea o no elástica. Si es frágil no

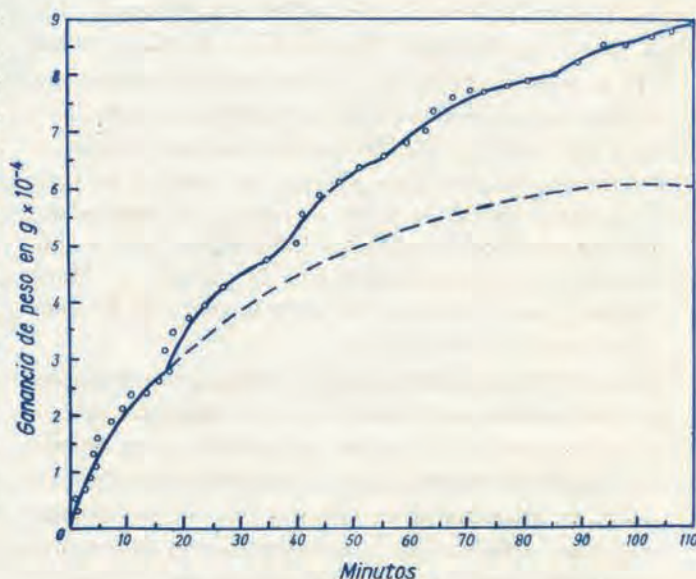


Fig. 3.— Oxidación del cobre a 500° C (según N. B. PILLINGS y R. E. BEDWORTH).

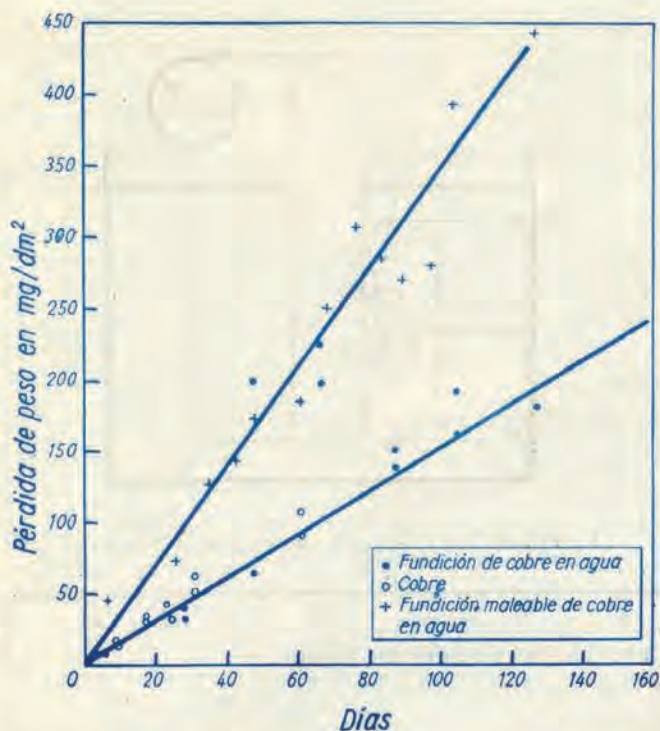


Fig. 4.—Corrosión lineal del cobre en agua destilada (J. Inst. Metals. Cuarto informe del Comité de Corrosión).

se llegará nunca a este caso, pues se romperá y se tendrá el anterior.

Pues bien, a medida que crece el número de burbujas va reduciéndose el área de la superficie susceptible de oxidación posterior, ya que la zona subyacente a la burbuja quedará protegida o, al menos, en situación semiprotectida, pues la difusión del oxidante (oxígeno) a través de la burbuja y de su contenido, sea cuál sea, será nula o más lenta que a través del óxido. Estudiado el fenómeno, se ha llegado a la conclusión de que obedece a una ley logarítmica, expresada por la ecuación:

$$\frac{de'}{dt} = ke^{-k'e'} \text{ o bien } e' = k \log(k't + k'')$$

en la que:

e' = espesor de la película,

t = tiempo, y

k , k' y k'' , constantes, que dependen del material.

Las consideraciones que preceden definen el proceso de la corrosión por oxidación, ya sea por ataque a la temperatura ambiente por la atmósfera, el cual, como más adelante se verá, no sólo se debe a estas leyes y a este fenómeno, o por ataque oxidación, a temperaturas elevadas. En este último caso, desde luego es en el que verdaderamente se manifiestan las leyes descritas.

Como es de suponer, la corrosión química tiene también otros orígenes y otras manifestaciones, cuales son el ataque por ácidos y álcalis. En este caso, no se trata en sí más que del fenómeno harto conocido de desplazamiento del metal por un anión o por otro metal; pero estos desplazamientos no son tan simples como en un principio pudiera suponerse y en ellos intervienen otros factores distintos, que son la energía de desplazamiento de aniones y cationes de la química elemental, que gobiernan todos estos fenómenos. En estos casos no encontramos explicación satisfactoria si no en las leyes electroquímicas y especialmente en la fundamental, en la ley de FARADAY.

Consideremos una pieza u objeto constituido por hierro y cobre como partes integrantes, sumergido en una solución de cloruro sódico, y con una atmósfera de aire, sobre la solución. Si se enlazan (véase figura 5) ambas partes (cobre y hierro) a través de un galvanómetro, se observará que inmediatamente tras la inmersión se origina una corriente eléctrica que va del hierro al cobre, o sea, que el hierro se transformará en el ánodo y el cobre será el cátodo, respecto a la solución. También se observará que la intensidad de la corriente que se origina es directamente proporcional a la concentración del oxígeno en la zona catódica, o sea la llegada del oxígeno a la superficie de cobre. En virtud de estas electrificaciones de las piezas metálicas, se iniciará una electrólisis en el seno de la solución, cuyo proceso será el siguiente:

Al ánodo, o sea al hierro, irán los aniones de la solución salina, que son los iones Cl^- , y éstos al llegar captarán dos electrones de aquél y formarán cloruro ferroso (FeCl_2). Por otro lado, se originará una reacción parecida en la zona catódica (cobre), hacia donde irán los cationes Na^+ , los cuales en este caso, al captar un electrón se transformarán en sodio metálico, el cual dada su extraordinaria actividad reaccionará inmediatamente con el agua de la solución, formando hidróxido sódico (NaOH).

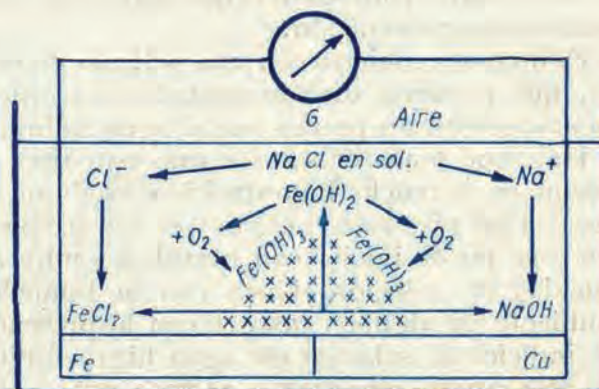


Fig. 5.—Esquema de corrosión por par bimetálico.

Tenemos, pues, dos productos iniciales, que son: cloruro ferroso (FeCl_2) e hidróxido sódico (NaOH). Ambos en mutua presencia en la solución, reaccionarán formando hidróxido ferroso ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) y cloruro sódico (NaCl). El hidróxido ferroso precipitará, por ser *insoluble en el medio*, y en presencia del oxígeno disuelto en la solución (que inevitablemente ha de estar presente si la corrosión tiene lugar en atmósfera de aire) se oxidará a estado férrico, dando hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), que comúnmente se designa por «orín».

Se parte siempre de la base de que la solución de cloruro sódico está ionizada, ya sea total si es muy diluída, o parcialmente si tiene concentración elevada.

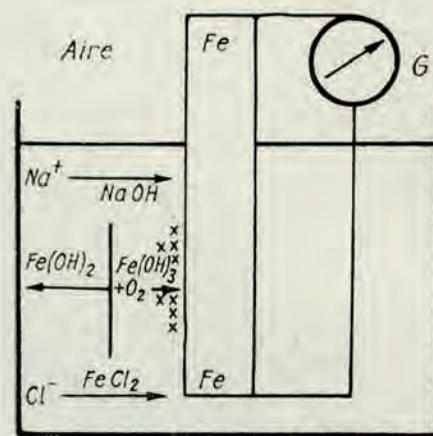
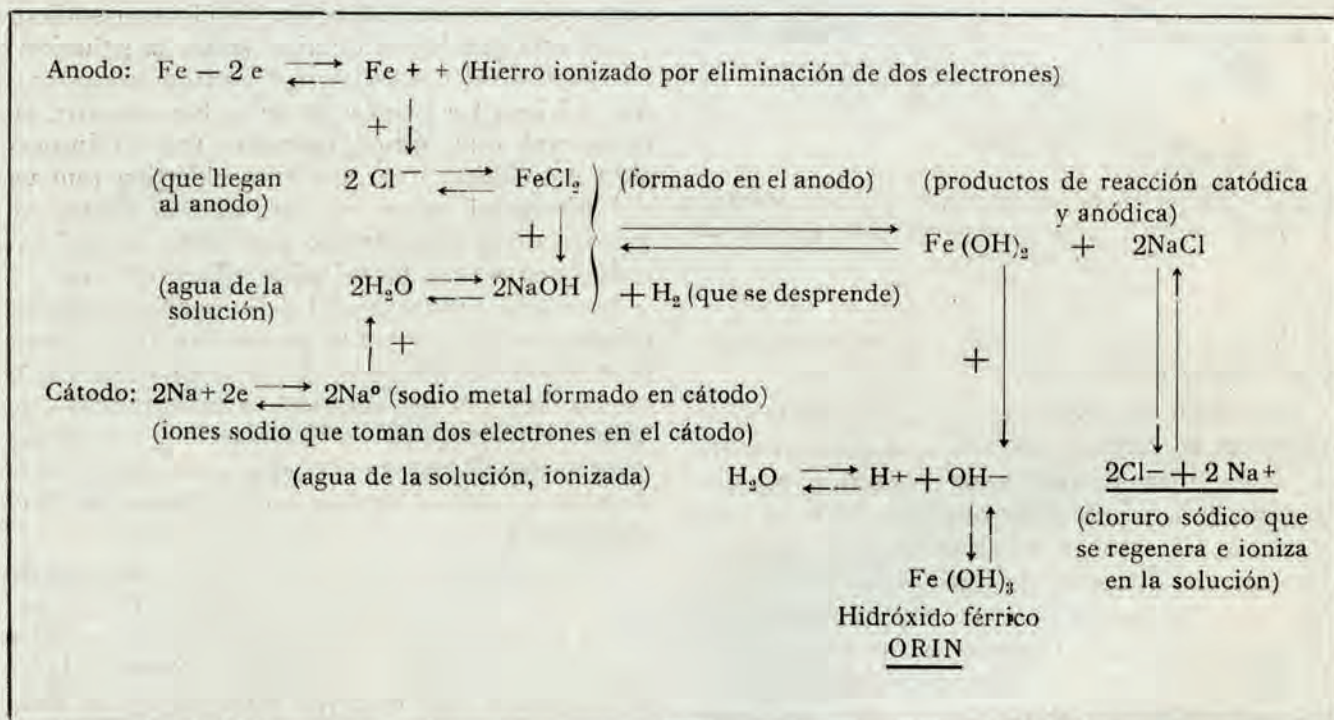


Fig. 6.—Corrosión por aireación diferencial.



Según esto, puede, en principio, suponerse que la acción electroquímica tiene sólo lugar en casos de presencia de metales disimilares en contacto. Ello no es así, ya que hay casos en los que no se requiere la presencia de dos metales distintos para que haya lugar a corrosión. Veamos unos ejemplos más que pongan de manifiesto esta aseveración.

El hierro recubierto con una película de óxido, que presenta discontinuidades, es objeto de ataque en esos puntos por el agua salina.

Hay que tener en cuenta que este tipo de ataque es de mucha importancia y es el que da lugar a las picaduras vulgares en los recipientes y se puede iniciar con cantidades muy reducidas de solución, basta con la humedad ambiente en algunos casos y con la presencia de indicios de sales en ese agua higroscópica. En este caso de corrosión la película actúa como cátodo y el hierro subyacente como ánodo, de forma que se deduce que éste será «socavado» por la acción corrosiva.

Aun queda otro ejemplo, por el cual se pondrá de manifiesto que tampoco será necesaria la presencia de películas de óxido con disconti-

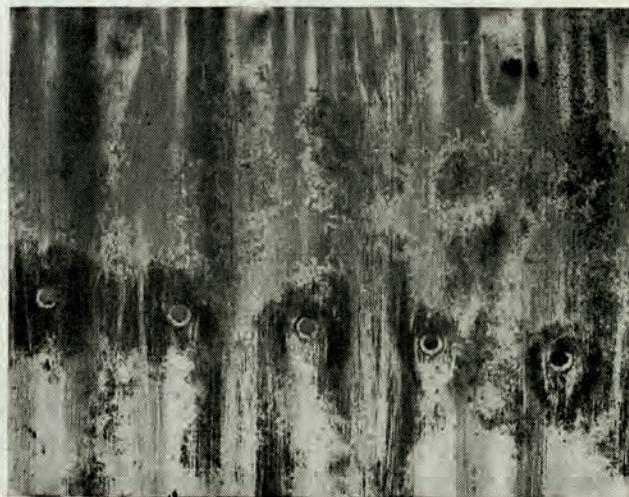


Fig. 7.—Corrosión sobre chapa de aleación ligera por efectos galvánicos.

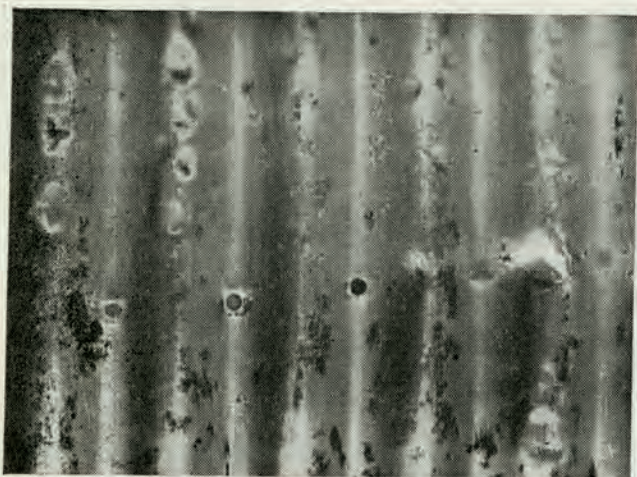


Fig. 8.—Efectos de la corrosión por pares de metales y similares.

nuidades para tener corrosión. Ciertamente, no es necesaria tal condición; bastará con que una pieza de hierro esté parcialmente sumergida en una solución salina, o dicho sea con otras palabras, que sea objeto de una «aireación diferencial». Viendo la figura 6 apreciamos que el oxígeno requerido por la reacción catódica (se recordará que en la zona catódica se requiere oxígeno para la oxidación del $(Fe(OH)_2)$ a $(Fe(OH)_3)$, o lo que en términos energéticos es igual, se desprende hidrógeno, está en la línea de nivel de líquido, esta zona será catódica con respecto a la sumergida, y en este caso estamos nuevamente ante los fenómenos de transformación antes descritos. Se tiene en este ejemplo un aspecto muy importante de la corrosión, ya que es el caso típico que se presenta en los cascos de los buques, que es un problema que ha sido objeto de profundos estudios por los especialistas en la ingeniería naval, ya que tiene unas consecuencias incalculables, no sólo en los cascos, sino en las hélices y ejes transmisores, especialmente en los prensaestopas.

Hasta aquí, se ha hablado de la corrosión electroquímica sin suministro de fuerza electromotriz de fuente ajena al conjunto corroído; pero, naturalmente, con mayor motivo habrá corrosión si hay un aflujo de corriente, procedente del exterior.

Indudablemente, el fenómeno sigue análoga trayectoria que en los casos anteriores, aun cuando, lógicamente, tiene una rapidez de la que carece la corrosión sin fuerza electromotriz ajena al sistema.

Un caso típico de corrosión con fuerza electromotriz aplicada es el que se presenta en las conducciones subterráneas de agua, gas y electricidad, así como en los raíles de los ferrocarriles y de los tranvías.

Este tipo de corrosión es bastante más grave que los anteriores, ya que la velocidad de

ataque no está limitada por el acceso de oxígeno a la zona catódica, que en la corrosión sin fuerza electromotriz aplicada actúa como «estimulante» catódico, sino que está íntimamente ligada a la intensidad de la corriente que llega a la zona atacada y, además, los productos anódicos y catódicos se forman a veces a distancia considerable uno de otro, con lo cual se elimina la posibilidad del frenado de la corrosión. Por otra parte, si en la corrosión sin fuerza electromotriz aplicada se puede proteger al hierro contra ella por pintura de la pieza, en la que discutimos se dan frecuentes casos en que la pintura da lugar a una corrosión más intensa de los puntos localizados en las fallas posibles; y, finalmente, algunas conducciones de plomo sufren un ataque, que por sus características es mucho más grave, ya que penetra en la constitución íntima del metal, en su estructura cristalina, dando lugar a la corrosión llamada intercrystalina, que se localiza en los límites de los cristales metálicos, en unos con mayores posibilidades que en otros, dando lugar a la llamada «fatiga de corrosión», que origina perjuicios muy graves, siendo especialmente temibles en las estructuras metálicas, por ser su origen y su progreso inicial microscópicos, y muy difícil, si no imposible, su diagnóstico previo (véase la fig. 7).

Todos los procesos anteriores de corrosión electroquímica obedecen a las leyes de la electroquímica clásica y, como antes se dijo, a la

(Pasa a la pág. 105)

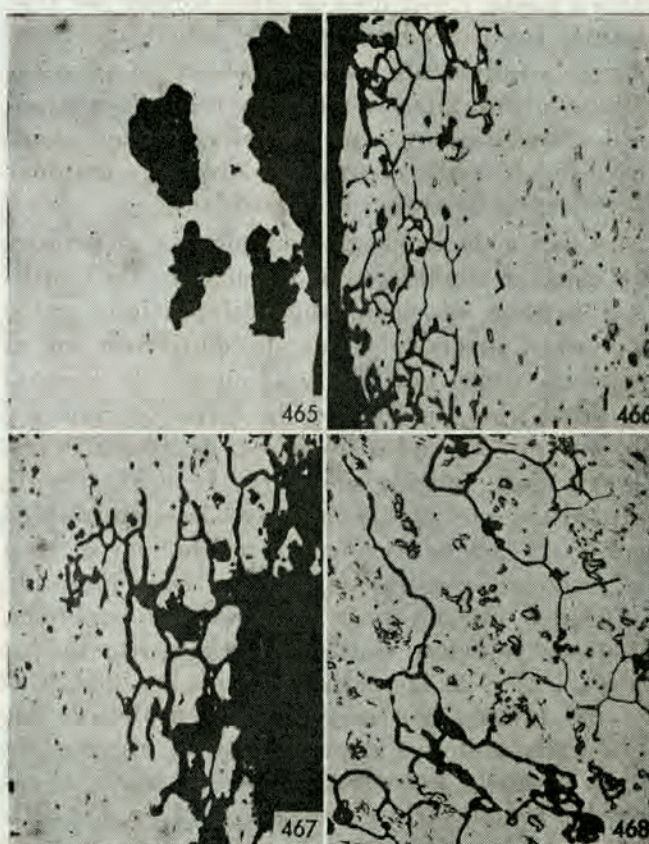


Fig. 9.—Casos de corrosión intercrystalina.

CONSULTORIO PROFESIONAL

Las contestaciones a estas preguntas deben dirigirse a la redacción de esta Revista, Avenida de Calvo Sotelo, núm. 18, 2.º

1.—¿Existe algún producto o fórmula que contrarreste la dureza diamantina del bórax y ácido bórico una vez sometido al soplete, o antes de esta acción, para destruir dicha dureza sobre los objetos soldados?

2.—¿Se puede dar una orientación o procedimiento de una mezcla química que al ser quemada o sometida a la acción del soplete, en su descomposición produzca, en pequeñas proporciones, hidrógeno u oxígeno?

ASTURIAS Y LEÓN

3.—Desearía saber por algún lector de la Revista, bibliografía en español, francés e inglés sobre aparatos de medida y de control, tales como termómetros de mercurio y metálicos, pirómetros, manómetros, aparatos registradores de presión, temperatura y caudal de líquidos y gases y todo lo referente al control industrial.

ELOY MARTÍN FERNÁNDEZ

4.—Quisiera conocer tipos diversos de envases para productos en polvo, que permitan dosificar

su salida en pequeñas porciones. Agradecería dibujos de los mismos y material empleado.

A. H. J.

5.—Quedaría muy agradecido al lector que pueda informarme sobre el procedimiento para construir un interruptor de baja tensión y débil intensidad que pueda realizar interrupciones sucesivas de un circuito en tiempos regulables fijos comprendidos entre 1/25 y 1/200 de segundo.

R. A. M.

(Viene de la pág. 85.)

de Faraday, la cual se puede expresar, aplicándola a la corrosión, de la forma siguiente:

La transposición o transformación química originada por una corriente eléctrica es proporcional al número de culombios que han pasado; de forma que la cantidad de metal corroído (disuelto en el ánodo) es igual a:

$$\frac{it}{F} \text{ equivalentes —gramo del metal en cuestión.}$$

fórmula en la que:

i = intensidad de la corriente, expresada en amperios.

t = tiempo de duración de la corriente, expresado en segundos, y

F = número de Faraday, igual a 96.494 culombios aproximadamente.

El equivalente electroquímico de un metal se recordará que es la cantidad del mismo que se separa por electrólisis de una solución que contenga sus iones cuando a su través pasan 26,8 amperios-hora, o, lo que es igual, 96.494 culombios.

También es de primordial interés el conocimiento de los potenciales aislados de cada metal, puesto que éstos son los que dan origen a las pilas elementales que son causa de

la corrosión, y convendrá recordar en este caso que los potenciales aislados de los metales son los que éstos presentan por su tensión de ionización en soluciones que contengan sus iones en estado de equilibrio iónico.

Siguen en importancia los conceptos de tensión de ionización, pilas de concentración, equilibrios iónico y termodinámico, conductividad de los electrolitos, velocidades iónicas y números de transporte.

Queda, pues, en términos generales, definida la corrosión metálica, aun cuando son necesarias muchas aclaraciones de importancia, que requieren una mayor extensión y minuciosidad.

Confío en que a los alejados de esta especialidad, que serán muchos, ya que en nuestra Patria se puede decir que el estudio de la corrosión es muy limitado, confío repito, en que este artículo sea de algún interés, y si ello es así, habré conseguido mi propósito, y me animará a iniciar para el futuro otros trabajos más especiales, dentro de la materia, y que intentarán afrontar los problemas concretos que se presentan en nuestras industrias, con bastante mayor frecuencia de lo que generalmente se supone.

Aprovecho esta oportunidad para expresar mi satisfacción por colaborar en **TECNICA INDUSTRIAL**, revista que tanto hemos deseado y que al fin, gracias al celo de nuestros compañeros que forman su Directiva, es hoy una realidad.

Rogamos a los señores suscriptores comuniquen a la Administración de esta Revista cualquier anomalía que observen en la recepción de los ejemplares a fin de subsanarlo inmediatamente.

‘Apps’, herramientas de ingeniería

Las aplicaciones móviles llevan camino de convertirse en la próxima generación de instrumentos para medición, cómputo, simulación de circuitos o control de sistemas

Pura C. Roy

La proliferación de teléfonos inteligentes y tabletas permite a los ingenieros aprovechar estas plataformas para crear y usar nuevos modelos de herramientas de ingeniería. Aunque queda mucho desarrollo, estos ordenadores de bolsillo serán un gran aliado. La compatibilidad de los sistemas operativos, la fragilidad de los equipos y algunos problemas para la operación de múltiples aplicaciones de manera simultánea son algunos de los puntos débiles que destacan los foros de ingenieros. Pero el mundo de la tecnología cambia muy rápido y las mejoras se suceden. Algunos desarrollos, como el osciloscopio de la empresa Oscium, que facilitan la vida móvil de los ingenieros, ya están disponibles en distintas plataformas. Este se puede conectar a un iPad o a un iPhone y está provisto de una entrada analógica y cuatro canales digitales que están orientados a ser utilizados como analizadores lógicos.

Una de las más conocidas por los usuarios es Smart Tools, una completa caja de herramientas especializada en medición de longitudes, ángulos, distancias, niveles, compás, dirección, sonido y hasta un medidor de ruido, muy útil para ingenieros como también lo es Sunny Mon Conversor de Unidades. Aunque esta *app* es de pago, cuenta con variadas opciones de conversión, unidades, moneda, sistemas de medición, longitud, a los diferentes sistemas de medias entre los que están el sistema internacional, el inglés o el MKS de unidades.

Aplicaciones de electricidad

Para aquellos ingenieros que necesiten de la electrónica y la electricidad en su trabajo está, entre otros, ElectroDroid, que cuenta con distintas opciones de herramientas todas relacionadas con estas disciplinas como son códigos de colores y resistencias, calculadora de ley de OHM, inductores y división de voltaje.

La empresa Redfish Instruments ha desarrollado un multímetro digital inalámbrico que se compone de una unidad de *hardware* controlada por un iPhone o un iPad que proporciona la interfaz de usuario donde simula ser un multímetro tradicional y en la que se puede apreciar una gran llave selec-



Imagen de la aplicación Smart Tools para Android.

tora rotativa de funciones que permite medir tensión, corriente y resistencia. Brinda estadísticas de mínimos y máximos, retención del registro de datos, trazador de curvas de medición y ofrece la posibilidad de enviar las lecturas o datos obtenidos mediante correo electrónico o subirlos a una web.

LA COMPATIBILIDAD, LA FRAGILIDAD DE LOS EQUIPOS Y ALGUNOS PROBLEMAS PARA LA OPERACIÓN DE MÚLTIPLES APLICACIONES DE MANERA SIMULTÁNEA SON PUNTOS DÉBILES QUE DESTACAN LOS INGENIEROS

Diseñada para hacer a los ingenieros la vida más fácil, Civil Engineering Calculations se convierte en una preciada herramienta en el momento de hacer cálculos como el flujo de tuberías, un canal de flujo, una curva vertical, tangentes o cálculos de área. Sin embargo, algunos usuarios



Pantallas de la aplicación móvil Autocad.

siguen esperando mejoras en versiones futuras, pues hay cálculos que todavía no logra hacer.

AutoCAD WS permite gestionar desde el iPad o el iPhone planos desarrollados fuera de la oficina. Desde esta aplicación, de descarga gratuita, se pueden ver, modificar y compartir archivos DWG. Si la pantalla del móvil es pequeña siempre se puede utilizar una tableta. Cualquiera que sea el dispositivo móvil que se elija, deberá contar con un procesador de al menos 1 Ghz y 512 Mb de memoria RAM. La aplicación está disponible para dispositivos con iOS 3.0 o posterior y para aquellos usuarios que cuentan con equipos equipados con el sistema Android. Esta aplicación es ideal para estudiantes o ingenieros de mecatrónica, diseño industrial, arquitectura, ingenieros civiles.

La desarrolladora Maide ha creado una aplicación que permite añadir el iPad como dispositivo adicional para manejar programas de modelado 3D como Maya, 3DS Max, Sketchup, Rhino y Solidworks. La *app* se conecta vía wifi al ordenador que está ejecutando el programa y permite girar, cambiar vistas, hacer zoom o controlar el teclado y el ratón desde la tableta.

Maide Control cuenta con la capacidad de poder conectar varios iPads de manera simultánea para poder desarrollar tareas colaborativas además de la posibilidad de realizar capturas de los modelos para compartirlos. Complementaria es Drawvvis, creada específicamente para visualizar dibujos técnicos de Autocad. Los dibujos deben estar en formato DXF. Almacena los archivos en los directorios y los muestra con

eficacia en iPhone o iPod touch. Además, permite adjuntar notas (incluso notas de voz) a los dibujos. Es útil pero solo muestra los dibujos en 2D. Aunque es gratuita solo está disponible en inglés. Requiere iOS 3.2 o posterior.

La realidad aumentada es la baza de Magic Plan. Desarrollada recientemente, esta aplicación resulta de gran ayuda a quienes necesitan crear planos de una construcción, ya sea para una intervención simple o para tomar medidas que serán base de un proyecto mayor. Sin embargo, la versión gratuita deja una marca de agua en el plano que solo se puede quitar pagando una cantidad determinada por plano. La aplicación está disponible tanto en inglés como en francés y es compatible con iPhone 4, iPod Touch cuarta generación y iPad 2 3G. Todos con iOS 4.2 o posterior.

Bentley Navigator permite vista de 360 de modelos de diseño 3-D. Con ella no solo se obtienen vistas panorámicas, sino también las propiedades del objeto. Por ejemplo, puede determinar el espesor de la tubería, el color de la pintura o la presión nominal; incluso es útil para realizar inspecciones de seguridad. Las anotaciones realizadas en el iPad se pueden combinar con los modelos usados en el *software* de escritorio. Disponible en inglés y compatible solo con iPad. Requiere iOS 4.2 o posterior.

Plantas industriales

Las *apps* también están encontrando hueco en las plantas industriales. Los llamados iDevices permiten que cualquier ingeniero de planta pueda conocer el estado de sus procesos industriales y los programadores de PLC puedan tener acceso instantáneo a sus sistemas.

Según los especialistas, algunas de las mejores aplicaciones Scada y automatización disponibles se pueden descargar en el iTunes store, como ScadaMobile, ProSoft i-View, mySCADA. Son útiles para ingenieros de planta, desarrolladores de software PLC, personal de mantenimiento, y cualquier persona que trabaja con sistemas basados en PLC. Pueden ser utilizados para controlar, supervisar y mostrar los procesos tecnológicos, infraestructura, sistemas e instalaciones industriales. Estas aplicaciones diseñadas para ser utilizadas en ingeniería, electrónica, electricidad, arquitectura, topografía, resistencias de materiales, diseño industrial y mediciones en general pueden encontrarse también en el Market de Android.

Hacia una energía solar más flexible y accesible para todos

Los paneles solares de plástico impreso se perfilan como una alternativa al silicio. Con mayor rendimiento, podrán ser integrados en edificios y en dispositivos móviles

Numerosos investigadores están canalizando sus esfuerzos en las llamadas células solares orgánicas. Estas células están fabricadas a partir de polímeros orgánicos, como ciertos tipos de plástico, que tienen las mismas propiedades de conducción que el silicio pero que pueden ser impresos o adheridos sobre casi cualquier tipo de material. Los paneles solares compuestos por células orgánicas son más económicos, menos pesados y más fáciles de instalar, aunque presentan el inconveniente de tener aún una baja eficiencia.

El proyecto europeo que quiere hacer realidad esta alternativa se llama Sunflower y cuenta con la financiación de más de 11 millones de euros del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea. En la iniciativa colaboran investigadores de Bélgica, Francia, Alemania, Italia, España (Universidad Jaime I de Castellón), Suecia, Suiza y Reino Unido.

Las celdas fotovoltaicas de plástico impreso forman parte de la generación más novedosa de tecnologías para la obtención de energía solar. No obstante, aunque hasta ahora esta nueva tecnología ha representado un progreso positivo y en la dirección correcta, queda mucho trabajo por hacer en lo que se refiere a mejorar la eficiencia y la vida útil de los paneles. Ambos parámetros dependen principalmente del proceso y de la calidad y la interacción en el dispositivo multicapa de los componentes del sistema.

Los paneles de polímeros apenas alcanzan el 4% o 5% de eficiencia, pero tienen

TIENEN A SU FAVOR QUE PUEDEN SER ADHERIDOS COMO UNA CAPA ULTRADELGADA DE DOS POLÍMEROS SEMICONDUCTORES SOBRE CUALQUIER SUPERFICIE PLÁSTICA

a su favor que pueden ser adheridos como una capa ultradelgada de dos polímeros semiconductores sobre cualquier superficie plástica.

Los investigadores de Sunflower opinan que estos problemas se pueden resolver empleando máquinas de impresión a gran escala con las que producir en serie los paneles a partir de rollos de materiales flexibles.

Desafío

El consorcio PIEM (Bélgica) y Plextronics (EE UU) anunció que esperan desarrollar para 2012 células solares orgánicas con una eficiencia promedio del 8% y con una vida útil de cinco años. El mayor desafío en el desarrollo de tan alto rendimiento es optimizar la absorción de los materiales eléctricamente conductores.

Un equipo de investigadores dirigido por Yang Yang, de la Universidad de California en Los Ángeles, consiguió producir una célula fotovoltaica plástica que convierte el 10,6% de la energía solar en electricidad. El resultado fue certificado por el U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory (NREL). El récord anterior del 8,6% estaba en manos del mismo equipo.

En palabras del coordinador del proyecto Sunflower, Giovanni Nisato, del Centro Suizo de Electrónica y Microtécnica (CSEM): "Tenemos la ocasión de desarrollar una tecnología óptima para la fabricación en la UE, por su elevado grado de automatización, la necesidad de personal muy cualificado, el bajo consumo de energía que entraña y la gran proximidad a los proveedores y los mercados".

Aplicación de un panel solar de plástico en un móvil.
Foto: Samsung



Urbes para una vida mejor

En 2050 el 75% de la población vivirá en ciudades. Arquitectos e ingenieros tienen el reto de diseñar ciudades *inteligentes* capaces de ahorrar agua y energía, evitar atascos y reducir la contaminación

Manuel C. Rubio

Farolas que se encienden cuando hay peatones, sistemas de riego de parques y jardines que permiten ahorrar agua y tecnologías de gestión del tráfico que ayudan a evitar los atascos y a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. La tecnología y el urbanismo unidos para hacer la vida más fácil a los ciudadanos y para conseguir que los grandes núcleos de población sean más sostenibles. No es ciencia-ficción. Son las ciudades inteligentes o *smart cities* y España ya cuenta con destacados ejemplos.

En un mundo en el que una de cada dos personas vive en las ciudades, un porcentaje que según Naciones Unidas llegará al 75% en 2050 y que en el caso de España ya alcanza a 8 de cada 10; en el que medio millar de urbes dan cobijo a más de un millón de habitantes, y en el que estos grandes espacios urbanos son responsables del consumo de dos tercios de la energía mundial y de la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono, reinterpretar el papel de las ciudades del futuro se ha convertido en una apremiante necesidad. Supone todo un reto para arquitectos, urbanistas e ingenieros exigidos a plantear modelos urbanos más eficientes energéticamente y capaces de ofrecer a los ciudadanos mejores servicios a menor coste mediante soluciones innovadoras en movilidad, TIC, consumo energético o en la economía del conoci-

miento y la gobernanza con un objetivo muy claro: construir los mejores lugares para vivir y que a la vez resulten menos caros de gestionar.

Estas ciudades inteligentes, un concepto surgido hace dos décadas para tratar de solucionar los crecientes problemas de sostenibilidad que planteaban los espacios urbanos, aglutinan pues todas las características asociadas al cambio organizativo, tecnológico, económico y social de una ciudad moderna. Son el resultado de la colaboración entre Ayuntamientos y empresas tecnológicas con el firme propósito de que sea el propio ciudadano el que, con la tecnología que encuentre a su alcance, obtenga y gestione los servicios de la ciudad.

Compartir experiencias

En nuestro país, el impulso a estas urbes del futuro está liderado por La Red Española de Ciudades Inteligentes (RECI), una iniciativa de la que en la actualidad forman parte 23 capitales españolas dispuestas a compartir experiencias, generar sinergias y evitar duplicidades para lograr una gestión más eficiente de las infraestructuras y servicios públicos urbanos mediante el uso de las nuevas tecnologías. Con sede permanente en Valladolid, esta alianza acaba de presentar en su última reunión algunas propuestas singulares, como la creación de una tarjeta de recarga

de vehículos eléctricos útil en todo el país, el diseño de una aplicación tecnológica para los servicios sociales y el proyecto para facilitar a las personas sordomudas sus trámites en los Ayuntamientos.

Pero también hay propuestas tangibles. Según un reciente estudio de la auditoría IDC sobre 44 ciudades españolas con más de 150.000 habitantes, las cinco ciudades más inteligentes con proyectos ya en funcionamiento son Málaga, Barcelona, Santander, Madrid y San Sebastián.

La capital de la costa del Sol ha sido la pionera en el desarrollo de un proyecto de ciudad ecoeficiente basado en la integración de fuentes de energía renovable en la red eléctrica con el objetivo de conseguir un ahorro del 20% en energía en Playa de la Misericordia, una zona con 12.000 hogares.

Barcelona, por su parte, destaca por su adopción de las TIC y las soluciones de movilidad en el transporte urbano, con el desarrollo del proyecto LIVE (Logística para la Implementación del Vehículo Eléctrico) como referencia, mientras que Santander se ha posicionado como una muestra realista para la experimentación y evaluación del Internet del futuro y de las cosas mediante el proyecto *SmartSantander* y el despliegue de 20.000 sensores orientados al control medioambiental y de tráfico, la eficiencia en el transporte público y la gestión de los residuos urbanos.

En el caso de Madrid, la mayor economía nacional y la decimocuarta ciudad con más poder económico del mundo, las principales actuaciones inteligentes llevadas a cabo se enmarcan en el Centro Integrado de Servicios de Emergencia (Cisem), que moderniza y coordina todos los servicios de emergencia. De esta forma, SAMUR, bomberos y policías municipales se integran en un mismo centro de control, mejorando así su tiempo de respuesta, que ha disminuido en los últimos años el 25%.

El listado de las cinco primeras ciudades inteligentes españolas lo cierra San Sebastián, municipio que ha puesto especial énfasis en los servicios y la movilidad a partir de cuatro ejes estratégicos: diseño en DSS, personas y valores, ciudad conectada y vivir y disfrutar.

Imagen de Singapur durante el I Sustainable Light Art Festival en Marina Bay en 2010, durante el cual se iluminó el cielo con el uso de luminarias de alta eficiencia. Foto: Shutterstock



Apagar o mantener encendidas las luces

Las ventajas de las bombillas de bajo consumo frente a las incandescentes tradicionales son muchas, pero para ello es preciso que se haga un uso adecuado de estas lámparas fluorescentes

Pura C. Roy

Las lámparas fluorescentes compactas, popularmente conocidas como “bombillas de bajo consumo”, en inglés CFL, funcionan de forma similar a las lámparas fluorescentes de tubo. Por su larga duración, menor consumo y por moderar el impacto medioambiental que tienen, están llamadas a sustituir a las bombillas incandescentes.

Muchas son las virtudes que se les otorgan. Las bombillas de bajo consumo duran hasta 10 veces más y solo cuestan siete veces más. “10 veces más” significa hasta 10.000 o 12.000 horas, que equivale a entre 5 y 10 años para un uso medio de tres horas al día a lo largo de todo un año. Las versiones *long-life* de algunos fabricantes pueden llegar a duplicar esta duración.

Pero también hay dudas sobre su correcto uso. La mayoría de los consumidores se han planteado alguna vez si es conveniente o no apagar una lámpara fluorescente de ahorro de energía para conseguir tanto ahorro energético como por criterios ecológicos. El usuario necesita conocer si ha de apagar la lámpara cuando sale de la habitación o, por el contrario, es conveniente dejarla encendida de modo indefinido. Los hábitos de consumo, para obtener la vida útil de la lámpara, pueden modificarse si se dispone de la información necesaria.

Recomendaciones

Un grupo de investigadores del Ciemat y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) que estudiaron la forma más eficiente de utilizar las lámparas fluorescentes concluyen que no es recomendable apagarla si se va a volver a encender antes de transcurridos cinco minutos. Incluso, añaden que el tiempo óptimo de apagado es de, al menos, tres cuartos de hora. Tanto el CIE-MAT como la ETSIT en el ámbito universitario, son organizaciones que desarrollan proyectos dirigidos a la reducción del impacto ambiental y del coste económico de diferentes tecnologías. Precisamente, la iluminación y, en concreto, la iluminación con lámparas fluorescentes, es una de las aplicaciones cuyo impacto ambiental y



Lámpara fluorescente compacta con balasto integrado. Foto: Ciemat

coste económico son más susceptibles de reducirse. Encender y apagar frecuentemente la lámpara ahorradora de energía en cada entrada y salida de una habitación no es recomendable pues dispara tanto las emisiones como el coste económico.

ENCENDER Y APAGAR
FRECUENTEMENTE
LA LÁMPARA DE BAJO
CONSUMO NO ES RECOMEN-
DABLE, PUES DISPARA
TANTO LAS EMISIONES
COMO EL COSTE ECONÓMICO

Para poder disponer de todos los datos que han permitido a los investigadores concluir lo anterior, es imprescindible matizar que las estimaciones realizadas se basan en la definición de tres modelos de lámpara ahorradora de energía, de calidades buena, intermedia y mala según sus tiempos de vida asociados. Se han estimado las emisiones de gases de efecto invernadero y de mercurio teniendo en cuenta las emisiones asociadas al consumo de electricidad en la

fabricación de las lámparas, así como las emisiones asociadas al consumo de electricidad por el uso de las lámparas en España. Además, se tuvo en cuenta el contenido de mercurio de las lámparas ahorradoras de energía y la eficacia de las redes de reciclaje de lámparas fluorescentes en España. El coste económico se basa en la relación del precio de adquisición y en el coste del consumo energético.

Implicaciones para la salud

Recientemente, se ha abierto el debate sobre las implicaciones que las bombillas de bajo consumo pueden tener para la salud, debido, principalmente, al contenido de mercurio. Por ello, además, si el usuario está interesado en reducir las emisiones de mercurio asociadas al uso de la lámpara, es recomendable que apague la luz al salir, si no prevé retornar a la habitación antes de 43 minutos.

A pesar de contener mercurio gaseoso, la OCU no considera peligrosas estas lámparas, pues sus técnicos no han detectado pérdidas durante su funcionamiento. El mercurio solo es un problema si la bombilla se tira al cubo de basura en lugar de llevarla a reciclar o si se rompe de forma accidental.

>> Pantalla plana de bajo consumo para aplicaciones industriales

Avalue Technology, empresa representada en España por Anatronc, ha anunciado el APC-18W5, su nuevo panel PC con un diseño estiloso de grado industrial que es ideal para múltiples aplicaciones.



El APC-18W5 se distingue por una pantalla plana multitouch capacitiva de 18,5", un procesador Intel Atom D525 Dual-Core de alto rendimiento y bajo consumo y memoria DDR3 de 1 GB (ampliable a 4 GB).

Este sistema cuenta con una función de control automático de modulación de ancho de pulso (PWM), por lo que puede ajustar automáticamente el brillo de *backlight* mediante led para mejorar la eficiencia energética. También dispone de botones programables en el frontal para adecuarse a las necesidades de cada proyecto.

La parte trasera incluye un puerto COM, dos puertos USB, un puerto Gigabit Ethernet, teclado / ratón PS2, salida de línea y un puerto VGA para dirigir un segundo display. El sistema puede soportar USB y wifi adicionales, así como implementar expansiones a través de dos *slots* Mini-PCle. Este panel PC sin ventilador facilita las tareas de limpieza con un frontal IP55 y soporta montaje VESA (con compatibilidad con numerosos accesorios).

Anatronc. Tel. 913660159
Correo-e: info@anatronc.com
www.anatronc.com

>> Kits de protección de conexiones en aplicaciones inalámbricas

3M anuncia sus kits de impermeabilización que, ofreciendo una de las mejores protecciones para conexiones de operadores de redes móviles, hacen frente a cualquier tipo de inclemencia meteorológica y se convierten en una solución fundamental para garantizar el buen funcionamiento de la red a lo largo del tiempo.



Diseñados para nuevas instalaciones o tareas de mantenimiento de las actuales estaciones base, los dos kits Wireless Weatherproofing responden a aplicaciones de uso general (WK-100) y entornos con temperaturas muy bajas (WK-101). El Scotch Cold Weather Wireless Weatherproofing Kit WK-101, que es ideal para trabajar en entornos de hasta -18 °C, incluye cinta eléctrica de aislamiento de vinilo de alta calidad Scotch Super 33+.

El uso de butilo autosoldable, junto con cintas adhesivas de vinilo de elevada calidad, facilita la labor de instaladores y técnicos de campo, ya que pueden crear un sellado impermeable para

proporcionar una excelente resistencia ante diversos factores ambientales, como agua, condensación, rayos ultravioleta y luz solar, en un amplio rango de temperatura. Además, cada kit ayuda a incrementar la flexibilidad de la red al ser compatible con un gran número de tamaños de cable y configuraciones de dispositivo.

3M. Tel. 913 216 000
www.solutions.productos3m.es

>> Bandeja de empalme de 24 fibras para alojar en cajas murales y paneles de parcheo

Cmatic, empresa dedicada a la distribución de soluciones para redes LAN, ha desarrollado una nueva bandeja de empalme que, destacando por su facilidad de uso y *holders* giratorios, es ideal para cajas murales y paneles de parcheo.



Este modelo con *pathway* externo redefine el concepto de bandeja de empalme, al combinar gestión de fibra y control del propio empalme en un solo producto. La nueva bandeja de Cmatic, que mide 168 (ancho) x 124 (profundidad) x 13 (altura) mm y pesa unos 81 gramos, permite acomodar en su interior hasta 24 empalmes con protectores de cordón de cableado (*heat shrink*) o estilo alemán (crimpado) y fibras de 250 o 900 µm.

La bandeja dispone de canales de *routing* con el objetivo de evitar el exceso de cable de fibra entrante o saliente y se puede montar a través de protectores adhesivos, DIN o tornillos.

Realizada en material ABS de color azul, esta solución innovadora es conforme a los estándares TIA / EIA 568.C, ISO / IEC 11801 y EN50173, y supera las normativas IEC60304, IEC61754 y EN297-1. También es compatible con las normativas RoHS y Reach / SVHC.

Cmatic. Tel. 916726508
Correo-e: info@cmatic.net
www.cmatic.net

>> Nueva gama de compresores rotativos de tornillo para la reducción del coste energético

CompAir ha lanzado una nueva gama de compresores rotativos de tornillo -L23-L29- de velocidad constante y regulada para completar y mejorar su oferta de 22 a 30 kW. Estos compresores, desarrollados como respuesta directa a los requisitos del mercado, aportan nuevos caudales a la gama CompAir. De esta manera, los clientes disponen de una gama más amplia en la que seleccionar el caudal óptimo para su aplicación, mejorando así la eficiencia de la instalación y reduciendo el consumo de energía y el coste de explotación.

El 80% del coste de explotación de un compresor corresponde a la electricidad por lo que los operadores deben esforzarse al máximo para reducir el consumo. La nueva gama L23-L29

ofrece una serie de ventajas diseñadas para mejorar la eficiencia energética sin poner en riesgo el rendimiento.

Los compresores, disponibles como modelos de velocidad constante y regulada, ofrecen filtración en dos etapas para garantizar aire de alta calidad. Los modelos de velocidad regulada incluyen la tecnología de inversores de CompAir, que garantiza la subida y bajada de velocidad del compresor en función de la demanda de producción. Así, el compresor solo consume la energía necesaria. Un elemento de compresión de baja velocidad de rotación reduce el coste energético. Además, todas las unidades incluyen un motor eléctrico IE3 de alta eficiencia que reducen las emisiones.

Los compresores de esta gama, incluyen el controlador inteligente Delcos Pro para supervisar de forma permanente los parámetros de funcionamiento. Delcos Pro ofrece toda una variedad de información de gestión que incluye presión, temperatura de aceite, horas totales de funcionamiento e indicador de mantenimiento, entre muchos otros datos, así como entradas y salidas programables y la posibilidad de controlar equipos adicionales. Va acompañada de un secador y separador de agua, así como, de drenajes sin pérdida para eliminar la costosa pérdida de aire. Los costes de instalación también son inferiores si se comparan con los de un secador convencional autónomo. Todos los compresores de la serie L se suministran con la ampliación de garantía Assure de CompAir gratuita de hasta 44.000 horas o 6 años.

Compair

www.compair.com

>> Amplia variedad de tubos flexibles y racores que pueden destinarse a usos diversos

La entidad francesa I.F.T. (Industrie du Flexible Technique) del Grupo Omerin acaba de anunciar el lanzamiento al mercado europeo de sus gamas de tubos flexibles anchos, técnicos e innovadores: Ezyflex: muy polivalente puede destinarse a usos diversos en la construcción (fontanería, sanitarios o calefacción). Ekoflex está especialmente concebida para las instalaciones de calefacción tradicional. La gama Climflex de tubos flexibles y racores está pensada para sistemas de climatización o refrigeración (*split*, compresores).



Sea en aplicaciones domésticas sea en el sector de las energías renovables, I.F.T. propone una amplia variedad de tubos flexibles y racores. Para agua, aire, vapor, fuel o gases refrigerantes, los profesionales pueden elegir el tubo más adecuado, por ejemplo, de la gama Ezyflex: EPDM, Butilo, Silicona, Nitrilo, y su trenzado en acero inoxidable, textil o galvanizado.

Utilizada desde hace muchos años en Alemania y en el norte de Europa, la gama Ezyflex se ha completado recientemente con Ezyflex PE-HD, un tubo resistente al impacto del cloro que garantiza el suministro de agua caliente y fría en hospitales y colectividades. Gracias a su dominio de los procesos de fabricación, I.F.T. controla todas las etapas desde el diseño, el montaje, el engaste de los empalmes, hasta la producción de ensamblajes o racores especia-

MEDIO AMBIENTE

El diseño puede dar una vida bella a las miles de toneladas de neumáticos reciclados

Un neumático tarda alrededor de 600 años en degradarse. En España más de 300.000 toneladas de neumáticos se acumulan y no se reciclan. Sin embargo, los céspedes artificiales, los pavimentos deportivos, las pistas de atletismo y el aislamiento acústico, son algunos usos que se han dado al caucho reciclado. Por otro lado y poco a poco, surgen iniciativas de diseñadores que comienzan a utilizar material reciclado para sus creaciones. Un ejemplo es el caso Deconsient, ideado por Alex Fernandez Camps y Germán Rubio para la compañía Durbanis. Se trata de un asiento formado por neumáticos de coche triturado, en el interior, y un recubrimiento de EPDM en el exterior. Esta cobertura la usan para evitar que el neumático desprenda algunas sustancias contaminantes al ser expuesto a la radiación ultravioleta.

Las empresas deben seguir trabajando para conseguir un futuro sostenible

Los costes que imprime el cambiante medio ambiente en las empresas aumentaron el 50% entre 2002 y 2010, de 566 a 846 millones de dólares, y se estima que se duplicarán cada 14 años, según un informe que evalúa la constricción de recursos y los negocios sostenibles. El estudio, titulado *Expect the Unexpected: Building Business Value in a Changing World*, señala cómo se verá afectado el crecimiento de las empresas en el ámbito global durante los próximos 20 años.

Las variables globales que tomar en cuenta que identifica, además del cambio climático, son energía y combustible, escasez de materias primas, de agua, aumento de la población y de la clase media, debilitamiento de los ecosistemas, seguridad alimentaria, urbanización y deforestación. La recomendación del documento apunta a que las empresas adopten un papel más decisivo en el desarrollo de soluciones que ayuden a conseguir un futuro más sostenible.

Sistema para cargar un vehículo eléctrico desde cualquier punto de suministro

El Proyecto Premisa, realizado a través de un consorcio formado por Uriarte Safybox, Zigor Corporación y el Centro Fedit ITE como promotor del proyecto, tiene el objetivo de actualizar y hacer más ágil el proceso de recarga de los vehículos eléctricos con un sistema móvil que permita cargar desde cualquier punto de suministro, no preparado expresamente, pero sí autorizado por la compañía eléctrica. Además, este sistema pretende ser compatible con las diferentes tecnologías de recarga existentes. Uno de los retos de Premisa es gestionar adecuadamente con conexiones en diferentes lugares y en distintos periodos de tiempo, a niveles de potencia que no excedan los permitidos en el punto de suministro autorizado. Desde el Centro Fedit ITE, se han marcado como reto llegar a una tecnología de gestión activa de la demanda, similar a una *smartgrid*, que cuenta con un nivel de inteligencia elevado. En concreto, con nuevos sistemas para la autenticación, comunicaciones y gestión de los flujos de energía para la recarga en función de las previsiones de tiempo.

les. Otra de las ventajas de I.F.T. es que entrega sus productos ensamblados o sueltos en función de las necesidades del cliente.

I.F.T

www.groupe-omerin.com

>> Acelerómetro con sensor de reconocimiento de movimiento embebido

STMicroelectronics, fabricante de Sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS), ha introducido el modelo LIS3DSH, el primer acelerómetro de alta resolución de tres ejes con dos "máquinas finite-state" embebidas.



Estos bloques programables aportan capacidades de reconocimiento de movimiento en el interior del sensor, contribuyendo decisivamente a minimizar la complejidad del sistema y el consumo de energía en teléfonos móviles y otros dispositivos inteligentes.

Por tanto, gracias al nuevo acelerómetro MEMS, los usuarios pueden responder una llamada, subir o bajar el volumen y acceder a múltiples aplicaciones (como el podómetro) mediante un movimiento concreto.

Al trasladar la funcionalidad de programación al propio sensor, las máquinas *finite-state* ayudan a implementar aplicaciones a medidas basadas en detección de movimiento y a reducir la carga de trabajo del microprocesador. Estos programas básicos identifican tanto gestos específicos, ya definidos en el *firmware* del sensor, como acciones asociadas.

El LIS3DSH de ST también se caracteriza por una salida extremadamente precisa en toda la escala de ± 2 g, ± 4 g, ± 8 g y ± 16 g, elevada estabilidad, modos *power-down* y *sleep*, bloque de memoria FIFO, sensor de temperatura y función *self-test*.

STMicroelectronics Iberia. Tel. 914051615

www.st.com

>> Sistema portátil de medida de radios incluso en condiciones ambientales extremas

Las radios de FM se emplean en muchas áreas, entre las fuerzas de defensa, los departamentos de Policía, bomberos e incluso en las plataformas petroleras. Con los nuevos sistemas de medida portátiles R&S CTH100A y R&S CTH200A de Rohde & Schwarz, los usuarios pueden rápidamente comprobar si sus radios de FM funcionan correctamente. Estos sistemas, fáciles de manejar y de tamaño bolsillo, son ideales para medidas rutinarias.



La familia R&S CTH de sistemas portátiles de medida de radio ha sido diseñada para realizar medidas en campo rápidas y sen-

cillas en las radios analógicas de FM. Ambos sistemas de medida llevan a cabo medidas de frecuencia y potencia en transmisores y receptores. El R&S CTH200A también detecta fallos en el cableado entre la radio y la antena y realiza medidas en el aire. De esa forma, los usuarios pueden comprobar el funcionamiento de sus radios justo antes de usarlas.

Estos sistemas compactos, operados por batería, de 4,05" x 7,95" x 1,45" (103 mm x 202 mm x 37 mm) pesan solo 540 g. Gracias a su resistente carcasa a prueba de agua, conforme al IP54, estos sistemas pueden emplearse en cualquier lugar, soportando las condiciones ambientales más extremas. Solo hay que conectar la radio o la antena y pulsar unas pocas teclas para realizar las pruebas de *go/no go*. Todos los resultados, configuraciones y la información del estado aparecen claramente visibles en pantalla. El resultado es una solución práctica tanto para los organismos públicos de seguridad como para el sector de defensa.

Rohde-Schwarz

www.rohde-schwarz.com

>> Línea de calzado que ofrece una elevada protección para el trabajador

La empresa Paredes Seguridad ha completado la línea de calzado de seguridad con la incorporación de varios modelos. De esta manera, la firma ha compuesto una completa familia que ofrece una elevada protección para el trabajador (gracias a su puntera de composite y a su plantilla antiperforación no metálica, entre otros). Sus cuatro miembros, el zapato Grafito, la bota Acero, el zapato de serraje perforado Osmio III y la bota de soldador Coltán, han sido diseñados bajo la filosofía de protección, calidad y ergonomía que caracterizan a todos los modelos del catálogo de Paredes Seguridad, pero cada uno mantiene sus características personales y sus propiedades concretas.



El zapato Grafito y la bota Acero han sido fabricados con horma ancha, carecen de componentes metálicos y destacan por su ligereza y su comodidad. Acero y Grafito cuentan con un forro interior High Dry con un alto poder de absorción y secado rápido, y su planta antiperforación Compact supone un avance más de Paredes Seguridad, ya que permite una mayor movilidad y flexión del pie en cualquier situación. Su suela de poliuretano compacto es ideal para cualquier tipo de terreno y condiciones climatológicas y ha obtenido unos excelentes resultados de anti-deslizamiento SRC y de absorción de la energía en el talón. Además, tanto la bota como el zapato han sido fabricados con una plantilla interior de EVA con PU que disminuye la fatiga de toda la jornada laboral, lo que permite ofrecer el máximo confort y hacer que el pie del trabajador se mantenga como nuevo incluso después de un duro día de trabajo. Dos modelos de altísimas prestaciones que, entre otras muchas profesiones, puede ser utilizado en centros logísticos, laboratorios o grandes superficies.

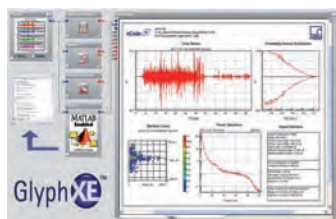
Por su parte, Coltán es una bota que se puede utilizar tanto en espacios interiores como en exteriores. Con un contrafuerte sobredimensionado que ofrece una elevada protección en los tobillos y en la zona trasera del pie, la bota Coltán ha sido fabricada con una suela de doble densidad que ofrece una gran absorción de *shock*, gracias al poliuretano expandido de su parte superior y al poliuretano compacto de su piso. Completamente libre de elementos metálicos, al igual que sus otras dos referencias compañeras, la bota cuenta con un forro High Dry y una puntera Compact resistente a impactos de más de 200 julios. Este calzado es toda una máquina de protección en el trabajo, cuyo uso se recomienda tanto a soldadores como a los trabajadores de la industria, la calderería, la construcción y a un enorme abanico de profesionales.

Por último, y con un diseño completamente diferente al del resto de su familia, el zapato Osmio III es un auténtico todoterreno diseñado para todo tipo de trabajos (industria, agricultura o ganadería). Es una referencia cuyas altas prestaciones le permiten ser un modelo ideal tanto para interiores como para exteriores. Fabricado en un serraje azul con perforaciones en el corte para facilitar la transpirabilidad y aireación del pie, Osmio III cuenta con una plantilla antiperforación Compact no metálica que permite una gran flexión y movilidad en el pie, lo que le otorga una comodidad extrema. Además, sus perforaciones laterales y en el empeine le permiten una total transpiración y una extraordinaria adaptación al pie, característica que convierte a Osmio III en un buen zapato para el verano.

Paredes. Tel. 966 630 052
www.paredesseguridad.es

>> Nueva versión del 'software' GlyphXE de análisis de datos medidos para informes automatizados

HBM, fabricante de equipos y componentes para la medida de magnitudes mecánicas y pesaje, anuncia la disponibilidad de la nueva versión 3.0 del software GlyphXE™ para el análisis de datos medidos.



Este potente software fácil de usar permite realizar evaluaciones claras con la intención de generar informes de manera rápida y eficiente. Su peculiaridad reside en la aplicación de reproducción de los pasos definidos en el análisis, lo que garantiza unos resultados "comparables".

La versión 3.0 introduce numerosas características innovadoras, como integración directa de documentos MATLAB, análisis en el campo de las máquinas rotativas, soporte para archivos de vídeo SOMAT SIE, mayor facilidad de uso y documentación en línea "sensible" al contexto.

Con la integración de MATLAB, el estándar utilizado para los cálculos matemáticos y el modelo basado en el desarrollo de la compañía MathWorks™, el usuario puede utilizar algoritmos MATLAB como parte de un análisis en GlyphXE™.

CIENCIA

Un nuevo material imita las propiedades exóticas del grafeno

Un equipo con participación del investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Francisco Guinea ha conseguido fabricar un material que imita las propiedades exóticas del grafeno. El trabajo, que aparece publicado en el último número de la revista *Nature*, abre la vía para sintetizar a gran escala materiales con propiedades cualitativamente similares al grafeno y disponer de nuevos dispositivos a medida. Estas particularidades se han reproducido ahora colocando moléculas de óxido de carbono (CO) "en posiciones adecuadas" sobre una superficie de cobre. Sirviéndose de un microscopio de barrido electrónico, los científicos lograron "empujar" estas moléculas. La propagación de los electrones a lo largo de la superficie de cobre se vio modificada por las moléculas, lo que dio como resultado propiedades cualitativamente similares a las del grafeno.

Detectado un nuevo barión que se suma a las partículas encontradas por el LHC

Investigadores del experimento CMS del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) en el CERN han confirmado la existencia de una nueva partícula compuesta. Tras analizar los datos de colisiones a 7 TeV durante 2011 (con una 'luminosidad integrada' de unos 5,3 femtobarn inversos), CMS ha descubierto con significación estadística (más de 5 sigmas) una partícula nueva para la ciencia: un barión del tipo 'beauty' llamado Ξ_b^{*0} . De entre los miles de millones de colisiones registradas por CMS en 2011 se han encontrado solo 18 colisiones en que esta partícula se ha producido. Esto da una idea de la complejidad de los análisis de física realizados con la ingente cantidad de datos obtenida en el gran colisionador. El nuevo barión se suma a una lista creciente de descubrimientos en el CERN durante los últimos meses.

Demostrar una conjetura enunciada por el famoso matemático John Nash

El European Research Council (ERC) es el primer organismo paneuropeo que financia investigación científica de vanguardia. Creado en 2007 para estimular la excelencia investigadora en Europa, el ERC celebra ahora su quinto aniversario editando una publicación en que destaca a 27 de los más de 2.500 científicos de 53 nacionalidades cuyos proyectos ha financiado. Entre ellos —el único matemático destacado— está Javier Fernández de Bobadilla, del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT). Uno de los resultados de su proyecto ERC es la demostración de una conjetura enunciada por el famoso matemático John Nash. Para Helga Nowotny, presidenta del ERC, la publicación, titulada *5 years of excellent IDEAS*, es una manera de rendir tributo a investigadores "apasionados y dedicados" cuyos proyectos "contribuyen a aumentar nuestro conocimiento y nuestra calidad de vida". Los proyectos que obtienen fondos del ERC —"generosos y a largo plazo", dice Nowotny— son los que superan el más duro y competitivo proceso de selección en Europa en lo que a financiación de la ciencia se refiere.

Por lo tanto, el *software* se beneficia de la combinación de la potencia de cálculo de MATLAB con el marco de GlyphXE™ para gestionar y leer datos, visualizar los resultados y crear informes automatizados.

Y, gracias a la compatibilidad con archivos de video SOMAT SIE, los datos registrados mediante el sistema de amplificación de medidas eDAQ se pueden analizar de forma sincrónica a los datos de video grabados paralelamente. La página web de HBM (www.hbm.com/glyphxe) ofrece una versión de demostración para su descarga.

HBM Ibérica. Tel. 918 062 610

Correo-e: info@es.hbm.com

www.hbm.es

>> Medición lineal de distancia para cilindros neumáticos de hasta 256 mm

Sick amplía aún más la familia MPS: ahora estos sensores de posición magnéticos con doble salida analógica (salida 0..10 V y 4..20 mA en todos los modelos) son capaces de detectar carreras de hasta 256 mm. Todos los sensores ofrecen un excelente rendimiento gracias a su flexibilidad, facilidad de uso, precisión y velocidad.



Con diferentes modelos con carcasas entre 32 y 256 mm con saltos de 32 mm, la familia MPS ofrece la máxima flexibilidad para detectar la posición del pistón. El resultado es que no es necesario ocupar las ranuras en T del cilindro con multitud de sensores para puntos de conmutación específicos, evitando tener que ajustarlos mecánicamente. Además, la familia MPS permite seleccionar libremente la dirección de instalación, lo que garantiza una posición óptima de la toma de cable.

Los sensores MPS de Sick se instalan y se configuran en cuestión de minutos. Se colocan desde arriba en todas las ranuras en T habituales, facilitando enormemente su instalación y se fijan firmemente mediante dos tornillos. Los puntos inicial y fin de carrera se ajustan mediante un botón de aprendizaje en el lugar que se quiera de la zona de detección. El led de estado facilita la puesta en funcionamiento al mostrar la posición actual del émbolo. En caso de sustitución del producto, los nuevos puntos de conmutación se definen mediante el controlador, haciendo innecesario ningún ajuste mecánico.

El ajuste eléctrico de la distancia de medición proporciona una resolución y linealidad óptimas para cualquier longitud estructural. Debido a que el diseño de la carcasa también minimiza los puntos ciegos, es posible utilizar toda la carrera del pistón, siendo muy útil especialmente en cilindros de carrera corta.

Todos los MPS ofrecen una velocidad de detección de 0,5 ms, así como una resolución de 50 µm. Por tanto, las máquinas con ciclos rápidos también pueden beneficiarse de la medición de distancia precisa.

Sick

www.sick.com

>> Etiquetadora para imprimir de forma inalámbrica desde un ordenador o teléfono

Cmatic, empresa dedicada a la distribución de soluciones para redes LAN, anuncia la disponibilidad de la etiquetadora BMP51 de Brady, un modelo versátil para responder a los requerimientos de impresión de



numerosos entornos. Esta etiquetadora portátil proporciona una impresión nítida con enorme eficiencia en instalaciones eléctricas y de comunicaciones de datos, laboratorios y aplicaciones de identificación y seguridad.

El modelo BMP51 ofrece diversas posibilidades de conectividad, como USB, tecnología Bluetooth, Ethernet y una tarjeta wi-fi opcional, para poder imprimir de forma inalámbrica desde cualquier ordenador o dispositivo Android. La conexión Bluetooth integrada en la Brady Network Card facilita la comunicación con Brady Mobile, la nueva aplicación móvil que permite a los técnicos diseñar, editar e imprimir etiquetas a través de teléfonos inteligentes.

Esta etiquetadora de transferencia térmica con teclado QWERTY se distingue por una resolución de 300 dpi y una velocidad de 1" por segundo en una amplia variedad de materiales (casi 200) y troquelado con un ancho de hasta 1,5". El display LCD indica el color de la etiqueta y el tamaño y el tipo de letra. La Brady BMP51, que se puede utilizar como una solución autónoma o conectada a un PC, posee unos cartuchos fáciles de cambiar, ya que contienen tanto el material de la etiqueta como la cinta. Además del nuevo diseño de los cartuchos, esta impresora también se caracteriza por una cortadora y conectividad USB para poder beneficiarse de las prestaciones del *software* LabelMark. En cuanto a la alimentación, este modelo portátil aporta varias opciones. Dependiendo de los requerimientos de cada aplicación, la etiquetadora puede funcionar con pilas AA, adaptador AC o batería de litio-ion recargable.

Cmatic. Tel. 916726508

Correo-e: info@cmatic.net

www.cmatic.net

>> Máquinas a medida para tareas de enmangado y rebordeado de componentes

Agme fabrica máquinas a medida para el ensamblaje de componentes mediante operaciones de enmangado y rebordeado. En esta maquinaria especial se enmanga una horquilla sobre un tubo y, posteriormente, se rebordea.

El tubo se alimenta manualmente sobre un utillaje y, a continuación, la horquilla se coloca en el tubo ajustando la posición. Tras ser sujetado el tubo mediante una mordaza neumática, se realiza la operación de enmangado con control de fuerza y recorrido. Seguidamente, se desplaza el conjunto sobre una carro hasta la estación de rebordeado donde se lleva a cabo este proceso. Por último, se produce el retroceso del útil en carro, la liberación de la mordaza,

apertura de compuerta y descarga a rampa. Si la pieza no es correcta, en cualquiera de los procesos, el útil vuelve al operario, se abre la mordaza y se cierra el paso a la rampa de piezas buenas.

Este módulo está compuesto, entre otros elementos, por una estación de enmangado con una miniprensa hidráulica AGME MPH-1 y un grupo hidráulico MPH-5, una estación de rebordeado compuesta por una remachadora AGME modelo RR-20 y una estación de evacuación con una rampa de evacuación con doble túnel para piezas buenas-malas. La selección se realiza por un sistema de trampilla con sistema Reflex para detectar pieza mala.

Agme. Tel. 943121608

Correo-e: agme@agme.net

www.agme.net

>> Cámaras de calor versátiles que ofrecen altos estándares de calidad

Con el propósito de garantizar una vida útil prolongada de los productos, los sistemas de cámara de Orlaco se someten a una simulación precisa de envejecimiento. Para ello se emplean tres cámaras de calor Fed de Binder, puesto que resultan especialmente adecuadas para este fin. Las cámaras de calor versátiles de la serie Fed de Binder ofrecen una capacidad prácticamente ilimitada y resultan, al mismo tiempo, extraordinariamente adaptables. Gracias a las funciones ampliadas de temporización y al ventilador de regulación digital, es posible controlar a la perfección los parámetros de temperatura y la convección. Mediante la tecnología de cámara de precalentamiento APT.lineTM, es posible simular de un modo único las condiciones medioambientales naturales.

Orlaco es fabricante europeo de sistemas de cámara para vehículos utilitarios, carretillas elevadoras, grúas y barcos. Los sistemas de cámara Orlaco permiten a grandes barcos maniobrar con precisión en prácticamente todas las condiciones de visibilidad. Y también al soltar la carga, conductores, capitanes de barco y maquinistas de todo el mundo pueden mantener el control, en todo momento mediante ellas.

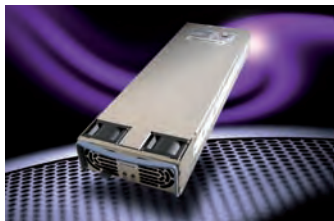
Binder

www.binder-world.com

>> Fuentes de alimentación para ser usadas entre otras aplicaciones en automatización industrial

TDK-Lambda ha ampliado su serie HFE de fuentes de alimentación *front end* AC-DC para rack 1U con la incorporación de nuevos modelos de 2,5 kW que, ofreciendo una densidad de 29 W por pulgada cúbica, están especialmente indicados para aplicaciones de arquitectura de potencia distribuida (DPA).

Todos los modelos HFE2500 poseen capacidades *current-sharing* y un MOSFET ORing interno para aumentar el aislamiento



I+D

Plataforma para conocer la labor investigadora de las universidades españolas

La Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) ha presentado el Observatorio de la actividad Investigadora de la Universidad Española. Se trata de una herramienta que permite conocer y analizar la I+D+i de las universidades públicas y privadas a través de seis dimensiones y 42 indicadores. La iniciativa ha sido coordinada por el Laboratorio de Estudios Métricos de la Información de la UC3M y se ha realizado en el marco de la Alianza 4 Universidades (A4U), integrada también por las universidades Pompeu Fabra, Autónoma de Barcelona y Autónoma de Madrid. Según los creadores del proyecto, el Observatorio IUNE es la plataforma más completa existente en la actualidad para valorar la actividad científica y de transferencia del conocimiento del sistema universitario español, "ya que incluye dimensiones que no son abordadas en otros rankings nacionales o internacionales".

Los parques tecnológicos de Euskadi son rentables

La Red de Parques Tecnológicos de Euskadi cerró el pasado ejercicio con un aumento de su facturación de un 5%, hasta los 3.706 millones de euros y un ligero incremento del empleo en sus instalaciones, cuyo personal aumentó de 14.418 a 14.436 trabajadores, según fuentes de estas entidades. La red está integrada por los parques tecnológicos de Álava, Bizkaia y San Sebastián y el Polo de Innovación Garaia. Según ha indicado en una nota el presidente de la Red de Parques Tecnológicos del País Vasco, Francisco Berjón, los datos de 2011 "permiten cierto optimismo" respecto a la situación de estas entidades, cuya "clave del éxito está en la investigación y la innovación, imprescindibles para mejorar la competitividad de las empresas". Según sus datos, el 31,25 % del gasto de I+D (investigación y desarrollo) del País Vasco y el 40,51 % del gasto que realizan las empresas vascas en I+D se realiza en los parques tecnológicos.

Comienza a funcionar el único banco de ensayos de palas de pequeños aerogeneradores de España

El CEDER-CIEMAT pone en funcionamiento un banco de ensayos de palas de pequeños aerogeneradores en sus instalaciones en Lubia (Soria). Este banco de pruebas se convierte, por tanto, en el único laboratorio que cuenta con la tecnología adaptada a los aerogeneradores de "hasta 100 kW", capaz de caracterizar las palas para optimizar los diseños de los fabricantes y validarlos según la normativa vigente. Las palas son las partes más importantes del aerogenerador, las encargadas de captar la energía del viento y transformarla en un movimiento rotativo, y al ser componentes de alta tecnología, son también críticas en cuanto a costes, diseño, fabricación y seguridad de funcionamiento, y por ello sus requerimientos de ensayo son altos. En los bancos de ensayos de palas se reproducen, por un lado las cargas más desfavorables que podrán sufrir a lo largo de su vida útil y, por otro, se simula aceleradamente la acumulación de daño o fatiga en los materiales que las componen.

con el objetivo de superar los requerimientos de reemplazo sin parar la carga (*hot-swap*) y redundancia en servidores, comunicaciones, almacenamiento de datos, *broadcast*, defensa (COTS), sanidad, control de proceso y automatización industrial.

Estas fuentes de alimentación, que operan desde una entrada de 85 a 265 Vac, se distinguen por una eficiencia de hasta el 93% que minimiza la disipación de calor y el consumo de energía. También es posible efectuar un ajuste del $\pm 20\%$ en la tensión de salida para adecuarse a necesidades específicas de aplicación.

La tensión de salida se puede programar en función de la resistencia, voltaje externo o PMBus (opcional) compatible con la interfaz de comunicación I²C. Y, la corriente de salida, por su parte, se determina teniendo en cuenta la tensión externa o el bus PM (opcional).

Los modelos HFE2500-12/24/48, con unas dimensiones de 325 x 107 x 41 mm, se utilizan individualmente o montan en un formato de *rack* 1U para desarrollar 10 kW. Hasta ocho unidades se pueden configurar en paralelo para formar un sistema de potencia redundante N+1 reemplazable sin parar la carga con corriente compartida. Además, un sistema *keying* previene ante la inserción errónea de módulos en *racks* contiguos con diferente tensión. Cada fuente de alimentación posee ventiladores con velocidad variable para dotar de un rango de temperatura de -10 a +70 °C.

La nueva gama también incluye protección ante elevación de tensión, corriente y temperatura. Para las tareas de control de sistema, existen señales de retorno para *DC OK*, *fallo-AC*, *elevación de temperatura* y *power supply present*. Las características se completan con ON/OFF remoto, monitorización disponible a través de la interfaz I²C opcional y alarma en caso de fallo de los ventiladores.

Las fuentes de alimentación *front end hot swap* TDK-Lambda HFE2500, que se presentan con tres años de garantía, cumplen con los estándares EN55022 y FCC Parte 15 Clase A (emisiones radiadas) y Clase B (emisiones conducidas), IEC61000-4-2, -3, -4, -5, -6, -8, y -11 (inmunidad) y EN / UL 60950-1 edición 2 con marcado CE.

TDK-Lambda

www.tdklambda.com

>> Termostatos de disco bimetálico ideal en aplicaciones con restricciones de espacio

Sensata Technologies, empresa representada en España por Anatron, ha anunciado la serie Airpax 5003 de termostatos bimetálicos *single pole / single throw* (SPST), que ofrece elevada precisión y conmutación fiable en un solo dispositivo. Esta serie, compatible con la directiva RoHS de la UE y el certificado *c Uus*, es ideal en aplicaciones (*sensing* en superficie y en aire) con restricciones de espacio. El ensamblaje básico de conmutación opera mediante un disco bimetálico con *snap-action* reforzada y positiva, que



garantiza una capacidad de repetición muy fiable. Este diseño de bajo perfil también aporta una excelente resistencia al choque y la vibración. La serie 5003 proporciona varias opciones de terminal y montaje para adecuarse a los requerimientos de cada aplicación. Por ejemplo, para operar en entornos con elevada humedad y *contaminación*, el termostato está sellado con una resina no volátil. Los modelos con diferencial estrecho están especialmente indicados en tareas de control, mientras que los que poseen diferenciales estándares se pueden utilizar con *switches* de límite de alta o baja temperatura.

Anatron

www.amatron.es

>> Gama de transformadores encapsulados que soportan temperaturas extremas

Schneider Electric, especialista en gestión de la energía, ha actualizado su oferta de transformadores Trihal, incorporando importantes novedades. Una de ellas es la incorporación de la nueva gama de transformadores encapsulados en resina, diseñada para garantizar las más altas prestaciones: C3, E3, F1, ≤ 5 pC. Los nuevos equipos de Schneider Electric ofrecen una tecnología de moldeo al vacío optimizada a base de resina cargada de un eficaz componente ignífugo y autoextinguible. La alúmina trihidratada es un medio natural exento de halógenos que asegura la resistencia al fuego del trihal y su autoextinguibilidad sin emisión de sustancias tóxicas y furanos.



La utilización de este componente y otros de alta tecnología asociados a la industrialización bajo un control 100% integrado permiten que los nuevos transformadores sean capaces de soportar una temperatura ambiente de hasta -50° C, resistan en una atmósfera muy contaminada con una humedad relativa de hasta el 95% (IEC 60076-16), muestren un excelente comportamiento ante el fuego y sin descargas parciales (ensayo especial según IEC60076-11).

Los transformadores Trihal han superado el test climático C3 y están preparados para soportar temperaturas extremas, llegando hasta los -50° tanto a nivel operativo como de almacenamiento y transporte. La prueba, que consistió en rebajar la temperatura hasta los -50° en un periodo de 8 horas y mantenerla durante 12 horas más, demuestra las grandes condiciones de resistencia del equipo de Schneider Electric. Los transformadores son capaces de autoextinguir cualquier pequeño incendio, además de ser equipos ignífugos que limitan la formación de gases y que no proporcionan energía calorífica a la fuente del fuego. El transformador Trihal es capaz de soportar una condensación casi total y una atmósfera muy contaminada, o una combinación de ambas, con un nivel de humedad superior al 95% y de acuerdo al nuevo estándar IEC 60076-16.

Schneider Electric

www.schneiderelectric.es

Convergencia

Todo depende de nosotros, los mortales. Decía Asimov que el ritmo de desarrollo de la ciencia ha sido tan rápido que nos ha posibilitado un gran conocimiento. De lo que se lamentaba el escritor es de que no hubiese corrido en paralelo con las posibilidades de sabiduría del ser humano. Pero esto no es culpa de la ciencia y la técnica, una crítica muy socorrida para algunos intelectuales cuando no son capaces de ofrecer novedad en su pensamiento. Se habla de la ciencia y la tecnología como si estas campearan a sus anchas en un universo paralelo y ajeno al devenir humano. Pero esto, lógicamente no es verdad; es una actividad que está en consonancia con la cultura y la conciencia. El oportunismo con el concepto "ciencia" tiene dos vertientes. Por un lado, se convierte en pátina o esnobismo de modernidad y, por otro, en la madre de todos los males.

Son constantes las disquisiciones para separarla del resto de las disciplinas que abordan el pensamiento. Las bestias negras de la humanidad son creaciones humanas, sean de científicos, economistas o escritores. Recientemente, Gilles Lipovetsky decía en Madrid que los males no estaban ni en la trivialización de la cultura como espectáculo, ni tampoco en lo que se ha dado en llamar "alta cultura". Somos más complejos; también deberíamos ser más sabios en nuestra temporalidad. Ningún tiempo pasado fue mejor. Lo que debemos pensar es qué nos hace mejores.

El pensador francés recordó que eso que se llama alta cultura no lo puede todo. "Piensen en el nazismo, surgió en la patria de Kant y Nietzsche. La cultura de masas ha liberado al individuo de los megadiscursos. Los ciudadanos no siguen los dictados de las autoridades como antes, buscan el placer y el hedonismo cultural, que los hace más felices porque tienen capacidad de elegir y construir sus propias vidas". Como dice Sébastien Charles en su introducción al libro *El imperio de lo efímero* y al pensamiento de Lipovetsky, el filósofo propone una versión de hipernmodernidad que quiere ser racionalista y pragmática y en la que la responsabilidad es la pieza clave en el porvenir de nuestra democracia.

En *La era del vacío*, Lipovetsky alega que "el clásico concepto de cultura, que diferenciaba entre la popular y la ilustrada, se ha desvanecido entre las redes y las nuevas tecnologías, y los campos de conocimiento empiezan a entremezclarse".

El individuo hipercontemporáneo, según Lipovetsky, es más autónomo, pero también más frágil que nunca en la medida en que

las exigencias se vuelven más grandes y pesadas. La libertad, la comodidad, la calidad y esperanza de vida no restan nada a lo trágico de la existencia y el hiperconsumo no es la panacea de la felicidad humana. Lo que caracteriza el espíritu de la época no es un *carpe diem*, sino más bien la inquietud ante un porvenir lleno de incertidumbres y riesgos.

Al miedo siempre le han interesado los brujos y los adivinos. Y tal vez, seguimos confiando en ellos, pero desde Galileo y Descartes ha progresado la idea de un mundo que obedece a las leyes racionales y esta transformación del utillaje mental en medios ilustrados siempre puede retroceder por el miedo. Este pensamiento se vierte en el libro *El miedo en occidente*, de Jean Delumeau, que bucea en este sentimiento, muy bien manejado por unos, para acorralar a otros.

En este presente imperfecto, parece que muchos planean un futuro imperfecto. La falta de sabiduría del ser humano, incluyendo en este apartado a los políticos, nos hace pensar que las transformaciones no son necesarias. Y tal vez, hoy más que nunca, necesitamos de estas transformaciones aplicando el conocimiento que ya tenemos con sabiduría. Los callejones sin salida no existen. Paul Virilio y Peter Sloterdijk apelan a los inagotables recursos de creatividad y esperanza en el hombre.

El siglo XXI se presenta con la misma tendencia exponencial en cuanto a avances científicos y cambios tecnológicos con la que terminó el XX. Para algunos autores, lo que hemos visto hasta ahora es solo la punta del iceberg. La convergencia tecnológica se hará realidad.

La nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la información y de las comunicaciones y las ciencias cognitivas. Tecnologías que funcionaban independientemente han aumentado de una manera muy notable su interrelación y ya no se ve el desarrollo de cada una de ellas por separado. Sus interconexiones están cambiando el mundo y provocan una auténtica revolución en campos tan

distintos como la comunicación, el transporte, la industria, la medicina, la educación y el arte.

La posibilidad de que las mencionadas tecnologías interrelacionadas de forma intensa produzcan cambios sustanciales en la fisiología e inteligencia del hombre, no cabe la menor duda. Pero sería deseable que conocimiento y sabiduría se dieran la mano, ya que como individuos somos mortales, pero como especie tal vez seamos inmortales.



CARDUELIS

LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS HAN AUMENTADO DE UNA MANERA MUY NOTABLE SU INTERRELACIÓN Y YA NO SE VE EL DESARROLLO DE CADA UNA DE ELLAS POR SEPARADO

El 'fracking' llega a España con polémica

La extracción de gas mediante fractura hidráulica o *fracking* plantea la disyuntiva de permitir esta técnica y aumentar las reservas energéticas o prohibirla ante las evidencias de que envenena las aguas

Manuel C. Rubio

El *fracking* o fractura hidráulica, un polémico método de extracción de gas no convencional que permite mediante la inyección de enormes cantidades de agua a alta presión mezclada con sustancias químicas romper las rocas y liberar el gas adherido a ellas, ya está en España. Aunque aún es pronto para saber si ha venido para quedarse, lo cierto es que su llegada ha levantado un vivo y controvertido debate entre quienes aseguran que esta tecnología puede cambiar el panorama energético mundial y quienes, por el contrario, piden su prohibición por sus potenciales efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente.

Entre unos y otros media un mundo, o mejor cabría decir un océano. Porque eso es, precisamente, lo que separa a Estados Unidos, el principal impulsor desde hace varias décadas de esta técnica de fracturación hidráulica con presencia en más de una treintena de Estados, y la Unión Europea, erigida durante los últimos años en la auténtica precursora de las energías renovables y donde no todos los países han mostrado su disposición a convertirse al *fracking*.

La industria norteamericana del sector argumenta que esta técnica ha permitido acceder a yacimientos de gas –y también de petróleo– que de otro modo no serían económicamente viables, y que ha logrado en apenas siete años que Estados Unidos cuente con reservas de gas, aunque sea solidificado en las rocas a gran profundidad y no en grandes bolsas subterráneas, al menos para el próximo siglo. Igualmente, destacan que con su aplicación en la última década EE UU ha conseguido doblar su cuota de producción de este tipo de gas no convencional denominado gas pizarra o gas de esquisto (*shale gas*), un porcentaje que todo apunta a que de aquí a 20 años podría representar la mitad de su producción gasista.

Además, sus defensores aseguran que el gas extraído mediante fractura hidráulica ha permitido reducir en 1.000 dólares por familia y año la factura de luz y que desde que se ha generalizado la explotación de yacimientos de gas mediante *fracking* las emisiones de gases contaminantes han caído a los niveles de 1997.

Asimismo, en un informe de hace poco más de un año sufragado por las grandes corporaciones energéticas mundiales se recogía que la Unión Europea podría conseguir sus objetivos de reducción de emisiones para 2050 y ahorrar la friolera de 900.000 millones de euros si en vez de invertir en renovables lo hacía en gas. Según este informe, con los recursos de *shale gas* europeos se podrían cubrir las necesidades del continente durante 30 años.

Posiciones encontradas

A pesar de estas expectativas, Francia, Alemania, Bulgaria e Irlanda del Norte han optado por la prudencia y han decidido prohibir o suspender temporalmente las licencias de exploración de esta técnica novedosa por las cada vez mayores evidencias de que su utilización envenena las aguas y los acuíferos. A pesar de ello y de que en EE UU se han registrado ya varios casos –muy sonado el de Pittsburgh– y de que incluso algunos Estados norteamericanos, como Nueva York, han aprobado una moratoria sobre las prospecciones, la decisión de estos países europeos no ha sido secundada por Reino Unido, Polonia ni tampoco por

España, donde ya existen proyectos para iniciar prospecciones mediante *fracking* en el subsuelo de la Rioja, Cantabria, Castilla y León, Euskadi y Navarra y quizá también en Aragón y Andalucía.

Es posible que en la apuesta de estos países por esta tecnología haya pesado más la ausencia de un claro consenso científico que justifique esta prohibición que las noticias que llegan sobre los potenciales efectos perniciosos del *fracking*, la mayoría además muy recientes. Pero de lo que no cabe ninguna duda es del importante volumen de negocio que está en juego. Es un factor que hay que tener especialmente en cuenta en aquellas zonas o países donde solo la mera posibilidad de contar con recursos de gas no convencional en su territorio les llena, como mínimo, de esperanza para conseguir reducir su gruesa factura y dependencia energética.

En el caso de España, el Gobierno del País Vasco ha estimado en 30.000 millones de euros el valor de los 185.000 millones de metros cúbicos de gas natural que se calcula que hay acumulados en los 1.400 kilómetros cuadrados del subsuelo de Álava que dan forma al proyecto Gran

Equipo de perforación para la obtención de gas por *fracking*. Foto: Shutterstock



Enara y que pretende explorar en dos pozos un consorcio formado por el Ente Vasco de Energía, la empresa norteamericana Heyco Energy y Cambria Europe. Aunque desde la Administración vasca ya se ha reiterado en numerosas ocasiones que la explotación de estas reservas solo se llevará a cabo si se confirma la viabilidad técnica, económica y, desde luego, medioambiental del proyecto, no son pocas las voces que reclaman que el Ejecutivo de Vitoria no puede dejar pasar esta oportunidad que equivale al consumo de gas de cinco años de toda España o a 60 veces el consumo anual de Euskadi.

Tampoco son pocas las voces que solicitan al Gobierno de España que suspenda los actuales sondeos aprobados hasta que, al menos, los impactos estén plenamente investigados, comprendidos, afrontados y regulados. Así lo han pedido desde asociaciones como Greenpeace y Ecologistas en Acción, hasta sindicatos como Comisiones Obreras y colectivos sociales creados con ese efecto. Es el caso de la Asamblea contra la Fractura Hidráulica y grupos políticos con presencia en el Congreso de los Diputados, como el de Izquierda Plural, que en la Comisión de Industria celebrada a finales de enero trasladó al ministro del ramo, José Manuel Soria, la necesidad

A PESAR DE QUE EN FRANCIA Y OTROS PAÍSES SE HAN PROHIBIDO O SUSPENDIDO, EN ESPAÑA HAY PROYECTOS DE PROSPECCIONES CON 'FRACKING' EN EL SUBSUELO DE LA RIOJA, CANTABRIA, CASTILLA Y LEÓN, EUSKADI Y NAVARRA, Y QUIZÁ TAMBIÉN EN ARAGÓN Y ANDALUCÍA

de promover una moratoria a las exploraciones previstas en suelo español y que elabore una regulación que prohíba este tipo de técnica.

Y es que, además de consumir ingentes cantidades de agua y de contaminar acuíferos, sus detractores alertan de que el *fracking* usa más de 500 productos químicos, algunos cancerígenos y radiactivos; expulsa grandes cantidades de metano, un gas mucho más contaminante

Una nueva revolución energética

Estados Unidos ha dado la bienvenida al mundo del *fracking*. Y lo paradójico es que lo ha hecho bajo el mandato de Barak Obama, un presidente que no hace mucho había anunciado que el 80% de las necesidades de electricidad nacionales procederían de energías verdes en 2035. La perspectiva de crear miles de empleos y de alcanzar el autoabastecimiento de gas natural ha lanzado a la primera potencial mundial a una carrera por liderar esta tecnología que bien podría protagonizar una nueva revolución energética en la que este combustible prime sobre el petróleo.

Lo cierto es que su explotación masiva en EE UU durante los últimos años ha cambiado las reglas de juego de un mercado gasista mundial que dependía, en gran medida, de las demandas norteamericanas. De hecho, gracias al *fracking* el precio del gas natural ha caído en el país de las oportunidades a su nivel más bajo desde 2002. Los primeros damnificados por este nuevo escenario han sido las grandes compañías gasistas de Noruega (Statoil), Rusia (Gazprom) y Argelia (Sonatrach). Pero también Qatar, la Arabia Saudí del gas natural, que ha tenido que abandonar gran parte de sus planes de construcción de gaseoductos y lanzarse a la compra de barcos para transportar el gas natural licuado allí donde se encuentre la demanda.

No resulta extraño, pues, que diferentes expertos del FMI hayan advertido de que Argelia podría sufrir problemas si el gas no convencional empieza a explotarse de forma masiva en Europa. Y ya se sabe que lo que le pase a este país magrebí tiene repercusiones claras en España.

que el CO₂; puede provocar terremotos, y no solo seísmos, y plantea graves problemas con el almacenaje de agua ya usada y su gestión como residuo, amén de los impactos en el entorno por la necesidad de realizar varias perforaciones en un terreno muy reducido y los cambios paisajísticos derivados de la construcción de carreteras y viales para llegar a los pozos.

En sus argumentos, no falta la referencia a diferentes estudios e informes internacionales, algunos europeos, como el de la propia Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria de la UE, en el que recomienda acometer un marco regulatorio, reevaluar el alcance de la Directiva Marco del Agua con relación a esta técnica, considerar la prohibición general del uso de químicos tóxicos o cuando menos conocer públicamente todos los productos utilizados con este sistema y plantearse la necesidad de desarrollar una nueva directiva europea que regule de forma exhaustiva estas cuestiones.

Cuestión de fondo

Pero por encima de la validez de estos u otros estudios y de los potenciales peligros ambientales asociados con los productos químicos que se añaden a los fluidos utilizados para fracturar la roca, una

cuestión sobre la que, por otro lado, todavía se sabe muy poco, más allá de que el grado de riesgo depende de la concentración de estos productos y de la forma en que se expongan a los seres vivos y al ambiente. La cuestión de fondo que plantea es para qué queremos este gas, pues todo parece indicar no va a hacer a Europa más independiente energéticamente, al menos en un grado significativo.

En España, Greenpeace ya ha puesto el grito en el cielo por lo absurdo de emprender una nueva aventura que, además de distraer recursos y esfuerzos que bien podrían destinarse a las energías renovables y a la eficiencia energética, lo único que haría, en caso de tener éxito, lo que aún está por ver, es prolongar nuestra actual dependencia de los combustibles fósiles y retrasar la imprescindible transformación del sistema energético hacia una opción más sostenible.

Hasta ahora, la mayoría de los expertos parecían coincidir en la bondad del gas como combustible de transición hasta la implantación de un modelo energético cien por cien renovable. Pero a la vista de la controversia generada por el *fracking*, que incluso ha suscitado la realización de un documental (Gasland), parece que esta unidad puede quebrarse ante el temor de que el remedio sea peor que la enfermedad. Pero también puede que no.

Manuel Campo Vidal

Ingeniero técnico industrial y periodista

“En España no le damos a la comunicación el lugar destacado que ocupa en el trabajo”

Ana P. Fraile

Manuel Campo Vidal ha sido la imagen viva de los informativos de Televisión Española durante años. Su voz serena y clara se colaba diariamente en nuestros hogares, a través de la pantalla, para darnos a conocer las noticias desde su particular modo de hacer y entender el periodismo. Una profesión en la que ha sabido hacerse un importante hueco y en la que, según sus palabras, le ha sido de gran ayuda la formación técnica que adquirió al realizar los estudios de ingeniero técnico industrial. Autor del libro *¿Por qué los profesionales no comunicamos mejor?*, Campo Vidal considera que la comunicación es fundamental para ganar competitividad en cualquier empresa y él sabe lo que dice.

Conocido profesionalmente como periodista, es también ingeniero técnico industrial. ¿Qué le llevó a realizar estos estudios? ¿Qué recuerdos guarda de su paso por la Universidad Politécnica de Cataluña, donde cursó esta carrera?

Mi padre trabajaba en el sector de la electrónica, en el área comercial, y pensó que para sus hijos varones lo mejor era estudiar una ingeniería técnica, y así lo hicimos mi hermano y yo. Yo ya quería ser periodista, pero terminé mis estudios de ingeniería técnica y luego continué con periodismo. Años después, he comprendido que aquella formación técnica de base me ha sido enormemente útil para mi vida profesional. Hice buenos amigos en la *Escola* y guardo muy buen recuerdo de algunos profesores.

¿Cómo describiría el papel que han tenido los ingenieros técnicos industriales en el desarrollo económico de nuestro país y cuál piensa que será su futuro?

Los ingenieros técnicos han tenido un papel decisivo porque en una España que quería industrializarse era imprescindible contar con esa pieza en el engranaje. Esa pieza resultaba esencial para conectar los pro-

yectos empresariales con la realidad técnica. Creo que los ingenieros técnicos siguen siendo imprescindibles porque hay mucho por industrializar en nuestro país y ahora nos damos cuenta de que aquellas regiones con mayor solidez industrial como el País Vasco, Navarra y amplios sectores de Cataluña son los que mejor han resistido los embates de la crisis.

“LOS INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES SIGUEN SIENDO IMPRESCINDIBLES PORQUE HAY MUCHO POR INDUSTRIALIZAR EN NUESTRO PAÍS”

¿Continúa vinculado con esta profesión?

Continúo vinculado, sobre todo, porque las nuevas tecnologías me han permitido tener contacto con muchos ingenieros y, además, porque de entre todas las asignaturas que estudié la que más me interesó fue la de *Organización Industrial*, en la que adquirí conocimientos que he podido aplicar en Antena 3 TV, cuando fui nombrado director, y en la creación de otras empresas posteriores. Y por último, la Universidad Politécnica de Cataluña tuvo la amabilidad de invitarme a formar parte del consejo ejecutivo de los alumnos (antiguos alumnos) y he agradecido mucho esa propuesta.

En su trayectoria como periodista, ¿qué hechos han marcado su vida, tanto en el terreno profesional como personal?

El periodismo te permite el lujo de poder conocer a algunos de esos personajes de relevancia con los que a cualquier ciudadano le gustaría conversar y conocer personalmente. Me ha permitido viajar y tener algunos momentos muy especiales y muy

únicos, de forma muy particular los debates electorales entre los candidatos a la presidencia del Gobierno: Felipe González, José María Aznar, José Luis Rodríguez Zapatero, Mariano Rajoy y Alfredo Pérez Rubalcaba. Estoy enormemente satisfecho de haber podido tener esa oportunidad.

Todos le recordamos del Telediario. ¿Cuál fue la mejor y la peor noticia que le ha tocado comunicarnos?

Las peores noticias siempre eran las de terrorismo. De forma especial, recuerdo un día en el que teníamos que dar la noticia de la muerte por bomba de un niño que se llamaba Alfonso, en la calle de la Estafeta de Pamplona. El niño tocó el timbre del portero automático de su casa y en aquel momento estalló la bomba, que al parecer iba destinada a un policía nacional que vivía en el mismo edificio. Algunos presentadores tuvimos grandes dificultades para contener las lágrimas al dar la noticia. Y en cuanto a la mejor, sin duda me hubiera gustado dar la noticia del final de terrorismo, pero no llegó. Sin embargo, el 1 de enero de 1986 en el Telediario de las tres de la tarde pude dar la noticia de que, desde ese día, España formaba parte de la Unión Europea.

De todas las personas a las que ha entrevistado ¿hacia quién ha sentido mayor admiración y por qué?

He tenido la suerte de sentarme frente a personajes muy singulares: Adolfo Suárez, en Felipe González, en el general Jaruzelski, presidente de Polonia, o en Giulio Andreotti. Es difícil elegir, pero no hay duda de que la capacidad de seducción de personajes como Suárez o como Felipe González es bastante especial, como admiten también algunos de mis compañeros.

Usted moderó el primer debate electoral televisado en 1993 y el último que vimos el pasado año. ¿Qué diferencias destacaría entre uno y otro?



Manuel Campo Vidal

Sobre todo, los personajes y la relación entre ellos. Es evidente que entre González y Aznar había una tensión manifiesta, incluso en privado, que no tenía nada que ver con la cordialidad entre Mariano Rajoy y Alfredo Pérez Rubalcaba. El primer debate fue muy especial porque no había referente, y el último fue muy interesante porque no se producía en una situación de empate técnico en las encuestas entre los candidatos. Yo quiero agradecer a todas estas personas citadas y a otros con los que he podido organizar debates electorales –entre ellos Manuel Fraga, Miquel Roca, Pasqual Maragall, etcétera– la confianza depositada, porque un debate es una suma de confianzas y el moderador es un eslabón importante en esa cadena.

¿Por qué los españoles comunicamos tan mal? es el título de uno de sus libros. A través de sus páginas ¿viene a decir que otros países saben comunicar mejor que nosotros?

Creo que es absolutamente cierto. Los ingleses tienen una asignatura especial en las escuelas, los americanos también y, sobre todo, hay una gran presencia de la comunicación, le conceden el papel que merece en todos los ámbitos de la vida profesional, de ahí esas diferencias. Un factor claro es que en el sistema educativo español la comunicación no estuvo presente, a diferencia de otras latitudes. Los niños españoles no salíamos a la pizarra, no hacíamos exámenes orales y, en consecuencia,

no vencimos el miedo escénico desde la infancia y eso es bastante determinante. El sistema educativo es uno de los factores, pero también el hecho de que en España no se le concede a la comunicación, a mi juicio, el lugar destacado que después ocupa en la vida profesional, nos dediquemos a lo que nos dediquemos.

La difícil situación actual hace que, casi a diario, los políticos y gobernantes de nuestro país solo anuncien malas noticias. ¿Cree que la comunicación tiene el poder de hacerlas menos malas?

No creo que la comunicación tenga el poder de convertir las noticias en menos malas. Lo que creo es que junto a las malas noticias también los medios de comunicación, los políticos, los economistas y los empresarios deberían difundir las buenas noticias porque también las hay. Creo que si no lo hacemos así contribuiremos todos a crear una crisis psicológica superpuesta a la económica y a la financiera que ya son suficientemente graves.

Quizá la respuesta se encuentre en su último libro, pero ¿por qué los profesionales no comunicamos mejor? ¿Podría sintetizarnos su contenido?

La idea es que cualquier profesional debe aliarse con la comunicación. Los ingenieros franceses estudian lo mismo que los españoles, pero ellos tienen mayor capacidad para contar las cosas. Eso les hace mucho más competitivos.

¿Qué persigue al frente del Instituto de Comunicación Empresarial?

Lo que pretendemos es que esa asignatura que no estudiamos en la escuela y en la universidad se apruebe, porque nunca es tarde. Cualquier profesional que pueda dedicar un par de días de su vida a seguir cursos de comunicación notará los efectos ganando en competitividad comercial, en asentamiento de su propia marca profesional y, desde luego, en liderazgo interno en sus empresas.

¿Y con su dedicación a la Academia de la Televisión?

Bueno, yo toda mi vida he hecho algún trabajo social, colaboro con diferentes ONG y en la Academia de la Televisión soy presidente, un cargo que no es retribuido. Para mí representa un honor el tener la confianza de tantos profesionales del mundo de la televisión. Perseguimos defender la dignidad de la televisión como medio y la dignidad de los profesionales que la hacen cada día.

Blogs, redes sociales, encuentros digitales... ¿Alguna vez se imaginó metido en todo este berenjenal? ¿Cuál cree que ha sido la aportación de la tecnología a los medios de comunicación y cómo describiría su influencia?

Todo eso responde a que hemos tenido la inmensa fortuna histórica de estar aquí cuando ha nacido un nuevo medio de comunicación y estamos todos aprendiendo a manejarlo, a encajarlo y a intentar la convivencia entre los medios de comunicación convencionales –prensa, radio y televisión– y los medios emergentes, que son todos aquellos que tienen Internet como base de difusión. La tecnología es absolutamente determinante para el nacimiento de todos los medios de comunicación y, después, para saltar de una fase a otra en su desarrollo. Lo estamos viviendo ahora, por ejemplo, con el paso de la televisión analógica a la digital.

¿Cómo ve el futuro de los medios de comunicación?

Yo creo que los medios de comunicación están pasando una transición muy dura. Probablemente, también existía en España una burbuja mediática, del mismo modo que existía una burbuja inmobiliaria, pero terminarán asentándose, sobre todo si son capaces de entender los nuevos tiempos y de aprender a compartir su espacio con los nuevos medios que ahora llegan, de modo especial las redes sociales.

BILBAO

>> Los actores del sector bio comparten conocimientos, ideas y experiencias en BioSpain

El Bilbao Exhibition Centre (BEC), de Barakaldo, acogerá del 19 al 21 de septiembre la sexta edición de BioSpain, un foro para el intercambio de conocimiento, ideas y experiencias entre todos los actores del sector bio.

Tras el éxito de su anterior convocatoria, celebrada en 2010 en Pamplona con la presencia de casi 650 empresas de 25 países, Biospain se ha consolidado como una excelente plataforma para la presentación de la biotecnología española a nivel internacional y en el foro más importante del sector en el sur de Europa.

Estructurado en una feria comercial, un evento de partnering, un foro de inversores, sesiones plenarias y diferentes conferencias, este evento que igualmente acogerá el congreso científico de la Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT) y un foro de empleo dará a conocer las nuevas oportunidades de este sector al que la mayoría de expertos auguran un gran potencial de crecimiento durante las próximas décadas.



MADRID

>> MetalMadrid reúne la oferta del sector de la subcontratación industrial en España

El recinto ferial de Ifema será escenario del 21 al 22 de noviembre de MetalMadrid, evento enfocado por y para la empresa española y que en su sexta edición aspira de nuevo a potenciar e incrementar el mercado de la subcontratación industrial en España.

Este foro, el único centrado en el sector industrial que se celebra en la zona centro del país y que reunirá a los principales puntos de interés de este sector -maquinaria, subcontratación, suministros, ingenierías y materiales- combinará un año más su parte expositiva con su parte congresual, para no perder así su carácter formativo y poder ofrecer a todas las empresas asistentes la posibilidad de encontrar las mayores y mejores novedades de la industria metalúrgica en tecnologías de arranque de viruta, transformados metálicos, corte de materiales, máquina-herramienta, suministros industriales y de materiales, fundición, tratamientos de superficies, control de calidad, metrología, automatización o robótica entre otros sectores.

DUSSELDORF

>> La industria de los materiales compuestos se cita en Composites Europe 2012

La fabricación, transformación y aplicación de materiales compuestos tiene una cita ineludible con Composites Europe 2012, la feria europea más importante de esta industria que en su sexta edición se celebrará del 9 al 11 de octubre, en las instalaciones de la Feria de Dusseldorf.

Este foro, en el que las principales empresas y profesionales del sector mostrarán las novedades tecnológicas y las nuevas aplicaciones que ofrecen estos materiales, volverá a contar con la presencia de diseñadores, ingenieros, técnicos, y responsables de las industrias de la automoción, aeroespacial, transporte, energía eólica, edificación y construcción, embarcaciones o de ocio y tiempo libre, entre otros.

Las diferentes materias primas (resinas, termoplásticos, aditivos); los productos semielaborados, intermedios y terminados; las tecnologías de procesamiento de composites y las máquinas, equipos y consumibles serán algunas de las áreas expositorias de este salón internacional que espera reunir a más de 350 empresas procedentes de Europa, América y Asia.

PEKÍN

>> Fira de Barcelona abre la puerta del mercado chino a las constructoras españolas

La Fira de Barcelona celebrará del 11 al 13 de julio en el China National Convention Center de la primera edición de Construmat China, un salón con el que la institución ferial catalana en colaboración con el Consejo Chino para la Promoción del Comercio Internacional quiere promover la presencia en el mercado del gigante asiático de las empresas españolas de la construcción, especialmente de las pymes.

Construmat China cuenta con un amplio respaldo del sector, que ve en esta feria un instrumento innovador para afrontar el reto de la internacionalización y un balón de oxígeno para las empresas españolas. Y es que, a pesar de la crisis global, la economía china es una de las más dinámicas del mundo, hasta el punto de que el Gobierno chino prevé que el producto interior bruto (PIB) crezca este año un 7,5%, convirtiendo al gigante asiático en uno de los principales motores de la economía mundial. Estos datos hacen de China un mercado que explorar por parte de las empresas españolas que pueden hallar oportunidades de negocio que compensen la debilidad de la demanda interna.

Mirar al campo

El que hasta hace unos meses se llamaba Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino se llama ahora Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. El presidente del Gobierno, Mariano Rajoy, dijo durante la campaña electoral que si llegaba al Palacio de la Moncloa volvería a haber un Ministerio de Agricultura, aunque en realidad, lo que ha hecho ha sido modificar el orden de factores que no sé si acabarán alterando el producto. Desde luego, la denominación anterior pecaba de ampulosa, pero era ciertamente globalizadora y bienintencionada. Todo estaba ahí, aunque el equivalente a Agricultura y Ganadería quedara subsumido en esa expresión más moderna de Medio Rural que los clásicos del gremio no acaban de asimilar.

¿Ha habido o habrá a partir de ahora algún cambio fundamental en cualquiera de esos departamentos determinado por su denominación? Hasta donde yo sé creo que no. Evidentemente, la elección de unas palabras u otras y el orden de su enunciado nunca son gratuitos, pero tampoco lo calificaría yo de definitivo. Al menos en este caso y en las presentes circunstancias.

¿Qué ha supuesto entonces el cambio introducido por Rajoy? Pues, básicamente, la reparación del orgullo herido de quienes se sienten los verdaderos protagonistas del territorio no urbanizado y que, desde hace tiempo, se consideran relegados por los ambientalistas (casi todos urbanitas) a los que tantas veces han criticado e incluso ridiculizado. A estas alturas de la película y con la que está cayendo, las esencias se mantienen y en el medio rural (allí donde desenvuelven su actividad agricultores y ganaderos), con las excepciones de rigor que vengan al caso, siguen empeñados en considerar las cuestiones ambientales como un recurso económico más, a veces jugoso, que no requiere demasiadas exigencias y, en el mejor de los casos, siempre serán secundarias.

¿POR QUÉ SIGUE TENIENDO TAN POCO ATRACTIVO EL MUNDO RURAL PARA LOS JÓVENES O PARA LOS MAYORES A PESAR DE TANTAS MEJORAS GENERALIZADAS?

Aunque muy pocos se atreven a verbalizarlo, cada vez son más los que piensan que esa conflictiva relación de agricultores y ganaderos con los asuntos ambientales y los ambientalistas es de mero oportunismo. Cuando les conviene, sacan a relucir la importancia de ciertas actividades para mantener el equilibrio territorial o de ciertos cultivos y así evitar la desertización, pongamos por caso, pero a la hora de la verdad las prioridades vienen marcadas por la productividad y los beneficios económicos. En pocas palabras, hay más aprovechamiento que convicción.

Quienes siguen de cerca los avatares de lo rural expresan con no poca sorpresa un hecho sociológico llamativo. A pesar de los más de cinco millones de parados, no parece que se haya producido en nuestro país (supongo que tampoco en otros) una emigración significativa de la ciudad al campo, justo el proceso con-



CARDUELLS

trario al que se inició a partir sobre todo de la década de 1950, si bien entonces se habló de éxodo. Nadie piensa que ahora pudiera repetirse ese fenómeno a la inversa, pero ¿tampoco a pequeña escala? ¿Por qué no hay jóvenes que, en vez de la sucesión de contratos humillantes por un puñado de euros, se atrevan a romper esa cadena e inicien una nueva vida en el campo? Algunos podrían aducir el desconocimiento de actividades relativamente complejas, pero tengo la impresión de que ni siquiera entre quienes han estudiado carreras próximas a ese ámbito (ingenieros forestales, agrónomos, biólogos, etcétera) han pensado que el mundo rural pudiera ser una alternativa para ganarse la vida y para vivir. Para vivir en toda la extensión de la palabra.

Sí se ha producido en las últimas décadas un acercamiento de profesionales vinculados a la conservación de espacios y especies, ciertas formas de agricultura, el turismo, la recuperación del patrimonio arquitectónico y demás, pero todo eso se ha paralizado si es que no está en regresión. ¿Por qué sigue teniendo tan poco atractivo el mundo rural para los jóvenes o para los mayores a pesar de tantas mejoras generalizadas que, entre otras cosas, favorecen una movilidad más rápida y segura?

Mientras escribo estas líneas hablan en la radio de un pueblo donde celebran por todo lo alto el nacimiento de un niño después de 20 años de sequía natalicia. Ha habido ofertas dispersas acá y allá, garantizando incluso casa y escuela, para que familias enteras se trasladen a pueblos a punto de quedarse vacíos. Más allá de unos cuantos inmigrantes muy pocos se han echado la manta a la cabeza decididos a empezar una nueva aventura vital. Si ahora no, ¿cuándo? Porque nadie negará que la situación es desesperada para millones de personas, para millones de jóvenes que se han quedado sin expectativas, para esa generación perdida que atisba un futuro demoledor. ¿Podrían servir de estímulo quienes ya están en el medio rural? Seguramente sí, a condición de que cambien su actitud, de que se modernicen, de que se abran sinceramente a la cultura ecológica y a otras culturas, de que se olviden por un tiempo de la demagógica cultura de la queja. También las Administraciones deberían tener un papel más activo en este sentido. Las cosas están mal y, al parecer, ya nunca van a volver al punto de partida, así que ¿no podríamos plantar unas berzas mientras escampa?

Regeneración y reutilización de las aguas residuales

M. Carmen Trapote Forné y Begoña Martínez López

Regeneration and reuse of sewage

Estación Regeneradora de Aguas de Prat de Llobregat (Barcelona). Foto: EMSSA.



RESUMEN

El agua es un recurso escaso y muy necesario. Su ausencia puede ocasionar consecuencias no deseadas. El agua regenerada supone una herramienta más para afrontar la escasez de este recurso. Este tipo de agua surge del aprovechamiento del agua residual que, en lugar de ser devuelta al dominio público hidráulico terrestre o marino es reutilizada. La regeneración consiste en el tratamiento del agua depurada mediante tecnologías avanzadas, de modo que se consigue una calidad mínima, establecida por la legislación vigente para que pueda ser reutilizada en distintos ámbitos. Son muchos los usos y múltiples los beneficios que se derivan de este aprovechamiento. El presente artículo pretende resumir las técnicas de depuración, las tecnologías de reutilización y las principales aplicaciones del agua regenerada.

Encargado: 2 de marzo de 2012
Recibido: 15 de abril de 2012
Aceptado: 27 de abril de 2012

ABSTRACT

The absence of water may cause unintended consequences. Reclaimed water is a key tool to face up to the scarcity of this resource. This type of water arises from the advanced treatment of wastewater, normally returned to public water land or sea. Reclamation consists of purification of water and subsequent treatment using advanced technologies, so as to provide a minimum quality, established by law in order to be reused in different areas. There are many uses and multiple benefits derived from such exploitation. This article aims to summarize the debugging techniques, technologies and key reuse applications for reclaimed water.

Commissioned: March 2, 2012
Received: April 15, 2012
Accepted: April 27, 2012

Palabras clave

Agua, aguas residuales, depuración, normativa, calidad, agua regenerada, reutilización del agua

Keywords

Water, sewage, depuration, rules, quality, reclaimed water, water reuse

El fantasma de la sequía asoma en ocasiones, dejándonos a merced de la meteorología. Según la Agencia Estatal de Meteorología (Aemet), el mes de febrero de 2012 fue uno de los más secos desde el año 2000 con una precipitación media que no llegó al 30% de lo habitual.

Los océanos suponen el 97,5% del agua del planeta. Únicamente el 2,5% es agua dulce. Por su parte, los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce; el agua subterránea, el 19% y el agua de superficie rápidamente accesible, solo el 1%.

En situaciones prolongadas de escasez de agua, son múltiples los sectores que se ven afectados y también las consecuencias económicas derivadas de esta situación. La limitación de este recurso afecta a las reservas hídricas, pantanos, acuíferos y al medio ambiente. En consecuencia, menguan los caudales de los ríos, las reservas de los pantanos y se ve afectado su estado ecológico.

En España ya se han vivido varios episodios de sequía; sólo hay que recordar el que tuvo lugar en el año 2007. El

otoño y el invierno de 2007 se presentaron como los más secos de la serie histórica en todo el arco mediterráneo, en la cabecera del Tago y en la cuenca del Guadalquivir. Ese año la mayoría de los embalses y pantanos alcanzaron un nivel cercano o por debajo de la mitad de su capacidad (Magrama, 2007).

En marzo de 2007 se aprobaron Los Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Alerta o Eventual Sequía para cada una de las cuencas hidrográficas, tal como se incluye en el artículo 27 de la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional, con el objeto de minimizar los efectos ambientales, económicos y sociales derivados de posibles situaciones de sequía (Magrama, 2007).

La climatología en España, donde existen zonas de baja pluviometría y largos periodos de sequía, obliga a racionalizar y optimizar la gestión del recurso. Esta condición, junto con el aumento de la demanda, provoca la necesidad de buscar nuevos recursos complementarios o alternativos (Magrama, 2010).

Está claro que la conciencia social sobre el agua como un recurso finito cada

vez está calando más en la sociedad, pero esto no parece ser suficiente. Es necesario pues, la búsqueda de alternativas que permitan contar con una herramienta más para mitigar los efectos que presenta la escasez de dicho recurso, entre ellas la regeneración y reutilización de agua depurada.

Precisamente por estas razones, y teniendo en cuenta la problemática que todo esto supone, en este artículo se presenta un tipo de agua que resulta poco conocida para muchos, pero que puede ser clave y una alternativa para otros cuantos.

El ciclo del agua

Para tener una idea de la cantidad de recurso del que se dispone en una zona geográfica concreta, se debe calcular el balance hídrico. El cálculo del balance se obtiene como resultado de la diferencia entre el aporte anual de agua, es decir, las entradas al sistema en forma de precipitación, aportaciones de los ríos, acuíferos y trasvases, y las pérdidas anuales de agua, es decir, agua irre recuperable, cuyo destino es la atmósfera o el mar (Mujeriego, 2005).

Dentro del ciclo habitual del uso del agua, esta ha sido utilizada, depurada y devuelta al río o al mar, de ese modo, el agua vuelve a su origen. Este último paso no supone ningún problema en momentos de abundancia de agua en los que el sistema disfruta de entradas por precipitación y contiene suficientes reservas de acuíferos y embalses, pero cuando el sistema experimenta más salidas que entradas y los recursos hídricos se van agotando, el hecho de cerrar el ciclo, devolviendo el agua depurada al sistema, implica más salidas que entradas y, en consecuencia, la aparición de un déficit que, en situaciones prolongadas, puede llegar al estado de sequía.

Pues bien, si en lugar de cerrar el ciclo, se recupera el agua que ya ha sido utilizada, aumentará la disponibilidad de agua para su aprovechamiento a lo largo del tiempo, y de ese modo se verá amortiguado, en parte, el déficit y retrasará las consecuencias de la falta de este recurso.

La reutilización de aguas residuales es una práctica histórica, necesaria por la escasez estacional y/o estructural de agua en muchas regiones y por la necesidad de gestionar mejor los recursos hídricos disponibles. Con la utilización del agua depurada se obtiene un recurso no convencional que permite liberar agua de mejor calidad para otros usos. Se trata, pues, de potenciar el desarrollo sostenible, proporcionando un recurso escaso y necesario como es el agua, a la vez que se mantiene un equilibrio con la protección de la salud humana y el medio ambiente.

Así pues, se debe entender la regeneración y la reutilización de agua como un incremento real de los recursos hídricos aprovechables en una zona, teniendo en cuenta que, de otro modo, esos recursos se pierden de forma irrecuperable, mediante su vertido al mar o al cauce del río (Mujeriego, 2005).

Conceptos básicos

Agua regenerada, agua depurada y reutilización, tres palabras que vale la pena definir. En el RD 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, se puede encontrar la definición y la diferencia de estos conceptos parecidos.

Se define como aguas depuradas aquellas aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permite adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable, (RD 509/1996 del 28 de diciembre, por el que se esta-

blecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas). Se entiende como aguas regeneradas aquellas aguas residuales depuradas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan. El agua regenerada implica depuración, con el objetivo de volver a ser utilizada, mientras que el agua depurada, a diferencia de la regenerada, no siempre opta a ser reutilizada, sino que su destino es el de ser vertida al dominio público hidráulico o al marítimo terrestre, según convenga.

Llegados a este punto es conveniente definir el concepto de reutilización de agua. Se entiende como reutilización de aguas la aplicación, antes de su devolución al medio, para un nuevo uso privativo, de las aguas, que habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar (RD 1620, 2007).

Proceso de depuración

El agua cruda procedente del alcantarillado, una vez entra en la estación depuradora de aguas residuales (EDAR), pasa por una serie de procedimientos comunes, al inicio, por el pretratamiento y tratamiento primario y, posteriormente, según las necesidades y el destino de esta, por el tratamiento secundario, que puede variar en tipología de proceso y cantidad de agua que tratar.

Pretratamiento

El pretratamiento comprende una serie de tratamientos físicos que pretenden separar, del agua residual, aquellos sólidos más groseros que, posteriormente pueden acarrear complicaciones mecánicas en la planta, ya sea por tratarse de sólidos de gran volumen o arenas pesadas de baja granulometría que sedimentan en canales y conducciones. Estos últimos pueden erosionar aparatos mecánicos; por eso es necesaria su eliminación previa.

Es conveniente que, en primer lugar, la EDAR posea un pozo para la separación de grandes sólidos que irá seguido de rejillas colocadas en serie, cuya separación entre barros disminuye a medida que el agua avanza, es decir, pasando de rejillas a tamices. Para eliminar arenas se habla de desarenadores, que consisten en canales por los cuales circula el agua a una determinada velocidad (en algunos

casos con aireación) y que se ayudan de elementos mecánicos (tipo bombas o rasquetas) que eliminan las arenas que se van acumulando en el fondo.

Tratamiento primario

A continuación, se encuentra el tratamiento primario, que tiene como finalidad principal la reducción de sólidos en suspensión (SS). Este proceso está compuesto por decantadores primarios en los que el agua proveniente del pretratamiento, permanece durante un tiempo, diferente para cada caso, pero que suele comprender entre 1,5 y 2,5 horas. (Metcalf & Eddy, 2000). El rendimiento de este tipo de tratamientos se mide en reducción de SS, y es conveniente que esta se sitúe en entre el 50% y el 70% (Metcalf & Eddy, 2000). Se ha de tener en cuenta que, junto con los SS, se elimina parte de la materia orgánica que se encuentra agregada a los sólidos.

Tratamiento secundario

Llegados a este punto, el agua, continúa hacia el tratamiento secundario, que tiene como fundamento acelerar el proceso biológico que se daría en la naturaleza. Cada EDAR, en función de diferentes criterios, costes de construcción, costes de explotación, calidad requerida en el efluente, capacidad de tratamiento necesaria, aspectos socio-económicos, debe escoger la tecnología que mejor se adapte.

A continuación, se muestran las tecnologías de tratamiento biológico más utilizadas.

La más conocida de ellas es el tratamiento mediante fangos activos. Este consiste en mezclar, en un reactor, agua residual que depurar con la biomasa suspendida mediante agitación y aireación. La acción depuradora de los microorganismos es la que lleva a efecto el trabajo. Por tanto, es importante controlar las condiciones del reactor con el objetivo de asegurar que el proceso se lleva a cabo correctamente. En este tipo de procesos se debe asegurar el control de la entrada de contaminantes tóxicos, o condiciones que puedan desplazar las bacterias depuradoras, ya que esto puede desequilibrar totalmente el proceso. La etapa final es un decantador en el que agua clarifica completamente. Existen diferentes configuraciones de este mismo proceso, pero la variante más conocida es el flujo pistón. En este tipo de reactores la geometría es alargada y el reactor se encuentra compartimentado, de tal manera que la materia orgánica se va degradando a medida que avanza. Vale la pena mencio-

nar también los sistemas MBR (biorreactor de membranas). Estos son sistemas en los que la etapa de decantación ha sido sustituida por una filtración, normalmente, con membranas de microfiltración o ultrafiltración. Estas filtran el agua eliminando el resto de contaminantes y nutrientes que los microorganismos no hayan eliminado previamente. La calidad de agua derivada de este proceso resulta superior a la de los fangos activos convencionales. Los SBR (Sequencing Batch Reactor) consisten en un sistema de tratamiento de fangos activos cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de tratamiento llevada a cabo en ciclos de llenado, depuración y vaciado. La diferencia principal con los fangos activos es que el tratamiento ocurre secuencialmente en el mismo tanque. Ocupan muy poca superficie y generan un efluente de buena calidad.

También se encuentran, dentro del tratamiento secundario, las tecnologías que utilizan la fijación de biopelículas para llevar a cabo este tratamiento biológico. Estos son los sistemas IFFAS (Integrated Fixed Film Activated Sludge), filtros percoladores y biodiscos.

En los sistemas IFFAS, la biomasa se encuentra fijada en piezas de aproximadamente 2,5 cm de diámetro, normal-



Figura 1. Tratamiento de agua residual mediante el sistema IFFAS. (imagen facilitada por EMSSA).

mente circulares, y diseñadas específicamente para que la adhesión de la biomasa y su efecto sea el mejor posible. Estas piezas se encuentran suspendidas en el reactor que suele estar agitado mediante aireación.

En los filtros percoladores, a diferencia de los sistemas IFFAS, los materiales de relleno se encuentran fijos. La

biopelícula los recubre y el agua se infiltra a lo largo de la disposición de este relleno. Durante el paso del efluente los microorganismos llevan a cabo su función. Por último, cabe destacar que los biodiscos son una buena opción para aquellas estaciones en las que el caudal que depurar no es muy grande, ya que resulta un sistema compacto y fácil de

Tabla 1. Resumen de las características de los tratamientos secundarios.

He: habitante equivalente. Equivale a la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días (DBO_5) de 60 g de oxígeno por día, utilizado para dimensionar EDAR.

		Fangos activos	MBR	IFFAS	Filtros percoladores	Biodiscos	Lagunaje	Filtros verdes	Infiltración percolación modificada	Zonas húmedas
Tipo de tecnología		Sistema convencional. Biológico	Sistema convencional, filtración con membrana. Biológico	Sistema convencional. Biológico	Sistema convencional. Biológico. Medio de soporte fijo. Tratamiento aerobio	Sistema Convencional. Biológico. Tratamiento Aerobio. Cultivo fijo sobre un soporte giratorio	Sistema no convencional	Sistema no convencional	Sistema no convencional	Sistema no convencional
Características de la biomasa		Biomasa suspendida	Biomasa suspendida	Biomasa fijada / suspendida	Biomasa fijada	Biomasa fijada	Biomasa suspendida	Biomasa fijada	Biomasa fijada	Biomasa fijada
Capacidad (he)		> 1.500	> 1.500	> 1.500	300-2.000	300-2.000	100-2.000	100-400	200-1.300	50-1.000
Extensión (m²/he)		0,2-1	> 1	0,2-1	0,2-0,7	0,5-0,7	10-15	8-40	1,2-3	2-6
Tiempo de retención (h)		5-8	10-17	6-9	Horas	1-4	Desde 38 días hasta 226 días	Días	Horas/días	Días
Límites de eliminación	DBO ₅ (mg/l)	> 25	8	5	20-30	20-35	30-40	< 5	25	20-25
	SS (mg/l)	> 25	8	15	20-35	30	30-100	< 5	30	20-30

manejar. En estos sistemas la biomasa se encuentra fijada en unos discos montados sobre un eje rotatorio, dispuestos horizontalmente. Mediante la rotación, el conjunto de discos situados en paralelo, está expuesto alternativamente al aire y al agua que depurar. El paso del agua a lo largo de la disposición de los discos y el giro de los mismos con los microorganismos adheridos llevan a cabo la depuración.

A diferencia de las tecnologías anteriormente citadas, denominadas tecnologías convencionales, se puede recurrir a otro tipo de tecnologías adaptadas fundamentalmente a pequeñas comunidades. Son las denominadas tecnologías naturales (también conocidas como extensivas, blandas o de bajo coste energético). Entre ellas se encuentran los sistemas de lagunaje. Se basan en hacer pasar el agua a través de lagunas en serie con geometrías y funciones específicas en las que se desarrollan interacciones entre el agua y el ecosistema. Es el sistema de depuración más antiguo y conocido (CSIC, 2008). Los filtros verdes o sistemas suelo-planta acuífero utilizan un terreno sobre el que se establece un cultivo vegetal determinado y al que se le aplica el agua residual, de modo que el efecto filtro del terreno y de las plantas son los que llevan a cabo la depuración.

También cabe mencionar la infiltración percolación modificada, que es un sistema de depuración aerobio con biomasa fijada y de alimentación secuencial que consiste en infiltrar de forma controlada aguas residuales a razón de algunos centenares de litros por metro cuadrado y día. Está compuesto por un macizo filtrante de 1,50 m de profundidad de arena aportada (el 98% de granulometría y < 1 mm de diámetro).

Son comunes también las zonas húmedas, o también llamados humedales construidos, son sistemas de depuración construidos por lagunas o canales poco profundos (de menos de 1 m) plantados con vegetación propia de zonas húmedas y en los que los procesos de depuración tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos y la vegetación enraizada.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los tratamientos biológicos y sus características más relevantes.

El tipo de tratamiento y diseño de una EDAR se determina en función de la carga contaminante, estimada a partir de los habitantes equivalentes.

Los rendimientos que cada tecnología ofrece, deben ser estudiados con espe-

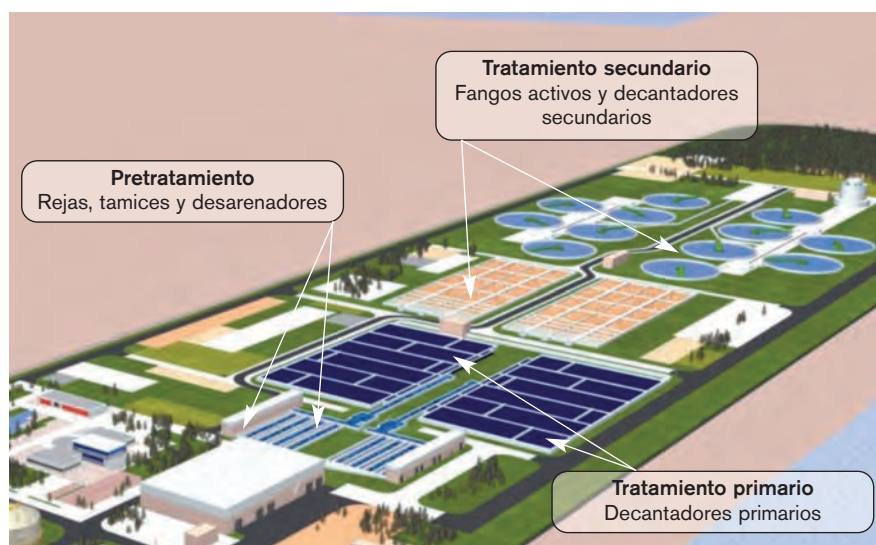


Figura 2. Esquema de una estación depuradora de aguas residuales (imagen facilitada por EMSSA).

cial interés con la finalidad de alcanzar las calidades de vertido.

Para llevar a cabo el proceso de regeneración y cumplir con las calidades establecidas, es necesario tratar el efluente de salida de la EDAR. La calidad exigida en el efluente de una estación depuradora está legislada tanto en Europa como en España. Los documentos clave son la directiva

91/271 CE y el RD 509/1996 y tienen en cuenta los parámetros de las tablas 2a y 2b:

Tratamientos avanzados

El proceso de tratamiento necesario para que un agua depurada pueda ser reutilizada se denomina regeneración.

Para la regeneración de aguas las calidades establecidas por el RD 509/1996

Tabla 2a. Resumen de los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas. Se aplica el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetro	Concentración	Porcentaje de reducción mínimo
DBO	25 mg/l O ₂	70-90 40 (en regiones de alta montaña)
DQO	125 mg/l	75
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l (para más de 10.000 he) 65 mg/l (de 2.000 hasta 10.000 he)	90 90 (para regiones de alta montaña hasta 10.000 he) 70 (en regiones de alta montaña de 2.000 hasta 10.000 he)

Tabla 2b. Resumen de los requisitos de los vertidos de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo en un futuro próximo. Según la situación local, se podrá aplicar uno o ambos parámetros. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetro	Concentración	Porcentaje de reducción mínimo
Fósforo total (P)	2 mg/l (de 10.000 hasta 100.000 he) 1mg/l (más de 100.000 he)	80
Nitrógeno total (N)	15 mg/l (de 10.000 hasta 100.000 he) 10 mg/l (más de 100.000 he)	70-80

antes mencionadas no son suficientes. El RD 1620/2007 establece, en su anexo I, las calidades requeridas en función del uso de destino. En todos los usos descritos es necesario someter al efluente de salida de la EDAR a tecnologías avanzadas, muchas de las tecnologías utilizadas actualmente derivan de tecnologías existentes en el tratamiento de aguas potables. La selección de los procesos y tecnologías necesarias para la regeneración de las aguas residuales implica el conocimiento previo del tipo de efluente que tratar, su calidad en el tiempo y la calidad exigida al agua regenerada (Asano, 1998).

A continuación se presentan los tratamientos avanzados más utilizados para la regeneración de agua.

Coagulación-floculación

Este tratamiento se basa en la adición de sustancias químicas combinadas con la acción física de un decantador. Es un proceso en el que las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flóculos, con el fin de que su peso específico supere el del agua y así puedan precipitar.

El agua depurada se trata en primer lugar con un coagulante. En este proceso la materia disuelta que no se ha podido decantar con anterioridad pasa a ser una sustancia no soluble. El efecto más importante del coagulante es la formación de puentes químicos que provocan la adsorción de coloides. Una agitación lenta favorece este proceso. Los productos más utilizados como coagulantes son sales metálicas, como policloruro de aluminio, sulfato de aluminio o cloruro férrico (este último da un color rojizo al agua). Es importante tener en cuenta la sensibilidad que estas sales tienen hacia variaciones de pH, si no se aplican dentro del rango adecuado la clarificación es pobre y el hierro o el aluminio pueden solubilizarse.

A continuación, se añade un floculante que se caracteriza por poseer una larga cadena de moléculas cargadas, capaz de agregar los coloides anteriormente formados. Las moléculas, ya desestabilizadas, entran en contacto, agrandando los flóculos y facilitando más la precipitación. La separación flóculo-agua se realiza mediante decantación.

Filtración

Se utilizan también los tratamientos de filtración a través de soportes convencionales, estos son: los filtros de arenas, filtros de anillas y filtros tamiz. El principio en que se basan es el paso del

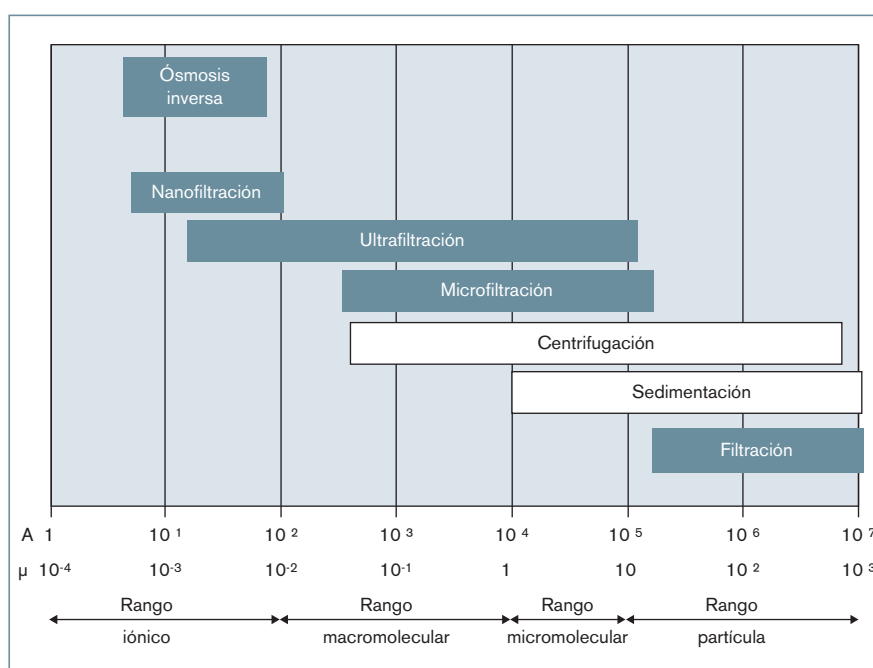


Figura 3. Rangos efectivos de separación (modificada de UdG, 2007).

efluente a través de arena, anillas o tamices filtrando el agua y reteniendo partículas y sólidos en suspensión. Dependiendo de la tipología de filtro que se escoja para el tratamiento, la eliminación de sustancias y SS variará. Sus resultados dependerán del efluente de entrada, del mantenimiento y del sistema de lavado del que dispongan.

Procesos de membrana

Los procesos de membrana son una tecnología de vanguardia y están siendo muy utilizados en los tratamientos avanzados del agua. Son tecnologías no destructivas, basan el tratamiento del agua en la separación de los contaminantes / microcontaminantes mediante el paso selectivo del agua a través de membranas semipermeables (CSIC, 2008). Los sólidos presentes en el agua no siempre aparecen como materia en suspensión; también pueden aparecer como materia coloidal que debe ser eliminada, y para su remoción la tecnología convencional no es suficiente.

Los procesos de membrana más conocidos para el tratamiento de aguas son la microfiltración (MF), ultrafiltración (UF) y nanofiltración (NF) y la ósmosis inversa (OI).

En la figura 3 se presentan los rangos efectivos de separación de los procesos de membrana y se comparan con otras técnicas de separación.

Se observa que dependiendo de la tecnología empleada se pueden separar desde sólidos hasta compuestos solubles. Una de las grandes dificultades que se

suelen encontrar en los procesos de membrana es la baja transferencia de masa por unidad de área de membrana.

En el caso de las filtraciones (MF, UF y NF) las partículas y los coloides se separan según la medida del poro aplicando una presión elevada. Así pues, la diferencia entre estas técnicas es la medida del poro.

La microfiltración elimina los sólidos en suspensión de tamaño superior a 0,1 μm . Es efectiva eliminando patógenos de gran tamaño, como *Gyrodia* o *Cryptosporidium*. Se puede emplear cuando la concentración de sólidos totales en suspensión en el efluente no es problemática. También se utiliza como pretratamiento de sistemas con membranas más delicadas como la ósmosis inversa o la nanofiltración. La presión de trabajo se encuentra entre 0,4 y 2 atm. La ultrafiltración elimina esencialmente todas las partículas coloidales y alguno de los contaminantes disueltos más grandes (0,01 μm) y también la mayor parte de microorganismos patógenos. Estos sistemas, del mismo modo que la MF, se suelen utilizar como pretratamiento para sistemas de nanofiltración u ósmosis inversa. El agua tratada mediante este sistema tiene una turbidez prácticamente nula. La presión de trabajo en este caso es de 0,8-3,5 atm. La nanofiltración elimina los contaminantes de tamaño superior a 0,001 μm . Se emplea cuando se quiere eliminar prácticamente la totalidad de los sólidos disueltos. Se eliminan también los iones de calcio y magnesio, que son los que aportan la dureza al agua. Por

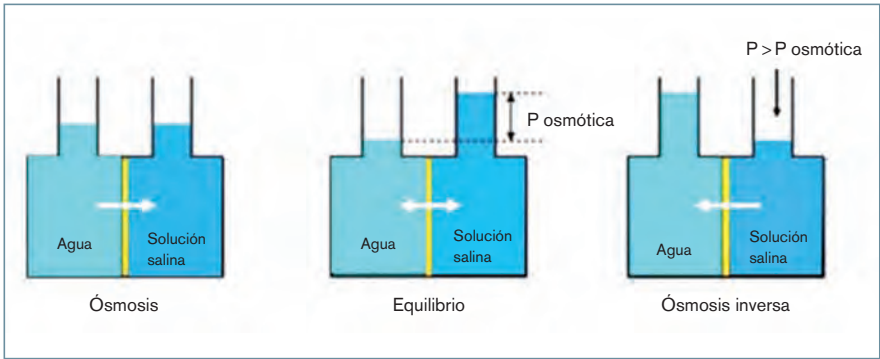


Figura 4. Secuencia de imágenes que explican el proceso de ósmosis inversa (UdG, 2007).

este motivo también se puede oír hablar de ablandamiento por membrana en lugar de nanofiltración. Los iones con dos cargas positivas se eliminan más efectivamente que aquellos que tienen solo una, como el sodio, el potasio y el cloro, entre otros. La presión de operación en este caso es mayor que las filtraciones anteriores llegando hasta 3,5 y 10 atm.

En la tabla 3 se muestran, de manera resumida, los contaminantes que se pueden separar con estas de las tecnologías de membrana.

La ósmosis es un proceso físico natural que consiste en el paso de un fluido, agua en este caso, a través de una membrana semipermeable, es decir, deja pasar moléculas de pequeño tamaño y no solutos de mayor tamaño. Es un proceso espontáneo y reversible que se produce a temperatura ambiente. La membrana selectiva permite el paso del solvente en un porcentaje mucho más elevado que los sólidos disueltos. Cuando dos fluidos están separados por una membrana semipermeable, el fluido que contiene menor

concentración se mueve a través de la membrana hacia el fluido que contiene mayor concentración. Este movimiento del solvente (agua) a través de la membrana, para buscar el equilibrio, es conocido como ósmosis. Pasado un tiempo el nivel de agua es mayor en uno de los lados de la membrana. A esta diferencia de altura se le denomina presión osmótica.

Si se aplica en la columna del fluido más concentrado una presión superior a la osmótica, se obtiene el efecto inverso, es decir, el fluido es presionado de vuelta a través de la membrana, pero los sólidos disueltos permanecen en la columna. Este fenómeno se aprecia en la figura 4, y es el principio en el que se basa la ósmosis inversa.

Una de las principales aplicaciones de la ósmosis inversa es la desalación de aguas. La presión osmótica que es necesario aplicar depende de la concentración en sales de la solución. Para la mayoría de los casos de aguas depuradas, en los que la concentración en sales se encuentra entre 1.000 y 10.000 mg/l la presión se encuentra entre



Figura 5. Vista general de bastidores de ósmosis, módulos de membranas en espiral (imagen cedida por EMSSA).

1 y 15 bares. En la ósmosis inversa el agua se bombea a alta presión hacia la membrana. Este proceso da lugar a una corriente de solvente que se difunde a través de la membrana denominado permeado. Por otro lado, existe otra corriente concentrada en sales que contiene el soluto y solvente que no ha atravesado dicha membrana y que se denomina salmuera o rechazo.

Las membranas de ósmosis inversa se componen de una fina capa de material polimérico depositada sobre un soporte. Se ha de considerar la permeabilidad de la membrana al agua y a los iones, teniendo en cuenta que el transporte de agua debe ser muy superior al de los iones. La estabilidad a cambios de pH y temperatura, además de la capacidad de soportar elevadas presiones, son parámetros muy importantes a la hora de escoger una membrana.

Existen diferentes tipos de configuraciones para este proceso; los más habituales son los módulos en espiral y los módulos de fibra hueca. Los módulos en espiral poseen una elevada superficie por unidad de volumen.

Tabla 3. Resumen de características principales de la MF, UF, NF y OI.

		Microfiltración (MF)	Ultrafiltración (UF)	Nanofiltración (NF)	Ósmosis inversa (OI)
Presión (atm)		0,4-2	0,8-3,5	3,5-10	> 10
Tamaño de poro (µm)		0,1-20	0,001-0,1	0,001-0,01	< 0,001
Contaminantes	Sólidos en suspensión	Sí	Sí	Sí	Sí
	Sólidos disueltos	No	No	Algunos	Sí
	Bacterias y protozoos	Sí	Sí	Sí	Sí
	Virus	No	Sí	Sí	Sí
	Materia orgánica disuelta	No	No	Sí	Sí
	Hierro y manganeso	Sí, si se oxida	Sí, si se oxida	Sí	Sí
	Dureza	No	No	Sí	Sí

En ocasiones, es importante llevar a cabo un tratamiento previo para adecuar la solución influente.

Electrodialísis reversible

Otra tecnología habitualmente utilizada es la electrodialísis reversible (EDR). Es un proceso de separación electroquímico en el cual los iones son transferidos a través de membranas de una solución menos concentrada a otra de mayor concentración, como resultado de una corriente eléctrica continua.

Las membranas que hacen de ánodo y las que hacen de cátodo se disponen de manera alterna tal como se observa en la figura 6. En los extremos de estas pilas se encuentran los electrodos que son los responsables de aplicar la diferencia de potencial.

Las membranas catiónicas solo permiten el paso de iones positivos y las aniónicas de iones negativos. El resultado es la obtención de un efluente concentrado y uno diluido (permeado). La purificación del agua se realiza únicamente en lo que a su contenido en sales se refiere. El grado de purificación que se desee depende del potencial eléctrico aplicado. Para que la membrana sea eficiente es habitual que la polaridad de los electrodos se invierta cada cierto tiempo (diferente según las características de la membrana). Es lo que se conoce como electrodialísis reversible.

Desinfección

Finalmente, y con el objetivo de garantizar la seguridad y la calidad del agua regenerada, se llevan a cabo diferentes procesos de desinfección en función del objetivo de calidad.

El agua regenerada debe llegar a su destino en las condiciones de calidad y desinfección exigidas. Es responsabilidad del productor de agua regenerada que esta llegue al usuario final en las condiciones establecidas por la ley. La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos que producen enfermedades (Metcalf & Eddy, 2000).

Las características que se han de tener en cuenta para elegir un buen mecanismo de desinfección son:

1. Eficacia: debe ser capaz de desinfectar en la medida que se necesita (una menor eficiencia en la desinfección no sería aceptable).
2. Asequible económicamente: no es viable la utilización de un método excesivamente caro de desinfección.
3. Disponible: el suministro y almacenamiento deben estar garantizados.

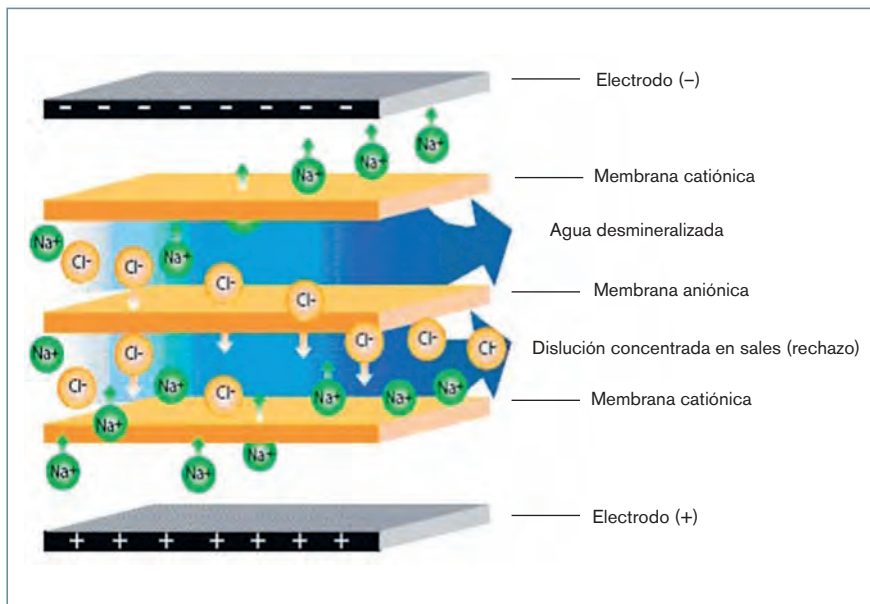


Figura 6. Esquema de una pila de electrodialísis reversible (Ionics, 2012).

4. Ausencia de subproductos: no debe dejar en el agua características no deseadas (olores, sabores...).

5. Carácter residual: indica el mantenimiento de un nivel de desinfección correcto (Magrama, 2010).

La desinfección la pueden llevar a cabo agentes químicos, de los cuales destacan los productos químicos oxidantes. La utilización de derivados de cloro es la opción más empleada y entre ellos el más conocido es el NaClO (hipoclorito de sodio). Suele estar valorado muy positivamente por su facilidad de manipulación y por su carácter residual (remanente de cloro en el agua).

Se utiliza a pesar de generar subproductos, tales como trihalometanos en presencia de materia orgánica.

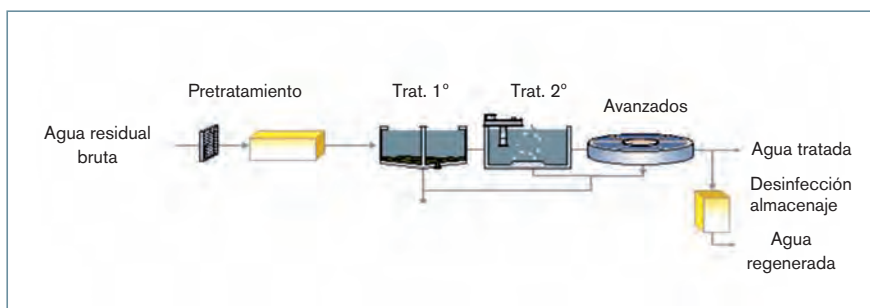
Como alternativas destacadas, existe el empleo de Cl_2O (dióxido de cloro), que es un oxidante efectivo y que empleado en aguas con fenoles elimina los problemas de olores. Sin embargo, al mismo tiempo, tiene el inconveniente de que oxida un gran número de compuestos e

iones, como hierro, manganeso y nitritos. Se tiene que generar in situ debido a su inestabilidad y no genera subproductos en cantidad apreciable. Se considera un buen biocida. Al contrario que el hipoclorito, no tiene carácter residual.

En el caso de la ozonización, lo habitual es que el ozono se produzca in situ, debido a su intensidad, mediante un generador. Dependiendo de si la alimentación se hace con aire seco u oxígeno, el porcentaje en volumen de ozono respecto al oxígeno varía; es mayor para el segundo caso (CSIC, 2008). Las microburbujas de ozono reaccionan con la materia orgánica, oxidándola y creando una reacción con radicales. De este modo, actúa principalmente contra virus y bacterias. Al mismo tiempo, reduce los olores, no genera sólidos disueltos adicionales y aumenta la oxigenación del efluente. Se recomienda para efluentes con baja concentración de materia orgánica, a pesar de no poseer carácter residual.

La desinfección también puede llevarse a cabo mediante agentes físicos, los

Figura 7. Esquema resumen de la línea de agua de una estación depuradora de aguas residuales (UdG, 2007).



País	Localización	Tipo de instalación	Descripción	Capacidad de terciario m ³ /día
España	Adeje Arona, Tenerife	Desaladora	Se está llevando a cabo la segunda fase de incremento de agua de tratamiento terciario. El agua tratada se destinará a uso agrícola	16.000
	El Chorrillo, Tenerife	EDAR	Nueva EDAR con 8.000 m ³ /día de capacidad de tratamiento terciario	8.000
	Los Letrados, Tenerife	EDAR	Nueva EDAR, con tecnología dedicada al tratamiento terciario	No especificada
	San Agustín de Guadalix, Madrid	EDAR	Aumento de la capacidad del tratamiento terciario. El agua regenerada se destinará a uso municipal	2.500
Israel	Drom Sharon Mizrahi	EDAR	Mejora y aumento de la EDAR existente con incorporación de tratamiento terciario. El agua del terciario se destinará a agricultura	12.000
	Na'am Industrial Park	EDAR	Mejora y aumento de la EDAR existente con incorporación de tratamiento terciario. El agua del terciario se destinará a agricultura y riego de jardines urbanos	27.397
India	Solapur	EDAR	Construcción de 3 nuevas EDAR	75.000; 15.000; 12.500
	Koyambedu Ro, Tamil Nadu	EDAR	Incorporación de ósmosis inversa a la planta para tratar agua que se destinará a usos industriales	45.000

Tabla 4. Algunos de los proyectos de regeneración previstos en diferentes partes del mundo.

tratamientos con membranas, anteriormente mencionados, también pueden considerarse un sistema de desinfección. Otro tratamiento de desinfección mediante agentes físicos es la radiación ultravioleta (UV). A diferencia de los anteriores, que son métodos químicos, este es físico, lo cual implica la ausencia de carácter residual. La luz ultravioleta es la más energética del espectro de luz con longitudes de onda entre el visible (400 nm) y los rayos X (100 nm) (CSIC, 2008). Se basa en la acción de una parte del espectro electromagnético sobre ácidos nucleicos y proteínas. De este modo, los microorganismos y los patógenos que se encuentren en el agua resultan inactivados. Se emplea la radiación a 253,7 nm que se considera la más adecuada. Es activo especialmente contra bacterias y virus. Se debe evitar cualquier tipo de coloración en el agua y los sólidos en suspensión del efluente deben estar en bajas concentraciones, ya que, de esta forma, la penetrabilidad de la luz es mayor para la lámina de agua que se quiere tratar y se consigue un mejor mantenimiento de las lámparas. Las fuentes de radiación UV habituales son lámparas de vapor de mercurio de baja o media presión y lámparas de arco de xenón (CSIC, 2008).

Contexto legal

No existe legislación europea sobre reutilización de aguas regeneradas. La única

referencia europea es el artículo 12, de la directiva 91/271 sobre tratamiento de aguas residuales. En este se indica que el agua residual tratada será reutilizada cuando sea apropiado; sin embargo, no especifica qué se entiende por apropiado.

La directiva 91/271 es una disposición normativa de derecho comunitario que vincula a los Estados miembros a cumplir una serie de objetivos en un plazo determinado, dejando a las autoridades internas competentes, la elección de la forma y los medios adecuados para tal fin.

Hay diversos Estados miembros que disponen de legislación al respecto. Uno de ellos, España, con el RD 1620/2007, otros como Francia, se basan en recomendaciones, que siguen en esencia las establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Son variadas las formas y estándares que se consideran dentro de los diferentes Estados que componen la Unión Europea. En Italia, por ejemplo, se establecieron nuevos estándares para la reutilización mediante la elaboración de un decreto ministerial. Este resulta bastante restrictivo y en algunos casos la calidad exigida es la misma que para el agua potable. En cambio, en otros países, como Estados Unidos, la regeneración y la reutilización de agua residual están perfectamente implantadas. California, es uno de los Estados pioneros en este campo.

En 2004 se publicó la actualización del manual editado por la EPA (Envi-

ronmental Protection Agency) sobre la reutilización de aguas residuales. No hay una legislación específica en Estados Unidos, cada Estado puede establecer sus propias limitaciones. Para el caso de California, estas limitaciones son bastante estrictas (Huertas, 2009).

Otros países como Israel, donde el agua es un bien muy escaso, la aparición de su primera legislación con relación a la reutilización, tuvo lugar en 1948 (Huertas, 2009).

Actualmente, son muchos los países que consideran la reutilización de agua una herramienta más para la gestión de este recurso y que disponen de las instalaciones y la tecnología para llevarlo a cabo. Afortunadamente, también son muchos aquellos países que se plantean la reutilización y que están llevando a cabo proyectos de implementación de tecnologías, ampliación de estaciones ya existentes e instalación de procesos destinados a ello. En la tabla 4, se muestra a modo de ejemplo, alguno de los proyectos que se están llevando a cabo o que se encuentran en fase de elaboración en diferentes partes del mundo.

En España: El RD 1620 y las calidades exigidas

En el ámbito comunitario, en la Directiva Marco de Aguas (DMA) se incluye la reutilización del agua entre las medidas complementarias que se pueden

Uso	Descripción	Nematodos intestinales (huevos/10 l)	E. Coli (UFC/100 ml)	SS (mg/l)	Turbidez (UNT)
Urbano	Riego de jardines privados	1	Ausencia	10	2
	Riego de zonas verdes urbanas	1	200	20	10
Agrícola	Riego de productos con contacto directo con la parte comestible de la planta (consumo no fresco)	1	1.000	35	No se fija límite
	Riego de productos agrícolas en que el agua tenga contacto directo con la parte comestible de la planta	1	100	20	10
Industrial	Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria	No se fija límite	10.000	35	15
	Torres de refrigeración y condensadores evaporativos	1	Ausencia	5	1
Recreativo	Riego de campos de golf	1	200	20	No se fija límite
Ambiental	Recarga de acuíferos por percolación localizada a través de terreno	No se fija límite	1.000	35	No se fija límite
	Recarga de acuíferos por inyección directa	1	0	10	2

Tabla 5. Resumen de algunos de los usos más comunes y calidades para aguas regeneradas (RD 1620/2007). UFC: unidades formadoras de colonias. UNT: unidades nefelométricas de turbidez.

incluir en el programa de medidas a aplicar en cada demarcación hidrográfica con el fin de cumplir los objetivos establecidos en el artículo 4 de la DMA (Magrama, 2010).

El 7 de diciembre de 2007 se aprueba en el Consejo de Ministros, el Real Decreto 1620, por el que se establece el régimen jurídico de aguas regeneradas, y el Ministerio de Medioambiente, Medio Rural y Marino publica su *Guía Práctica de Aplicación* en el año 2010.

En el artículo 2 de este RD se definen una serie de conceptos ya mencionados en la introducción del presente documento que facilitan la comprensión del texto. Destaca la definición de reutilización y la introducción del concepto de agua regenerada.

En esta norma se tratan también los aspectos relativos al régimen jurídico, tales como el título requerido para su uso, los procedimientos de obtención de la concesión y/o autorización y los contratos de cesión de derechos. Finalmente, establece las condiciones de calidad que debe cumplir el agua para su uso, indicando los usos permitidos y los prohibidos y el régimen de responsabilidades con relación al mantenimiento de la calidad (Magrama, 2010).

El anexo I, del RD, fija los valores máximos admisibles de los parámetros en función de los usos a los que está destinada el agua regenerada. En la

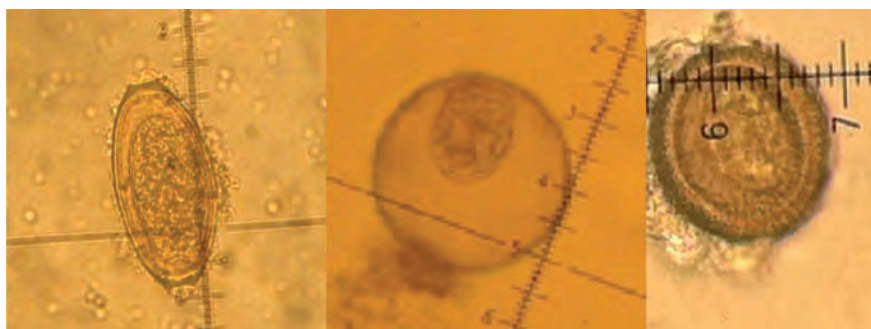


Figura 8. Huevos de helminto en aguas residuales: *Trichuris*, *Hymenolepis*, *Taenia*.

tabla 5, se muestran algunos de los usos más comunes y sus parámetros de calidad. Se distinguen 5 grandes grupos: urbano, agrícola, industrial, recreativo y ambiental.

En este mismo anexo, se establece, además, la frecuencia y los métodos de análisis de los parámetros para valorar el cumplimiento de los requerimientos de calidad y establecen los criterios de conformidad y las medidas de gestión frente a incumplimientos (Magrama, 2010).

En el anexo II, del RD, se incluye el modelo de solicitud y autorización, que recoge toda la documentación requerida para poder reutilizar el agua.

Además de los valores mostrados en la tabla anterior, para cada uno de los usos, se especifican, en el anexo I.A, otros criterios que atienden a las particularidades de cada uso, como la ausencia de

Legionella spp en usos en que el agua sea susceptible de crear aerosoles.

También se establecen, en este RD, los usos para los que el agua regenerada tiene prohibido su uso. Estos son:

- Consumo humano (salvo catástrofe).
- La mayoría de usos para industria alimentaria y refrigeración.
- Usos hospitalarios.
- Cultivo de moluscos filtradores.
- Agua de baño.
- Fuentes y láminas ornamentales.

Usos del agua regenerada en España

Se puede afirmar que el gran impulso de la depuración en España se produjo como consecuencia de la directiva 91/271/CEE, que obliga a la depuración del agua residual de los núcleos urbanos a partir de cierto número de habitantes (CSIC, 2008).

En la actualidad, prácticamente todas las grandes ciudades españolas disponen de depuradoras. Siguiendo la directiva mencionada, todas las poblaciones mayores de 2.000 habitantes equivalentes que viertan a aguas continentales y estuarios, y mayores de 10.000 que viertan a aguas costeras, quedaban emplazadas a garantizar la correcta recogida y tratamiento de sus aguas residuales urbanas antes de su vertido y antes de 2005 (CSIC, 2008).

Dado que la mayor parte de las depuradoras de las ciudades españolas ya están construidas, el suministro de materia prima para la regeneración y su posterior reutilización parece garantizado. Por tanto, la reutilización debería poder potenciarse siempre que se consiga una mentalización adecuada.

En cuanto a proyectos llevados a cabo en España, podemos mencionar:

- La reutilización agrícola en Vitoria, activa desde hace más de 10 años.
- La reutilización agrícola y de recuperación de la Albufera en Valencia.
- La reutilización en el llano de Palma, que incluye riego de jardines urbanos y campos de golf, riego agrícola y recarga de acuíferos.
- La Costa Brava, con una red municipal de distribución exclusiva en el municipio de Tossa de Mar (Girona).
- El proyecto de reutilización en Madrid, para riego de parques y jardines, campos de golf y otros usos.
- Los grandes proyectos de las islas Canarias, para riego agrícola y de campos de golf.
- El gran sistema de regeneración y reutilización de la depuradora de El Prat de Llobregat de Barcelona (CSIC, 2008).

A continuación, se explica más detalladamente las acciones que se llevan a cabo en la Estación Regeneradora de Aguas (ERA) de El Prat de Llobregat, a modo práctico y como ilustración de un proceso de regeneración.

El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) comprende 600 km² e incluye 36

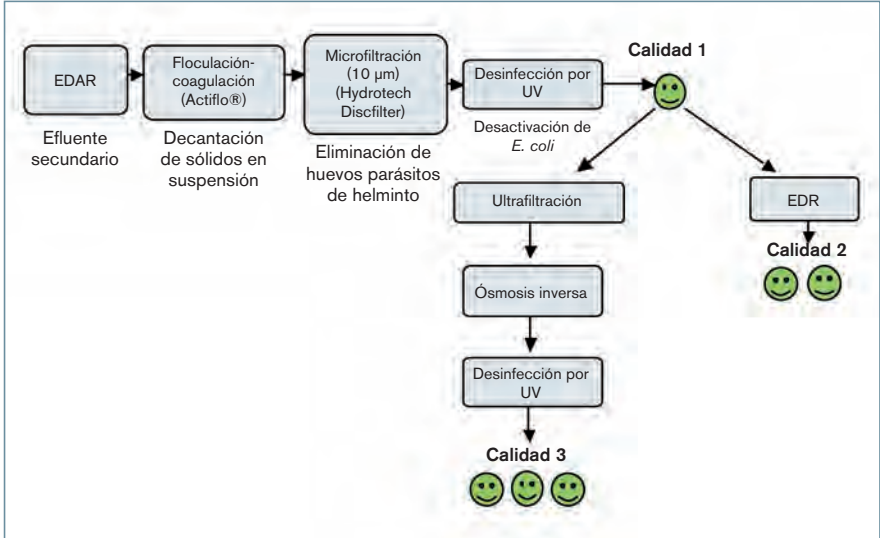


Figura 9. Esquema ERA del Llobregat.

municipios. El AMB es la primera zona industrial de España y la segunda en términos de población, con una densidad de población media de 5.800 habitantes/km², (Mujeriego et al, 2008). EMSSA (Empresa Metropolitana de Sanejament, SA) es la empresa pública del AMB encargada de gestionar el saneamiento y dispone de siete estaciones depuradoras, cuatro de las cuales, disponen de ERA (Estación Regeneradora de Aguas), distribuidas por todo el territorio metropolitano. Diariamente en el conjunto de instalaciones gestionadas por EMSSA, se tratan 1.050.000 m³ de aguas residuales, lo que comporta una población equivalente de 5.700.000 habitantes, el 55% de toda Cataluña. La elevada cantidad de población afecta directamente a los recursos hídricos de la zona, y el río Llobregat es uno de los más afectados. Para paliar la escasez de agua cuantitativa y cualitativa de esta zona desde el año 2006, EMSSA dispone de una ERA en la EDAR del Llobregat.

El influente de la ERA se destina a diferentes usos según los tratamientos a los que se someta, entre ellos cabe destacar: agua para riego agrícola, agua para

el mantenimiento del caudal ecológico del río Llobregat, restauración de zonas húmedas, agua para riego de jardines (en la zona de Montjuïc, en Barcelona) y la inyección de agua para frenar la intrusión salina en el delta del Llobregat.

La ERA del Llobregat sigue el siguiente que se detalla en la figura 9.

La EDAR del Llobregat tiene una capacidad de 420.000m³/día, de los cuales el tratamiento de regeneración puede tratar 300.000 m³/día dando una calidad 1 que se detalla en la tabla 6.

Los usos para los que esta calidad es apta son:

- Restauración del caudal ecológico del río Llobregat (175.000 m³/día).
- Restauración de zonas húmedas (40.000 m³/día).
- Riego de jardines (10.000 m³/día).

La capacidad de la estación de electrodialisis reversible es de 55.000 m³/día de agua producto (47.000 m³/día agua desalada) y su uso está destinado al riego agrícola. El agua de salida de la EDR (como en la mayoría de los casos de desalación) contiene una concentración de sales muy baja (~800 µS), lo cual implica

Tabla 6. Calidades de la ERA El Prat de Llobregat según el tratamiento aplicado.

	DBO ₅	SS	Turbidez	Huevos helmintos parásitos	Conductividad
	mg/l O ₂	mg/l	NTU	Uds/l	µS
Calidad 1	≤10	≤5	≤5	≤1	~ 3000
Calidad 2 (EDR)	≤10	≤5	≤5	≤1	800 (agua desalada) 1.300 (agua producto)
Calidad 3 (ósmosis inversa)	≤10	~ 0	~ 0	≤1	0 (agua desalada) < 1.500 (agua producto)



Figura 10. Visión de las reutilizaciones llevadas a cabo por la Estación Regeneradora de Aguas El Prat de Llobregat (Imagen: EMSSA)

que el agua desalada debe ser remineralizada, mediante la mezcla con agua de calidad 1, hasta encontrar el valor de conductividad deseado, que en este caso es de $1.300 \mu\text{S}$ (valor similar a la conductividad del agua del río Llobregat). En la tabla 6, pueden observarse las calidades que resultan de este proceso.

La recarga artificial de acuíferos se incluye en el RD 1620/2007, como un uso de agua ambiental. En la tabla 5, se muestran las calidades requeridas para la recarga según el método utilizado. La recarga de acuíferos supone una reserva de los recursos hídricos, de forma que pueden ser utilizados en épocas de falta de agua, o también puede ser un método efectivo para luchar contra la intrusión salina. Un ejemplo de este proceso es el que se lleva a cabo en el acuífero principal del delta del Llobregat. El acuífero del delta del Llobregat tiene un descenso piezométrico bajo el nivel del mar desde principios de la década de 1970, producto de la sobreexplotación. Ello ha comportado, entre otros factores, la aparición y el avance de la intrusión marina en el acuífero y el empeoramiento progresivo de la calidad de agua (Ortuño Govern et al, 2009). En la ERA del Llobregat existe una planta desaladora, construida con el fin de inyectar agua en este acuífero. Está constituida por cinco trenes de ultrafiltración, seis bastidores de ósmosis inversa y tres canales de desinfección por UV. La ultrafiltración

supone un tratamiento previo, con el fin de preservar las membranas de ósmosis inversa ya que éstas son propensas al ensuciamiento. La planta está diseñada para la inyección de $15.000\text{m}^3/\text{día}$ de agua producto. El agua de salida de la ósmosis inversa se mezcla con agua ultrafiltrada para conseguir la conductividad deseada.

Existen 14 pozos de inyección distribuidos formando una barrera en paralelo al litoral. En la figura 10 se observan las ubicaciones de cada uno de los puntos de reutilización del agua regenerada en la ERA El Prat de Llobregat.

Riesgos

El agua en condiciones no adecuadas es la causa de numerosas enfermedades, incluso en países desarrollados.

Los peligros que puede presentar un agua son básicamente de dos tipos: biológicos y químicos. Los biológicos se originan por la presencia de microorganismos patógenos en el agua, mientras que los peligros químicos se deben a la presencia de productos químicos o metales pesados procedentes de la industria o la agricultura.

Es conveniente aclarar la diferencia entre riesgo y peligro, ya que muchas veces son conceptos que se confunden. Un peligro es un agente que puede ocasionar un efecto nocivo para la salud, mientras que un riesgo, es una función que permite valorar la probabilidad de

que se produzca un efecto adverso sobre la salud y con una determinada gravedad.

Aunque la utilización de aguas regeneradas para la producción directa de agua potable es una alternativa generalmente descartada, la calidad sanitaria del agua regenerada es un factor muy importante para cualquier uso. La reutilización de agua regenerada implica riesgos sanitarios que es imprescindible controlar.

Una herramienta para establecer procedimientos de autocontrol eficaces es la utilización del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) en inglés conocido como Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP), el cual, bajo fundamentos científicos y con un carácter sistemático, permite identificar los peligros específicos y establecer medidas para su control. Este sistema se basa en la prevención, en lugar de basarse únicamente en el control de la calidad del producto final. El APPCC, es una herramienta que debe adaptarse permanentemente a los cambios y modificaciones en el diseño del equipo o instalaciones y a los cambios en los procedimientos de aplicación y producción (UdG, 2007).

Este método fue desarrollado inicialmente por la NASA (National Aeronautics and Space Administration), los laboratorios del ejército Natiki y la Compañía Pillsbury. El objetivo era asegurar que los alimentos de los astronautas estuvieran libres de contaminación. Para ello diseñaron un método basado en la observación de cada etapa del proceso que les permitiera detectar aquello que podía fallar e investigar las causas y los efectos más probables del posible fallo. El sistema ha tenido muchas revisiones y actualmente muchas autoridades sanitarias de diferentes países recomiendan o incluso obligan a su implantación (UdG, 2007).

El APPCC consta de 12 etapas. Las dos más importantes son el análisis de los peligros y la determinación de los puntos de control crítico (PCC), que son las fases del proceso dedicadas a controlar la eliminación de un determinado peligro. Para el caso del tratamiento de aguas, los PCC suelen coincidir con las etapas de desinfección, almacenamiento y distribución.

La aplicación del APPCC en la regeneración de agua aportaría diversos beneficios, tales como un mejor control de los riesgos sanitarios asociados al agua regenerada, disminución de la frecuencia de muestreo del agua regenerada y, por tanto, la reducción de los costes deriva-

dos del sistema de muestreo establecido. Aparte de los beneficios más directamente cuantificables, la implementación de uno de estos sistemas aporta al organismo, empresa o responsable de la regeneración el reconocimiento de la calidad, tanto del sistema utilizado como del producto obtenido.

Conclusiones

Una vez visto el proceso de regeneración de aguas residuales y sus características y peculiaridades, vale la pena destacar ciertos aspectos e ideas que se han ido presentando a lo largo de este documento.

La regeneración se debe plantear como un proceso destinado a obtener un producto de calidad, de modo muy similar al que se adopta en las instalaciones de potabilización de agua de abastecimiento, es decir, los procesos que conforman la regeneración son asimilables a los de potabilización. Estos difieren en la calidad que se exige para cada una de estas aguas. Es evidente que para el caso del agua potable las exigencias sanitarias son más estrictas, pero no se debe olvidar que la utilización del agua regenerada también implica el cumplimiento de la legislación vigente, que establece los parámetros de calidad exigidos para cada uno de los usos establecidos. El proceso de reutilización permite disponer de un aporte de agua adicional que se traduce en la posibilidad de reservar el agua de mayor calidad para usos más exigentes, como la producción de agua potable.

Es también importante el dimensionamiento de las plantas de regeneración en función de los usos actuales y necesidades futuras, entendiendo que el agua regenerada es un recurso al alza y que aporta mayor fiabilidad y regularidad de caudal que los cauces naturales, en las zonas semiáridas españolas. El flujo y la calidad del agua depurada son, generalmente, conocidos y constantes.

La implementación de un sistema APPCC en el proceso de regeneración del agua permitiría un mejor control de los riesgos sanitarios asociados. Este sistema implica el reconocimiento de la calidad del procedimiento utilizado y del producto obtenido.

El mantenimiento de los ecosistemas es un claro ejemplo de una reutilización acertada y con resultados visibles. La recarga de acuíferos, además de suponer un mantenimiento ecológico de la zona, supone un almacén natural de agua disponible para épocas de sequía, con la ventaja de que el almacenamiento tiene lugar de forma natural y no es necesaria la cons-

trucción de infraestructuras. Además de los beneficios intrínsecos de cada uno de los usos, el ahorro del recurso natural es común para todos ellos. Se debe recordar que es la escasez del recurso hídrico la que lleva a poner en boga la reutilización. Son ya muchos los países que están llevando a cabo la implantación de sistemas de regeneración y que están reutilizando sus aguas residuales. En muchos otros, la cultura de regeneración ya formaba parte de la gestión de sus aguas desde tiempos más lejanos, sobre todo en zonas donde la falta de agua es la normalidad (zonas áridas y semiáridas).

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la Dra. Montserrat Folch, de la Universidad de Barcelona, su contribución directa en muchos de los datos que se han recogido en el presente artículo y su soporte técnico. También a EMSSA (Empresa Metropolitana de Sanejament S.A.) y en especial a Pere Aguiló, director de Explotación de EMSSA, y a Joaquín Bosque, jefe de Planta de la EDAR El Prat de Llobregat, por su ayuda técnica y por facilitarnos los datos relacionados con la EDAR El Prat, que han sido utilizados para la elaboración de este documento.

Bibliografía

- Asano, T (1998). *Wastewater Reclamation and Reuse*. Vol. 10. CRC Press Technomic Publishing Company, Inc. USA.
- Balaguer MD, Puig MA, Salgot M, Sánchez-Marre M, Turón C (2007). *Gestió i Tractament d'Aigües Residuals*. Universitat de Girona. ISBN: 978-4-845-260-1 (libro en soporte digital).
- BOE (2007). Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/08/pdfs/A50639-50661.pdf>. (Consultado el 1 de abril 2012.)
- BOE (1996). Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del real decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/1996/03/29/pdfs/A12038-12041.pdf>. (Consultado el 1 de abril 2012.)
- Conill C, Gullón M, Aguiló P (2011). Water reclamation plant of El Prat de Llobregat and water reuse management in the Metropolitan Area of Barcelona. Water Reuse conference International Water Association, Barcelona 2011. Disponible en: <http://www.waterbcn2011.org/download/Water%20Reuse%20Project%20of%20Barcelona%20Metropolitan%20Area.pdf>. (Consultado el 2 de abril 2012.)
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC (2008). *Aguas continentales. Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua*. Cyan Proyectos y Producciones Editoriales, Madrid. ISBN 84-00-08454-3.
- Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (2007). *Agua Potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidro-red/ebooks/ripda/pdfs/Prologo.pdf>. (Consultado el 30 de marzo 2012.)
- Global Water Intelligence (2012). Global water reuse tracker. GWI, monitoring service charting the progress of major water reuse projects around the world. *Global Water Intelligence*. Volume 13:58-66.
- Huertas Hidalgo E (2009). Regeneració i reutilització d'aigües residuals. Tecnologia, control i risc. Dispo-

nible en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/31979>. (Consultado el 8 de abril 2012.)

Ionics: Jornadas Técnicas: *Membranas en el tratamiento de aguas*. E.U.P. Sevilla. Disponible en: <http://prueba2.aguapedia.org/master/jornadas/ionics/ionics.pdf>. (Consultado el 13 de abril de 2012.)

Metcalfe & Eddy (2000). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Mc Graw Hill, Madrid. ISBN 84-481-1607-0.

Mujeriego R, Compte J, Cazorra T, Gullón M (2008). The water reclamation and reuse project of El Prat de Llobregat, Barcelona, Spain. *Water Science & Technology*. 57:4:567-574.

Magrama: Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (2010). *Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas*. Disponible en:

http://www.magrama.gob.es/eu/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/GUIA_RD_1620_2007_tcm9-178027.pdf. (Consultado el 28 de marzo de 2012.)

Magrama: Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (2007). *Perfil Ambiental de España. Informe basado en indicadores*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/informacion-ambiental-indicadores-ambientales/indicadores-ambientales-perfil-ambiental-de-espana/perfil-ambiental-de-espana-2007/>. (Consultado el 25 de marzo de 2012.)

Mujeriego R (2005). La reutilización, la regulación y la desalación de agua. *Ingeniería y Territorio*. 72:16-25.

Ortuño F, Niñerola JM, Armenter JL, Molinero J (2009). La barrera hidráulica contra la intrusión marina y la recarga artificial en el acuífero del Llobregat (Barcelona, España). *Boletín Geológico y Minero*. 120:7-16.

M. Carmen Trapote Forné

mctrapote84@gmail.com

Diplomada en ingeniería técnica industrial (química). Licenciada en ciencias ambientales.

Begoña Martínez López

bmartinez@emssa.com

Licenciada en ciencias químicas. Actualmente desarrolla su carrera profesional como jefa de línea de aguas de la EDAR El Prat de Llobregat (Barcelona).



**FUNDACIÓN
ESCUELA DE LA EDIFICACIÓN**



Tu aprendizaje nuestra razón de ser

El enfoque de estos programas está eminentemente dirigido a satisfacer la empleabilidad de los alumnos (afianzamiento y mejora del puesto de trabajo o acceso a ingenierías, consultorías y departamentos técnicos de empresas). Este enfoque, exige que los programas armonicen los tiempos dedicados a la impartición de los conocimientos teóricos necesarios para que los alumnos adquieran criterio ingenieril (conocer el por qué, para qué, cuándo), como a aquellos otros que permiten abordar en el seno de un equipo, las habilidades exigidas por las empresas y las herramientas necesarias (dominar el cómo).

La libertad y flexibilidad en la elección de los temarios, los horarios y el ritmo de impartición de las clases, así como la orientación hacia la aplicación práctica de los contenidos teóricos, confieren a estos programas y a los alumnos que los superan un carácter muy atractivo para las empresas, tanto a la hora de dotar a sus técnicos de los conocimientos que les permitan afrontar su trabajo, como a la hora de incrementar sus plantillas.



**ABIERTO
PLAZO DE
MATRÍCULA**

► PROGRAMAS MÁSTER Y CURSOS ESPECIALIDAD 2012/13

Máster en Instalaciones de Edificación (MIE)	120 ECTS
Máster en Gestión de Activos Inmobiliarios y Servicios (Facility Management)	60 ECTS
Máster en Gestión de Proyecto y Construcción (Project & Construction Management)	60 ECTS
Máster en Estructuras de la Edificación (MEE)	120 ECTS
Máster en Recuperación y Gestión del Patrimonio Construido (MRP)	120 ECTS
Máster Inmobiliario	120 ECTS
Máster de Estudios Superiores en Ciencias e Ingeniería de la Edificación (UNED)	220 ECTS
Curso de Especialización en Gestión Energética de Edificios (Energy Management)	30 ECTS
Curso de Especialización en Analista Inmobiliario Profesional (Professional Real State Analyst)	30 ECTS
Curso de Especialización en Interiorismo	30 ECTS



Másters y Cursos de Especialidad con apoyo de plataforma de teleformación

Información y matrícula

C/ Maestro Victoria, 3 | 28013 Madrid | Tel. 91 531 87 00 | Móvil 669 45 90 97 | edif@esc-edif.org | www.escueladelaedificacion.org

Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED

Miguel Ángel Gil García, Pedro Sanz Angulo, Juan José de Benito Martín, Jesús Galindo Melero

Definition of a methodology for a practical application of SMED

RESUMEN

El SMED (*Single-Minute Exchange of Die*, es decir, cambio de herramienta en un solo dígito de minutos) es una herramienta de mejora que permite reducir los tiempos de cambio de útiles de forma considerable, lo que se traduce en un aumento de flexibilidad, productividad y eficiencia. Sin embargo, la implantación de esta herramienta requiere un periodo de formación en el que se aprende a distinguir entre los diferentes tipos de operaciones, a tener la capacidad de transformar operaciones internas en externas y a resolver los problemas que esto plantea, etc.

Esta formación debe cumplir tres requisitos básicos para que las empresas la valoren de forma positiva: ha de ser económica, debe poder probarse e incluso implementarse en un corto periodo de tiempo que no condicione la respuesta al cliente y ha de aplicarse en la resolución de los problemas reales que surgen en las propias instalaciones.

Son, precisamente, estos condicionantes los que han motivado el desarrollo de la metodología de aplicación práctica de la herramienta SMED que aquí se propone. En concreto, este artículo presenta la metodología, describe brevemente cada una de las etapas que la componen y evalúa los resultados más importantes de su aplicación. Se trata de una metodología fácil de aplicar, que responde a las necesidades y condicionantes reales de las empresas, y en la que los empleados aprenden haciendo, ya que se pone como modelo de estudio una situación real.

Recibido: 2 de junio de 2011
Aceptado: 13 de enero de 2012

Palabras clave

SMED, formación, producción, productividad, mantenimiento

ABSTRACT

SMED is an improvement tool that reduces considerably the tool change time, resulting in an increase of flexibility and in an improvement of productivity and efficiency. However, to implement this tool a training period is necessary in which employee learn to distinguish the different types of operations, to have the ability to transform internal operations to external and to solve the problems it involves, etc.

This formation must meet three basic requirements in order to be positively valued by the companies: it must be economical, it must be easy to implement in a short period of time without making conditional the response to the client, and finally it must be practical, i.e., it must be applied in the resolution of the real problems that arise on the manufacturing facilities.

These determining factors have motivated the development of the methodology for a practical implementation of the SMED tool proposed here. In particular, this paper presents the methodology, briefly describes each one of its stages and evaluates the most important results of its application. It is an easy-to-apply methodology that responds to the real needs and conditions of actual businesses, and in which the employees 'learn by doing' thanks to the study of a real situation.

Received: June 2, 2011
Accepted: January 13, 2012

Keywords

SMED, training, production, productivity, maintenance



Foto: Shutterstock

El comportamiento de los mercados actuales está presidido por las exigencias de los clientes, que buscan satisfacer su demanda con productos cada vez más personalizados. En este contexto, cualquier empresa se ve en la obligación de fabricar lo que demanda el cliente justo en el momento oportuno, en la cantidad y calidad que precisa y a un precio competitivo. Se necesitan, por tanto, medios productivos suficientemente flexibles que permitan a las empresas responder a esta demanda con nuevos productos, o variaciones de los ya existentes, utilizando los recursos disponibles de un modo eficiente.

Esta filosofía constituye el principio de actuación de numerosos métodos avanzados de producción como son el *Just in Time* o fabricación Justo a Tiempo (Monden, 1988, 1996; Ohno, 1993; Bañegil, 1993), el *Lean Manufacturing* o Producción Ajustada-Esbelta (Womack, Jones y Roos, 1992; Womack y Jones, 2005; Cuatrecasas-Arbós, 2006, 2010; Rajadell-Carreras, 2010), y el *World Class Manufacturing* o Fabricación de Clase Mundial (Schonberger, 1991, 1996; Rubrich y Watson, 2004). Una de las herramientas básicas en todos estos métodos es el SMED o *Single Minute Exchange of Die*, desarrollada por Shigeo Shingo (1991, 2003).

El SMED es una herramienta de mejora sobradamente contrastada (Rey-Sacristán, 2009) que permite reducir los tiempos de cambio de útiles, contribuyendo así al aumento de la flexibilidad, a la reducción de despilfarros, a la mejora de la productividad, etc. (al lanzar series más pequeñas se logra reducir los tiempos de parada, el nivel de *stock*, el tiempo de flujo, el tiempo de respuesta, etcétera). Sin embargo, para implantar esta herramienta se necesita un periodo de formación en el que se aprenda a distinguir entre los diferentes tipos de operaciones, a tener la capacidad de transformar operaciones internas en externas y a resolver los problemas que esto plantea, entre otros aspectos.

La enseñanza del método SMED en las empresas generalmente se ve comprometida por una planificación previa que condiciona la asignación de los recursos necesarios. Además, debemos ser conscientes de que ante una nueva metodología o herramienta lo fácil suele ser comprender “qué es lo que hace”, “dónde se aplica” y “para qué se utiliza”, pero saber “cómo se aplica” es lo realmente complicado. Por ello, cuando una compañía decide implantar el SMED a través de un autoaprendizaje interno el proceso suele ser bastante lento y nunca

se está plenamente seguro de que se haya aplicado de forma correcta.

La otra opción consiste en contratar los servicios de un experto, por lo general externo, lo que habitualmente garantiza una correcta aplicación de la metodología y un rápido aprendizaje, aunque también precisa una mayor inversión que las empresas no siempre están dispuestas a realizar. Tampoco resulta fácil encontrar metodologías que se adapten a las necesidades particulares de cada empresa, ya que estas suelen estar subordinadas al criterio de quienes las aplican y también hay que tener presente que pertenecen al “saber hacer” (*know-how*) de quienes las utilizan.

Es un hecho evidente que en la mayoría de las empresas existe la necesidad de reducir los tiempos de cambio de útiles sin incurrir en unos costes excesivos. Por ello, es preciso contar con una metodología en la que durante un breve periodo de tiempo de intervención se pueda realizar la ejecución del método SMED sobre un caso real. Desde la óptica del mundo profesional esta metodología ha de mostrar “cómo realizar” una correcta intervención teniendo presente que las empresas buscan cubrir la formación de su personal mediante una aplicación práctica en el taller, sobre el terreno. Solo de esta forma el personal de la

empresa puede llegar a adquirir el suficiente dominio sobre la herramienta SMED como para asegurar una aplicación efectiva a nivel interno.

Siguiendo la “regla del 80/20” o ley de Pareto, hemos definido un procedimiento que pretende conseguir el 80 % de la ganancia del SMED empleando para ello el 20 % de los recursos que precisa la metodología original (los recursos *esenciales*) y, al mismo tiempo, contribuir a la formación del personal de la empresa de manera efectiva. Partiendo de esta idea, el presente documento describe la metodología y las etapas necesarias para llevar a cabo una rápida aplicación del cambio de utillaje-herramienta.

Metodología

La idea que subyace al método es sencilla: dado un cambio de utillaje, se configura un equipo de trabajo multidisciplinar que estudia el proceso para conseguir su optimización tanto desde el punto de vista técnico como económico. Esta metodología se lleva a cabo en un periodo de tiempo muy breve, en concreto cuatro días de trabajo, lo que la convierte en una herramienta muy rentable para las empresas, ya que pueden replicarla fácilmente en otras máquinas y útiles.

El método se apoya en el conocimiento que tienen los operarios y en la capacidad del coordinador para liderar el equipo en la utilización de los mecanismos o herramientas propias del SMED. Dicho coordinador necesita poseer competencias propias de un ingeniero industrial o de organización industrial a fin de garantizar la consecución de los objetivos marcados: capacidad de motivación, liderazgo, coordinación de equipos, etcétera. Otro elemento clave es la comunicación entre los integrantes del grupo de trabajo, por lo que se necesita un soporte documental o *mural*¹ (véase la figura 1) que todos los participantes puedan observar y que guíe el comportamiento del equipo durante el proceso.

A continuación, se describirán los diferentes pasos y actividades que componen la metodología, siguiendo el esquema que aparece en la figura 2.

Elegir el problema

La primera acción que hay que realizar ha de ser la *elección del cambio de útiles* sobre el que se va a aplicar la metodología. Las empresas suelen tener claro sobre qué máquina empezar a aplicar la herramienta SMED, ya que acostumbra a ser la más difícil de dominar y la que más problemas tiene. Sobre el panel o *mural* se debe



Figura 1. El mural y su utilización en las salas de trabajo.



Figura 2. Etapas de la metodología.

definir de forma precisa el cambio de útiles que se va a estudiar indicando el nombre de la empresa, del taller y de la línea, así como el nombre y número de la máquina y la denominación de los productos fabricados.

La siguiente actividad consiste en *designar el equipo de trabajo*: de acuerdo con el conjunto directivo, se debe concretar qué personas compondrán el grupo de trabajo, de forma que estén representados todos los departamentos. El equipo resultante deberá ser multifuncional, e

incluir al jefe de la unidad de trabajo, los ajustadores, el personal de mantenimiento y los operarios que ocupan el puesto de trabajo, así como los técnicos de los servicios de soporte de útiles, métodos, calidad, ingeniería, etc. Por último, han de planificarse las fechas provisionales de las reuniones, contactos y entrega de documentación.

Observar la situación actual

Una vez en el taller, es preciso grabar en vídeo el proceso de cambio de útiles,

ANTES (planificación)
Es preciso asistir a un cambio de útiles previo para tener una visión general del proceso que permita planificar mejor los movimientos de cámara.
Es aconsejable explicar a las personas filmadas el objetivo de la grabación y la forma en que se desarrollará, para que participen activamente y aporten su “saber hacer”.
Hay que incrustar sobre la imagen la fecha y hora (con precisión de segundos) para conocer la duración de las operaciones y facilitar la búsqueda de secuencias.
Es conveniente realizar una primera secuencia que nos proporcione una visión general sobre el entorno y que recoja la situación de los elementos.
DURANTE (desarrollo)
Mientras se está grabando se debe enfocar sobre el lugar preciso donde se está realizando la operación, filmando cuidadosamente los movimientos de manos, ojos, cuerpo del operario, útiles y aparatos de elevación.
Conviene realizar una grabación sin cortes, durante todo el tiempo de cambio de útiles, para que sirva como testigo de que no se han manipulado las secuencias.
Además, deberemos seguir siempre al mismo operario. En caso de operaciones simultáneas será necesario realizar varias grabaciones (definiendo un operario como “principal” y los demás como “asistentes”) para saber el grado de solapamiento de las operaciones.

Tabla 1. Recomendaciones para efectuar una buena grabación del proceso.

desde la última pieza buena que sale de la serie precedente, hasta la primera pieza buena de la siguiente serie, a cadencia nominal. Para llevar a cabo dicha actividad de la forma más eficiente posible, se recomienda seguir los consejos que aparecen en la tabla 1.

Registrar el proceso en vídeo o formato digital presenta varias ventajas asociadas a la objetividad y al poder de convicción de la imagen: el equipo comparte una misma observación del cambio de útiles, lo que les permite comprender mejor el proceso, se puede volver a visionar lo grabado o volver a ver ciertas secuencias, se pueden intercambiar ideas o preguntar al operario, los operarios pueden explicar mejor sus dificultades y admitir las propuestas de mejora, se facilita la descomposición del cambio de utillaje en operaciones elementales, etcétera. Además, un vídeo implica menos reacciones de rechazo que un estudio de tiempos sobre el terreno con observaciones directas.

Antes de visualizar la grabación es preciso asignar las tareas de visualización entre los distintos miembros del equipo de trabajo: uno de los operarios debe identificar las operaciones que se realizan durante el cambio de útiles; también debe encomendarse el manejo del cronómetro y de los medios audiovisuales; es preciso asignar varios responsables de la colocación de etiquetas, la realización de diagramas, la identificación de “hechos constatados” y, finalmente, otras personas se encargarán de identificar aquellas acciones y propuestas que surjan durante las conversaciones.

A continuación, se procede a *descomponer el cambio de útiles en operaciones elementales*,

para lo que se visionará la grabación tantas veces como sea necesario. Este proceso de descomposición, que se corresponde con la fase 1 del SMED, se realiza en equipo aunque situando al operario como elemento central para que comente sus acciones y dé las explicaciones oportunas. Como resultado de este proceso se *anotan sobre el mural* distintas etiquetas o *post-its* con los detalles del cambio de útiles² (utilizaremos *post-its* de diferentes colores para cada función): se ha de escribir la denominación de cada secuencia sobre las etiquetas y pegarlas por orden en las casillas de la fila “operaciones elementales”; también se escribirá el tiempo exacto que dura cada operación sobre etiquetas de diferente color y se pegarán en las casillas “duración” del mural; por último, han de anotarse los hechos constatados debajo de cada operación y su tiempo.

Una vez identificadas las operaciones elementales, es preciso separarlas en internas y en externas. Como se conocerá, existen dos tipos de operaciones en un cambio de útiles: las internas, que se efectúan imperativamente con las máquinas paradas (como es, por ejemplo, el cambio de una matriz), y las externas, que pueden efectuarse cuando la máquina está en marcha (por ejemplo, la salida y el retorno de los útiles al almacén). Transformar las operaciones internas en operaciones externas constituye la segunda fase de la metodología SMED, y es el principio de base que hay que aplicar para lograr el cambio rápido de útiles, ya que muchas de las tareas que se efectúan con la máquina parada se pueden realizar con ella en marcha.

El equipo, y en especial el operario que realiza el cambio, determina qué

operaciones deben hacerse imperativamente con la máquina parada (operaciones internas) y cuáles pueden realizarse cuando la máquina está funcionando (operaciones externas) en la situación actual. En el mural, para cada operación ha de desplazarse la etiqueta de duración bien hacia la casilla “interna” o hacia la “externa”, según aparezca en la filmación. Esta simple reflexión hace que las ideas fluyan en el equipo anticipándose a las posibles soluciones.

Analizar las causas

Antes de sugerir soluciones de mejora es necesario conocer por qué se efectúa cada operación, es decir, es preciso determinar y describir la función real de cada operación. Para ello, deberemos tener presente que “el mejor cambio de útiles es, precisamente, la ausencia de cambio”.

El equipo utilizará el método QQDCC (véase la tabla 2), lo que significa que para cada operación formularemos las preguntas de qué, quién, dónde, cuándo y cómo, seguidas cada una de ellas de 5 “porqués”. De esta manera, se sistematiza la búsqueda de justificaciones para la posible eliminación o sustitución de tareas.

Para llevar a cabo esta actividad debe utilizarse la información escrita sobre el mural de cambio rápido de útiles. Las observaciones importantes han de apuntarse en etiquetas amarillas (o de otro color diferenciador) que se pegarán en la fila “análisis” del mural.

La importancia de la planificación de la producción se pone de manifiesto en esta fase, por lo que se necesitan datos precisos y fiables para asegurar la preparación en buenas condiciones.

Preguntas	Mejora esperada
¿QUÉ?	¿Cuál es el objetivo de esta operación?
Seguido de los 5 "porqués"	Suprimir una acción no necesaria
¿QUIÉN?	¿Quién es el actor?
Seguido de los 5 "porqués"	Combinar operaciones o cambiar de actor
¿DÓNDE?	¿Lugar?, ¿distancia?
Seguido de los 5 "porqués"	Combinar operaciones o cambiar de lugar
¿CUÁNDO?	¿Secuencia?, ¿duración?, ¿frecuencia?
Seguido de los 5 "porqués"	Combinar operaciones o cambiar la sucesión de éstas o su duración
¿CÓMO?	¿Cuál es el método utilizado?
Seguido de los 5 "porqués"	Simplificar el método

Tabla 2. Tabla QQDCC.

Proponer mejoras

Tras la etapa de análisis llega el momento de que el equipo proponga mejoras para reducir el tiempo de cambio de útiles. Resulta fundamental anotar todas las sugerencias que afloran durante el proceso, por lo que en el equipo debe existir una persona que ejerza el rol de secretario recogiendo cada una de las sugerencias. Las ideas de mejora que vayan surgiendo durante esta etapa se irán plasmando en etiquetas, por ejemplo de color azul, que se colocarán sobre el mural.

Las primeras mejoras han de orientarse hacia la transformación de las operaciones internas en externas (fase 3 del SMED). El equipo examina cada operación interna una por una, y a partir de la naturaleza de la operación, su función en el cambio de útiles, los hechos constatados y las observaciones manifestadas después de aplicar la técnica de los 5 "porqués", cada miembro del equipo propone ideas enfocadas a transformar las operaciones internas en externas (se busca minimizar el tiempo de parada de la máquina trasladando las operaciones a la etapa de preparación).

Durante esta fase se evocan las técnicas de prerreglaje, precalentamiento, vaciado preliminar, etcétera, a fin de anticiparnos a aquellas operaciones que sean necesarias para que el cambio se realice de forma correcta. También se examinan los sistemas de elevación o de aproximación de útiles tratando de optimizar el transporte de las cargas pesadas y la seguridad de los operarios. Precisamente, el grupo debe tener presente los problemas de seguridad y prevención de riesgos: se buscará la forma de eliminar las tareas difíciles, peligrosas, pesadas y los imprevistos, y se propondrán mejoras de reducción de tiempo que no creen

situaciones peligrosas (en particular, las operaciones simultáneas).

Una vez transformadas las operaciones internas en externas, es preciso proponer ideas que sirvan para racionalizar las operaciones internas restantes, las que a priori no admiten ser externalizadas, lo que se corresponde con la fase 4 del SMED. En concreto, las operaciones internas que no pueden ser ejecutadas como externas se examinan nuevamente una por una para que el equipo reflexione sobre otras alternativas como son, por ejemplo, la reducción de tiempos o la agrupación de tareas.

Los participantes escriben sobre etiquetas ideas para reducir el tiempo de cada operación interna buscando, en todo momento, suprimir los reglajes y ajustes. Se recurre ahora a las técnicas de fijación rápida de elementos, fijaciones sin tornillo, etcétera; las conexiones se mejoran, se examina la utilización de plantillas, se busca la estandarización de funciones, sobre la máquina se estudian las configuraciones correspondientes a los diferentes reglajes, se utilizan marcas y medidas y demás.

El equipo también debe proponer operaciones que se ejecuten en paralelo y que puedan ser realizadas por otro operario o personal de la empresa. Obviamente, esta ejecución simultánea de actividades obligará a modificar la organización de los equipos a fin de garantizar que el número de operarios necesarios esté disponible sin penalizar la marcha de otras máquinas.

En este punto, con la puesta en práctica de las distintas acciones definidas en las dos fases anteriores suele alcanzarse la reducción de tiempos objetivo establecida al inicio del proceso. Sin embargo, queda por definir un último grupo de mejoras necesarias para reducir y

racionalizar las operaciones externas, tal como define la fase 5 de la metodología SMED, aquellas que se efectúan mientras la máquina está produciendo.

Optimizar las operaciones externas normalmente conlleva una mayor inversión, tiempo y planificación que las empresas no siempre están dispuestas a asumir. Son operaciones que perfectamente pueden ser estudiadas en otro momento, sobre todo porque vinculan la estructura y los recursos de la empresa. Sin embargo, esta fase debe tenerse en cuenta en su justa medida, ya que las operaciones externas movilizan distintos recursos materiales y humanos y limitan el número de cambios posibles de otros útiles en la máquina (si el tiempo externo es mayor que el de ráfaga más corta, la máquina tendrá que esperar).

Por ello, durante esta fase ha de trabajarse considerando la posibilidad de que la empresa decida continuar optimizando el cambio de utillaje del puesto estudiado. De este modo, los integrantes del equipo proponen ideas que racionalicen las operaciones externas, por ejemplo a través de un *brainstorming*, y, posteriormente, se incorporan al mural.

Aplicar las mejoras

Durante esta etapa se ha de *establecer un plan de acción detallado* en el que el equipo tome decisiones a partir del estudio de las ideas planteadas, de su posibilidad de ejecución con los medios y recursos disponibles en la empresa, además del análisis tanto de los costes que conlleva su ejecución como del ahorro de tiempo efectivo que supone en el cambio de utillaje. Para ello, se puede hacer uso de una matriz de selección multicriterio o de cualquier otro método que sea imparcial y técnicamente aceptable.

Una vez elaborado el plan de acción, el equipo de trabajo ha de ponerlo en práctica y realizar las distintas operaciones técnicas que en él se hayan programado. Cuando una idea de mejora es tan compleja que necesita un estudio particular, se puede recurrir al método de resolución de problemas en grupo y/o a la técnica basada en el diagrama de afinidades.

La última actividad de esta etapa consiste en redactar un procedimiento provisional del cambio de útiles considerando que se han realizado las mejoras propuestas en las fases anteriores. Mentalmente se sigue la secuencia de operaciones de cambio numerando las distintas operaciones y teniendo en cuenta las necesidades de materiales y la disposición de medios para conseguir su óptima ejecución.

A continuación, se han de anotar las nuevas operaciones sobre etiquetas, por ejemplo, de color rosa, y los tiempos provisionales de realización sobre etiquetas amarillas. Las etiquetas se colocan en el mural en la zona “nuevo procedimiento” alineando las operaciones elementales con su duración, sea esta interna o externa. Una vez hecho esto para todas las operaciones, se puede conocer fácilmente el tiempo total que llevará realizar tanto las operaciones internas como las externas con el procedimiento provisional.

Verificar los resultados (controlar)

Ahora que hemos definido de manera esquemática el nuevo procedimiento de cambio de utillaje es el momento de *realizar un cambio de útiles según el procedimiento provisional* que se ha definido. Se asigna una persona del equipo para que anote información relevante durante la ejecución secuencial del procedimiento y se prepara un nuevo cambio de útiles para realizarlo según el procedimiento previsto. El cambio de útiles se observa minuciosamente sobre el terreno y se graba para poder visionarlo posteriormente.

Es necesario medir el tiempo real que lleva el nuevo cambio de útiles y el tiempo de cada operación, ya sea durante la ejecución o durante el visionando de la nueva grabación. Se puede documentar el proceso mediante una hoja de observación en la que se añaden los incidentes y las recomendaciones de mejora para la siguiente ejecución, destacando los hechos relativos a este nuevo cambio de útiles.

Establecer las reglas de trabajo

Esta etapa tiene por objeto asegurar que lo que hemos ejecutado sobre el terreno queda anotado para que pueda ser replicado en los cambios sucesivos. Por ello, primero se ha de escribir el procedimiento definitivo del cambio de útiles a partir del procedimiento provisional, del resultado del ensayo precedente y de los hechos destacados.

Si bien el procedimiento provisional se puede redactar de forma resumida (para facilitar la transmisión verbal) y sin que tenga la formalidad de una norma ISO de calidad, no ocurre lo mismo con el procedimiento definitivo. En este caso, y a modo de guía, el nuevo procedimiento contendrá los siguientes conceptos básicos: operaciones por realizar, las piezas o productos que intervienen, normas afectadas, utilización de materiales y herramientas, disposición de lugar de trabajo y almacén, manipulación de materiales y, finalmente, organización y condiciones de trabajo.

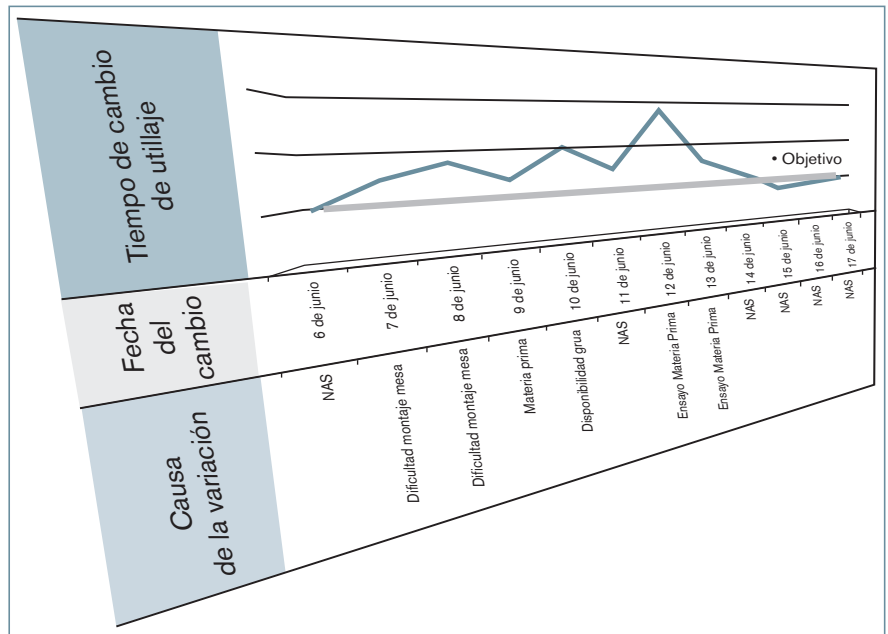


Figura 3. Hoja de seguimiento de los diferentes cambios realizados.

Otra actividad necesaria consiste en asegurar la formación del personal para que cualquier operario implicado entienda y sepa realizar las nuevas operaciones y en la secuencia establecida. Es preciso vigilar que los antiguos procedimientos son reemplazados por los nuevos: para ello, el responsable de calidad debe establecer el procedimiento que será incluido en el manual de procedimientos después de un periodo de transición o prueba.

Por último, debe organizarse el seguimiento del tiempo de cambio de utillaje. Para cada cambio se registrará el tiempo de ejecución real, y todo lo que sobrepase el tiempo objetivo será documentado (indicándose el motivo del retraso) y tratado en el marco de la mejora continua. La representación gráfica de estos datos (véase la figura 3) permitirá ver la desviación respecto al objetivo marcado, facilitando que los operarios sugieran medidas correctoras.

El seguimiento de las acciones debe estar garantizado por el jefe de unidad o de taller (a quien se presentarán los resultados en reuniones mensuales), apoyado por una estructura de pilotaje en la que participen otros departamentos. El cambio de utillaje estará integrado en el plan de progreso y deberá ser generalizado por la dirección a otras unidades de trabajo: de esta forma, se asegura una buena jerarquización de los problemas que se van a tratar, una alta disponibilidad de los participantes o actores, una buena planificación de los medios y la posibilidad de realizar un seguimiento de las intervenciones efectuadas.

Dar continuidad

La única manera de mejorar consiste en identificar los distintos cambios de útiles que se dan en la empresa y reducir sus tiempos de forma sistemática. Por tanto, en el marco del plan de progreso y a fin de dotar de continuidad a la metodología, debe fijarse un nuevo objetivo de mejora y utilizar la misma dinámica descrita hasta el momento para reducir el tiempo de un nuevo cambio de útiles.

Para lograrlo se llevará a cabo un plan de actividades que deberá desarrollarse de forma ordenada por todo el taller o planta. La responsabilidad de esta etapa suele recaer sobre el jefe de taller o el de fabricación, que debe extender la metodología entre el personal para que sea una herramienta dominada por el sistema de producción.

Capitalizar la experiencia, conservar el *dossier* y todo el trabajo efectuado hará que se tome como referencia o comparación con otros puestos o máquinas. Por ello, resulta recomendable reflejar en un único documento el procedimiento seguido y las actuaciones efectuadas, tanto las generales como las específicas, de aquellos cambios con cierto grado de complejidad.

Una vez finalizado el trabajo siempre se ha de felicitar al equipo por el esfuerzo realizado. Este simple acto de reconocimiento contribuye a mejorar la motivación y satisfacción de todos sus integrantes, aunque, en realidad, el principal elemento de motivación suele ser la mejora de eficiencia lograda a lo largo del proceso: no hay nada más motivador que comprobar por uno mismo cómo el esfuerzo realizado da sus frutos.

El programa de trabajo para la aplicación práctica

Esta metodología se lleva a cabo en un periodo de tiempo muy breve, en concreto cuatro días de trabajo, lo que la convierte en una herramienta muy rentable para las empresas, ya que pueden replicarla fácilmente en otras máquinas y útiles.

Cuando un trabajo precisa desarrollarse en un breve plazo de tiempo ha de tener claramente definidas las pautas de la aplicación de las diferentes fases y etapas, desde el primer contacto con los responsables de la empresa hasta el acto de presentación de los resultados al equipo directivo.

Los cuatro días que se fijan exigen disponer de una planificación de tiempos en la que todo el equipo avance en la formación-acción, es decir, en el conocimiento de la herramienta SMED y en la metodología aplicativa del cambio apoyado sobre un caso real.

En la tabla 3 se muestra de forma resumida el contenido de cada jornada, es decir, el conjunto de acciones que se han de realizar para lograr una correcta ejecución de la metodología.

Ejemplos de aplicación real

Este apartado describe los resultados más importantes de las diversas intervenciones realizadas aplicando la metodología aquí descrita. Las empresas objeto de estudio proceden tanto del ámbito nacional como del internacional y pertenecen a sectores tan diferentes como son la industria papelera, la aeronáutica, la automovilística, etcétera, lo que nos permite asegurar que el método de trabajo tiene plena validez independientemente del lugar y de la empresa donde se aplique. Además, esta diversidad de casos ha permitido depurar distintos elementos del método como son la secuencia de desarrollo, los tiempos de intervención, la movilización del equipo de trabajo, las decisiones que tomar para llegar al objetivo, la documentación mínima de soporte para realizar el trabajo, el aprendizaje de los equipos, los elementos clave en la redacción de informes y demás.

El principal objetivo de la herramienta es la reducción del tiempo de parada de la máquina por cambio de utillaje, ya que esta normalmente se adquiere para que funcione el mayor tiempo posible dando salida a diferentes productos. En consecuencia, todo se reduce a conocer qué grado de eficacia obtenemos con este método en los diferentes cambios realizados: en el desarrollo del método se utiliza como indicador la reducción de tiempo de parada de máquina siendo muy

Jornada 1. Día de preparación
Contacto con el equipo directivo después de aceptar la oferta.
Breve presentación de la herramienta, en la que se contrastan las necesidades planteadas por la empresa con los recursos y posibilidades reales.
Se visitan las instalaciones para seleccionar la máquina que estudiar y conocer su entorno.
Descripción de las necesidades operativas y logísticas para dar la formación y llevar a cabo el desarrollo de la metodología: ejecución de las 5S, asignación de la sala de trabajo-formación, las personas que asistirán, las implicaciones laborales (cambio de turno de personal, adaptación a los periodos de descanso, etc.), las necesidades materiales (cronómetro, planos, etc.), audiovisuales e informáticas (grabadora, vídeo, ordenador, proyector, etc.),
Planificación de la filmación del cambio.
Planificación de los tres días restantes: se acuerda el calendario de fechas de ejecución de la metodología.
Jornada 2
Presentación general del workshop o taller de trabajo al equipo de trabajo, explicando los objetivos y el desarrollo de las jornadas.
Formación teórica de la herramienta SMED en la que los asistentes adquieren los conocimientos teóricos que luego necesitarán.
Presentación del mural o panel de cambio de útiles y las fases del cambio.
Reparto de actividades entre los participantes, asignando funciones como la medición de tiempos, identificación de operaciones y tareas, recogida de ideas de mejora, manejo del equipo multimedia e informático, análisis de flujos, etc.
Apropiarse del puesto de trabajo: todos los integrantes del equipo han de identificar físicamente, en el taller, la máquina y su entorno.
Filmación del proceso de cambio de útiles.
Análisis de la grabación: se descompone el cambio de útiles en operaciones elementales, se mide la duración de las operaciones y se anotan los hechos constatados dignos de mención.
Jornada 3
Racionalización del proceso actual: a) se clasifican las operaciones elementales en internas y externas, b) se analizan las operaciones y c) se proponen mejoras. Dada la limitación temporal de la ejecución de la metodología, en el análisis de las operaciones internas conviene tener en cuenta el Pareto de tiempos, lo que permitirá centrar nuestros esfuerzos en aquellas operaciones con mayor potencial de ganancia.
El equipo realiza las mejoras de cambio de útiles aplicando las herramientas y técnicas que precise (incluidas las destinadas a identificar y resolver dificultades o problemas que puedan surgir). En este periodo el departamento de mantenimiento realiza las modificaciones técnicas propuestas sobre la máquina, en especial las relacionadas con las operaciones internas (es probable que necesite reforzarse para conseguir ejecutar las adaptaciones o modificaciones dada la brevedad de plazo con que se trabaja).
Jornada 4
Redacción del procedimiento provisional, teniendo en cuenta las ideas de mejora que no se hayan podido ejecutar.
Realización y grabación de un cambio de útiles siguiendo el nuevo procedimiento. Debe coordinarse al operario y prever la preparación del cambio.
Análisis del nuevo cambio de utillaje y medición de los nuevos tiempos.
Redacción del procedimiento definitivo del cambio de útiles y de las acciones necesarias para asegurar la formación de los implicados.
Estimación económica asociada a la reducción del tiempo de cambio de utillaje.
Identificar en equipo los "frenos" a la aplicación de la herramienta para que el cambio sea "robusto".
Elaboración del informe del trabajo realizado y de la presentación a la dirección: debe incluirse el papel y la participación de cada asistente durante el proceso.
Presentación al equipo directivo de los logros obtenidos.

Tabla 3. Programa de intervención de la metodología a lo largo de los cuatro días.

elocuente la tabla 4, donde se muestran los resultados comparativos en un gran número de empresas. Se observa una media del 48% de reducción del tiempo

solo con la mejora continua, es decir, sin inversión sobre la máquina.

Hay que resaltar que este método de intervención rápida dispone de un corto

Empresa	Reducción (%)	T inicial (minutos)	T final (minutos)	Máquina
Gestamp	44	61	34	Prensa de embutición de gran tonelaje
MGI Vigo	46	215	115	Inyectora de plástico
Valeo Martorell	41	103	61	Molde de plástico
MSA Bilbao	60	117	46	Prensa chapa de tres útiles
Coexpam	37	145	91	Inyectora de plástico en láminas
CEDESA	48	120	62	Prensa de membranas de plástico
Osvima	46	41	22	Máquina CNC
Inorca	48	46	24	Prensa de tabulares
Andina	66	98	33	Máquina de corte de cartón

Tabla 4. Resumen comparativo de las intervenciones realizadas con esta metodología.

periodo de tiempo para analizar y presentar un cambio de utillaje realizando operaciones y trabajos que no suponen inversión sino gasto (considerando como inversión todo aquello que aumenta el patrimonio de la empresa y como gasto todo aquello que sirve para mantener el patrimonio de la empresa). Es necesario, por tanto, evaluar distintas vías de mejora que involucren inversión. Sin embargo, esta etapa de ejecución se sale fuera del alcance de la metodología ya que, por lo general, este tipo de decisiones están condicionadas por los objetivos y las prioridades de la empresa, tanto de tipo productivo como financiero.

La evaluación económica de la aplicación de la metodología por parte de la empresa suele ser directa como consecuencia del claro aumento de la competitividad y flexibilidad que conlleva la reducción del tiempo de cambio de utillaje, aunque normalmente no se tienen en cuenta otras ventajas que aporta como



Figura 4. Diversas situaciones y equipos de trabajo en las empresas estudiadas.

son la mejora de la organización, el cambio de procesos, la eliminación de despilfarros, la disponibilidad de datos, los planes locales de acción, la mejora en operaciones, la formación del personal,

etc., que en principio son intangibles pero que repercuten en el cambio cultural.

A modo de ejemplo, en la tabla 5 se sintetizan los resultados económicos directos que se derivan de la aplicación

Tabla 5. Algunos resultados económicos de la aplicación de la metodología.

Empresa	OSVIMA	GESTAMP	VALEO	ANDINA
Máquina	CNC MAZAK FJV 250	Máquina de prensa P16	Prensa 200-1 de VSS OLESA	Máquina de corte SIMON
Ahorro de tiempo [1]	18' 45" (46%)	27' (44%)	42' (41%)	65' (66%)
Cambios de útil al mes [2]	20	3	11	140
Producción media [3]	6 piezas/hora	14 piezas/minuto	5 piezas/minuto	10 m2/minuto
Ahorro mensual [4] [4]=[1]x[2]	18,75 x 20 = 375 min/mes	27 x 3 = 81 min/mes	42 x 11 = 462 min/mes	65 x 10 = 650 m2/mes
Potencial de fabricación mensual [5] [5]=[3]x[4]	380 x 6/60 = 38 piezas/mes	81 x 14 = 1.134 piezas/mes	462 x 5 = 2.310 piezas/mes	650 x 140 = 91.000 m2
Valor económico unitario [6]	6,67 €/pieza	1,38 €/pieza	0,7 €/pieza	700 pesos/m2
Ahorro potencial mensual [7] [7]=[5]x[6]	38 x 6,67 = 250 €/mes	1.134 x 1,38 = 1.565 €/mes	2.310 x 0,7 = 1.617 €/mes	91.000 x 700 = 63.000.000 pesos/mes
Factor de corrección (utilización) [8]	0,9	0,75	0,9	0,95
Ahorro mensual [9] [9]=[7]x[8]	250 x 0,9 = 225 €/mes	1.565 x 0,75 = 1.174 €/mes	1.617 x 0,9 = 1.455,3 €/mes	37.800 x 0,95 = 35.910 €/mes

de la metodología en cuatro de las empresas estudiadas (véase la figura 4). Son, en concreto, la empresa Osvima S.A., dedicada al mecanizado del aluminio de la industria aeronáutica; Gestamp Automoción, perteneciente a la industria de embutición de chapa; Valeo (Security Systems), centrada en la inyección de plástico, y Papeles & Corrugados Andina S.A., empresa del sector del cartón.

Conclusiones

A lo largo del artículo se ha presentado y descrito una metodología que permite *reducir* el tiempo de cambio de útiles mediante una rápida intervención. Se trata de una herramienta de mejora continua basada en las ideas de productividad y eficiencia desarrolladas por Shigeo Shingo en su método SMED. Es fácil de aplicar y válida para cualquier tipo de empresa, aunque ha sido definida prestando especial atención a las características de las pequeñas y medianas empresas, donde los recursos disponibles son menores y el conocimiento del SMED aún no está muy difundido.

En este sentido, la metodología consigue obtener porcentajes de reducción elevados empleando sólo los recursos esenciales y, al mismo tiempo, facilita una formación práctica de los empleados: durante los días que dura la intervención los integrantes del equipo se “sumergen” y se “identifican” con el problema de cambio de utillaje que estudiar, y aplican los conceptos teóricos en el taller sobre un caso real.

El resultado es muy satisfactorio tanto para el personal que participa, ya que se sienten partícipes del método y del éxito conseguido, como para la empresa, ya que la herramienta resulta ser muy rentable sobre todo si se tiene presente que después de la intervención estas personas están listas para replicar el procedimiento en cualquier cambio de útiles que se necesite y/o para actuar como formadores internos de sus propios compañeros.

Cabe destacar que el método ha sido probado con evidente éxito en varias empresas pertenecientes a distintos sectores, y se ha obtenido de media una reducción de tiempo cercana al 50%. Debe tenerse en cuenta que durante los cuatro días de intervención no se aplican todas las ideas de mejora que se identifican, ya que superan la capacidad de acción del equipo de trabajo, por lo que no se tienen en cuenta en el cálculo de la reducción de tiempo del cambio de utillaje real: el resto de ideas se podrán ir aplicando a medio/largo plazo, lo que se traducirá en un mayor porcentaje de reducción.

También es necesario recordar que en esta metodología de aplicación no se llegan a efectuar intervenciones que precisen de inversión, ya que en el breve tiempo que conlleva la aplicación de la metodología no es posible acometer acciones que exijan intervenciones complejas y/o una asignación de recursos económicos. Estas acciones se deberán realizar posteriormente, a pesar de que se hayan identificado y analizado durante el proceso.

De todas formas, la dirección de la empresa deberá analizar para estos casos si es rentable la reducción de tiempo frente al coste que supone la ejecución. Para esta tarea se pueden considerar modelos como el propuesto por Leschke y Weiss (1997), que demuestran que la reducción debe ir acompañada de un estudio de la inversión requerida. Las decisiones estratégicas de las empresas y el grado de priorización de las acciones y de las inversiones habitualmente están sujetas a unos umbrales de rentabilidad y de retorno de la inversión.

Notas

1. El mural es el punto de referencia en el desarrollo de la metodología, donde se reflejan los avances en cada una de las etapas. Representa, por tanto, el principal documento de trabajo del equipo.
2. Las cuatro consignas que respetar en la redacción de los *post-its* son las siguientes: 1) escribir frases precisas y concisas, con sujeto, verbo, complemento y elementos cifrados, 2) indicar un único hecho concreto en cada etiqueta (nada de generalidades, ni opiniones, etc.), 3) escribir con letra legible y, por último, 4) fechar y firmar para poder seguir la evolución de la mejora y así poder obtener informaciones o aclaraciones complementarias.
3. Antes de llevar a cabo la metodología conviene aplicar las “5S” en el entorno de la máquina a estudiar a fin de asegurar que no se apliquen soluciones básicas de orden-limpieza.

Bibliografía

- Bañegil TM (1993). *El sistema just in time y la flexibilidad de la producción*. Madrid: Pirámide. 262 p. ISBN: 978-84-368-0731-6.
- Cuatrecasas-Arbós L (2006). *Claves de Lean Management: un enfoque para la alta competitividad en un mundo globalizado*. Barcelona: Gestio 2000, DL. 118 p. ISBN: 978-84-96612-13-9.
- Cuatrecasas-Arbós L (2010). *Lean management: la gestión competitiva por excelencia*. Barcelona: Profit DL. 370p. ISBN: 978-84-96998-15-5.
- Leschke JP, Weiss EN (1997). The multi-item setup-reduction investment-allocation problem with continuous investment-cost functions. *Management Science*, Vol. 43-6, p. 890-894.
- Monden Y (1996). *El 'just in time' hoy en Toyota*. Hilliers G. (trad.). Bilbao: Deusto, DL. 437 p. ISBN: 978-84-234-1442-6.
- Monden Y (1988). *El sistema de producción Toyota*. 3ª edición. Madrid: Ciencias de la Dirección SA. 274 p. ISBN: 978-84-867-4302-8.
- Ohno T (1993). *El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala*. 2ª edición. Barcelona: Gestio 2000. 180 p. ISBN: 978-84-867-0352-2.
- Rajadell-Carreras M, Sanchez-García L (2010). *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos. 259 p. ISBN: 978-84-7978-967-1.

- Rey-Sacristán F (2009). Reducción de los tiempos de cambios de utillaje en la producción. *Técnica industrial*. n. 284, p. 64-70.
- Rubrich L, Watson M (2004). *Implementing World Class Manufacturing*. 2ª edición. Indiana: WCM Associates. 391 p. ISBN: 978-09-662-9061-5.
- Schonberger RJ (1991). *Hacia la excelencia en la fabricación: lecciones aplicadas de simplificación*. Montloch F (introd.), González AL (trad.). Madrid: Espasa-Calpe. 270 p. ISBN: 978-84-86743-37-0.
- Schonberger RJ (1996). *World Class Manufacturing: The Next Decade*. New York: The Free Press. 288p. ISBN: 978-0-684-82303-9.
- Shingo S (1991). *Producción sin Stock: el sistema Shingo para la mejora continua*. Tecnoaeronáutica SA, Cuesta-Alvarez A (trad. y rev. técn.). Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción. 468 p. ISBN: 978-84-87022-74-X.
- Shingo S (2003). *Una revolución en la producción: el sistema SMED*. 4ª edición. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción. 432 p. ISBN: 978-84-87022-02-9.
- Womack JP, Jones DT, Roos D (1992). *La máquina que cambió el mundo*. Ortiz-Chaparro F (trad.). Madrid: MacGraw-Hill. 292 p. ISBN: 978-84-7615-921-8.
- Womack JP, Jones DT (2005). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000. 478 p. ISBN: 978-84-8088-689-7.

Miguel Ángel Gil García

miguelangel.gil@hotmail.com

Ingeniero en Organización Industrial e ingeniero técnico industrial por la Universidad de Valladolid. Ejerce su profesión desde hace más de 40 años en la empresa Renault, donde ha participado y colaborado en diversos departamentos de Métodos e Ingeniería. Destaca su paso por la dirección de Renault Consulting, donde ha estado los últimos 10 años como consultor y asesor de diversas empresas. Actualmente presta sus servicios en la factoría de Motores Valladolid desarrollando proyectos iFA (integrated Factory Automation) vinculados a la logística de planta

Pedro Sanz Angulo

psangulo@eis.uva.es

Ingeniero industrial y doctor en informática por la Universidad de Valladolid. Actualmente ejerce como profesor ayudante doctor en la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid, donde imparte materias relacionadas con la producción, logística y dirección comercial. Entre las líneas de investigación destacan los temas asociados con la inteligencia artificial, organizaciones virtuales, sistemas productivos, transferencia tecnológica e innovación educativa.

Juan José de Benito Martín

debenito@eis.uva.es

Ingeniero industrial y doctor en economía por la Universidad de Valladolid. Imparte docencia en la Escuela de Ingenierías Industriales de dicha Universidad como profesor titular universitario, en los campos de producción, logística y sistemas de información. Su trabajo de investigación se centra actualmente en los sistemas productivos, las organizaciones virtuales, la transferencia tecnológica y la innovación educativa.

Jesús Galindo Melero

soy_jesus_@hotmail.com

Ingeniero en Organización Industrial e ingeniero técnico industrial por la Universidad de Valladolid. Posee experiencia laboral en la gestión administrativa de universidades y en la transferencia de resultados de innovación a través de OTRI universitarias, y un amplio conocimiento de los sectores de automoción y logística. Actualmente es especialista en la gestión y creación de contenidos positivos para el desarrollo de instrumentos y herramientas que dinamizan la transferencia de conocimiento entre el entorno universitario y la sociedad.

[Aire]

[Agua]

[Tierra]

[Buderus]

Captadores solares térmicos
Captadores de tubo de vacío
Kits fotovoltaicos
Módulos de cogeneración
Bombas de calor reversibles

Especialistas en confort sostenible: sistemas eficientes e integrados



Líder mundial en calefacción, Buderus es una empresa responsable que ofrece soluciones para la utilización rentable y eficiente de las energías renovables.

Con los **captadores solares térmicos** y **tubos de vacío** Logasol de Buderus, más del 70% del agua caliente proviene de la energía solar. Los **kits fotovoltaicos** para conexión a red de Buderus, obtienen la electricidad con la mayor eficiencia. Los **módulos de cogeneración** Loganova, combinan a la perfección la generación de energía térmica y eléctrica de forma eficiente, consiguiendo ahorros de hasta un 40% en energía primaria. Las **bombas de calor** Logatherm, climatizan y producen a.c.s. con alta eficiencia, aprovechando la energía inagotable de la tierra y del aire.

Elija el sistema que mejor se adapte a sus necesidades, elija eficiencia energética Buderus y obtendrá un gran ahorro.

El calor es nuestro

www.buderus.es

Buderus
Grupo Bosch

Aplicación de los métodos de ayuda a la toma de decisión para medir la evolución de la sostenibilidad de un fabricante de neumáticos

Emilio José García Vilchez y María Isabel Sánchez Báscones

Application of methods to aid decision making for measuring the evolution of the sustainability of a tyre manufacturer

RESUMEN

Existe una especial preocupación por los diferentes grupos de interés en conocer la evolución de la sostenibilidad de una compañía. Tradicionalmente, este seguimiento se ha llevado a cabo a través de indicadores individualizados y concretos, principalmente económicos, que miden su evolución de forma aislada o en conjunto, pero sin una agregación que simplifique la decisión del *stakeholder* interesado. Esto hace que las grandes inversiones o asuntos estratégicos de conjunto puedan estar sesgados por no disponer de datos simplificados y globalizados.

Para este fin concreto se utilizan los métodos de ayuda a la toma de decisión, que permiten unificar y normalizar el universo de datos que una compañía utilice, para poder compararlos globalmente, disponiendo así de una visión más totalitarista y general de la realidad que vive su organización, y así poder decidir al menos con toda la información disponible de manera ordenada y objetivamente agregada a la hora de posicionarse de forma estratégica.

Recibido: 3 de febrero de 2011
Aceptado: 7 de abril de 2011

ABSTRACT

There is particular concern among the various stakeholders about understanding the evolution of the sustainability of a company. Traditionally this monitoring has been carried out through individualized and specific indicators, mainly economic, which measure its evolution either individually or as a combination, but without an aggregation which might simplify the decision of the concerned stakeholder. This means that major investments or joint strategic issues can be skewed by not having simplified global data.

For this particular purpose methods to aid decision making are used, which permit the unification and standardisation of the universe of data that a company uses, to compare them globally, thus providing a more totalitarian and general vision of the reality experienced by the company, allowing it to decide using, at least, all available information in an orderly and objectively aggregated manner when positioning itself strategically.

Received: February 3, 2011
Accepted: April 7, 2011

Palabras clave

Toma de decisiones, indicadores, sostenibilidad, índices, empresas

Keywords

Decision making, indicators, sustainability, indexes, companies



Foto: Pictelia

En nuestros días, existe una especial preocupación por la supervivencia de las empresas en tiempos de crisis. Para ello, es necesario tener en cuenta los factores críticos que hacen que esta crezca y se desarrolle, para poderlos potenciar e interiorizar dentro de la cultura de la compañía.

Los principales aspectos que deben ser considerados guardan relación directa con la parte económica, la componente social y la ambiental, lo que se conoce como *sostenibilidad o desarrollo sostenible*, a través de la optimización de los procesos una mejora de los impactos ambientales, sociales y económicos resultantes de las actividades de la empresa (Epstein, 2008).

Para poder medir la evolución de los resultados dentro de este ámbito es preciso contar con una o más variables temporales de carácter numérico que sirvan para orientar a la dirección de una compañía sobre “lo bien o lo mal que estamos haciendo las cosas”, que ayuden a gestionar los recursos de la compañía para obtener resultados consistentes a largo plazo y que, además, satisfagan las necesidades y expectativas de todos los grupos de interés (Álvarez-Arenas, 2000). A este dato o conjunto de datos numéricos se les denomina *indicadores*.

Por indicador, o KPI (*key performance indicator*), se entiende una variable numé-

rica que aporta información más allá del dato, y que sirve, por tanto, para conocer y analizar una realidad o fenómeno que sucede, y que, además, permite comparar el desempeño de la compañía con los objetivos establecidos.

Para poder llevar a cabo el tratamiento de estos indicadores y medir su evolución temporal, se utilizan métodos de ayuda a la toma de decisión, en los que a través de diferentes normalizaciones y ponderaciones de los valores numéricos se obtiene un valor agregado que es comparable en el tiempo (Díez de Castro, 2002). De esta forma se determina cómo la compañía va evolucionando en un ámbito de estudio (en nuestro caso, la sostenibilidad) e incluso puede intercomparar resultados entre diferentes emplazamientos de una misma empresa o empresas del mismo sector (estudios de *benchmarking*).

Métodos de ayuda a la toma de decisión

Definición

La toma de decisiones puede considerarse una formalización del sentido común para aquellos problemas demasiado complejos en que este no puede ser utilizado de modo informal (Keeney, 1982).

La toma de decisión se asocia a las cinco primeras etapas de un proceso de resolu-

ción de problemas (figura 1). Se inicia en la identificación y definición del problema y concluye en la selección de la alternativa, que es en sí la toma de decisión.

Agentes y elementos presentes en una toma de decisión

Según Chiavenato (2007), es necesario contar con diferentes elementos para llevar a cabo la toma de decisión de forma acertada:

- Decisor o analista. Es el responsable de la recogida de la información, de la determinación de los criterios que utilizar, de la construcción de las alternativas y de la selección de una de ellas.
- Alternativas. Es una de las posibles soluciones que se le puede dar al problema. Por la generalidad las alternativas son diferentes, excluyentes y exhaustivas.
- Atributos y criterios. Consisten en los diferentes ejes de evaluación que se consideran para la elección de una alternativa. En algunas ocasiones, para establecer diferentes planos de igualdad y poder hacer la decisión más fácil y objetiva, se otorgan unos pesos a cada atributo.
- Pesos. Valores que hacen que un criterio sea más o menos importante frente a otro. Los pesos pueden ser cardinales u ordinales. De entre los diferentes métodos de asignación de pesos

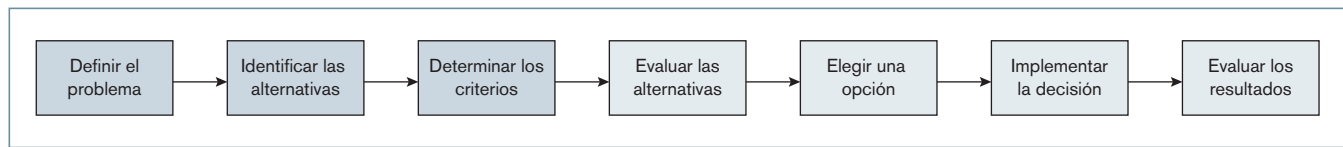


Figura 1. Etapas del proceso de resolución de problemas (Simon, 1960).

destaca el de la asignación directa, que está formado por el método de la ordenación simple, el método de la tasación simple, el método de las comparaciones sucesivas y el método de los Eigenpesos.

– **Matriz de decisión.** Es la matriz formada por los pesos y las alternativas, con todas las valoraciones dos a dos. En esta matriz pueden coexistir valores en muy distintos rangos y unidades, por lo que hay que normalizar los datos a través del uso de los métodos del porcentaje del máximo, del rango, del total o el vector unitario.

Tipologías

La elección de la mejor opción se presenta cuando una alternativa supera al resto en todos los criterios (solución ideal). Esto no es lo que sucede normalmente, por lo que no existe dicha solución óptima.

Los distintos problemas de decisión, tras diversas investigaciones se agrupan en dos grandes categorías (White, 1990):

a) *Toma de decisiones multiatributo.* Está asociada con problemas donde el número de alternativas está predeterminado, y el decisor tan solo debe seleccionar, clasificar u ordenar las diferentes alternativas. Dentro de esta categoría se encuentran los métodos con solución a priori y los métodos interactivos.

Los métodos más utilizados son los de solución a priori, en los que la información es obtenida a priori a partir de los datos suministrados por los decisores. La clasificación de estos métodos (figura 2) se realiza según la información que tiene disponible el decisor, ya sea ordinal, cardinal (numérica) o estandarizada (Venkata, 2007).

b) *Toma de decisiones multiobjetivo.* En este caso está asociada con problemas donde dichas alternativas no están determinadas a priori, y el propósito del decisor es obtener o diseñar la “mejor” alternativa con los recursos limitados de que dispone (como pueden ser el tiempo o el coste).

Además de estas dos categorías principales, existen otros métodos denominados interactivos, los cuales son progresivos, caracterizados por que el decisor se desplaza de una solución a la siguiente de forma interactiva, según la información

facilitada en cada etapa por las preferencias sobre las soluciones presentadas.

Dentro del abanico de métodos existentes, se ha utilizado en este artículo el método AHP (*analytic hierarchy process*) propuesto por Saaty a finales de la década de 1970, que pertenece a la categoría de los Eigenpesos, y por ello se va a desarrollar a continuación con un grado de profundidad mayor.

El AHP calcula el autovector dominante de una matriz de comparación binaria para cada categoría y se pondera para calcular el valor normalizado que le corresponde a cada criterio.

Para ello, parte de comparar, cada criterio i con cada criterio j , dos a dos, obteniendo unos valores a_{ij} (aun cuando utilicen la misma notación, no tienen nada

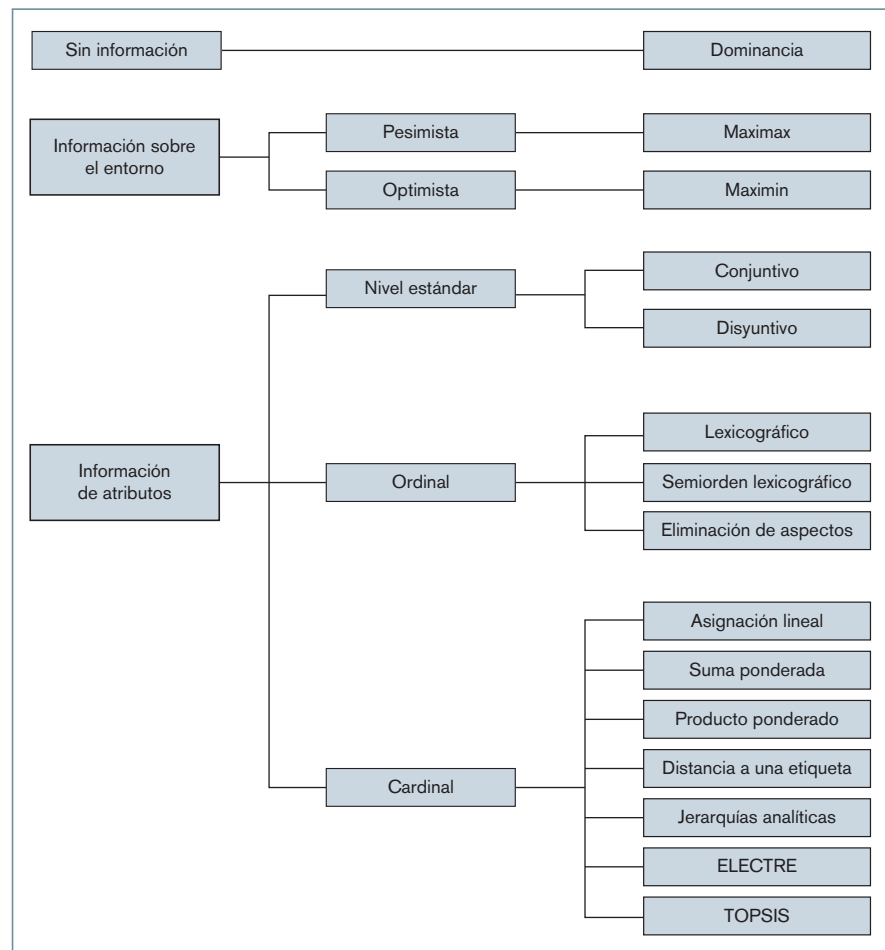
que ver con las evaluaciones de las alternativas) que podemos agrupar en una matriz cuadrada de orden n : la llamada matriz de comparaciones binarias $A = [a_{ij}]$. La razón fundamental de comparar de dos en dos los criterios es que para el decisor resulta más fácil así (divide y vencerás) que compararlos todos a la vez.

La escala de medida elegida por Saaty para realizar las comparaciones es la mostrada en la tabla 1.

En el caso de que al hacer la comparación no fuese el criterio i igual o más importante que el j , sino al revés, lo que haríamos sería estimar a_{ji} ; de acuerdo con lo anterior y la valoración de $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Las matrices A de comparaciones binarias son del tipo de las llamadas matrices recíprocas, las cuales gozan de

Figura 2. Resumen de los métodos de toma de decisión según la información que dispone el decisor (Hwang y Yoon (1981), y Chen y Hwang (1992), en Venkata 2007).



Cuando i al compararlo con j es.....		FACTOR a_{ij}
Igual importancia	Las actividades contribuyen de idéntica forma al objetivo	1
Ligeramente más importante o preferida	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre la otra	3
Fuertemente más importante o preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra	5
Muy fuertemente más importante o preferida	Una actividad es fuertemente favorable y su dominación está demostrada en la práctica	7
Extremadamente más importante o preferida	La evidencia que favorece a una actividad sobre la otra es la mayor posible en el orden de afirmaciones	9
Valores intermedios	Expresivos en la indefinición entre dos valores básicos de la escala	2, 4, 6, 8

Tabla 1. Asignación de pesos según Saaty. (Saaty, 1982).

unas interesantes propiedades en las que se basa en gran parte la eficacia del método AHP.

Para calcular los pesos o la importancia de cada una de las alternativas en los diferentes criterios, y de los diferentes criterios entre sí, se deben obtener los vectores propios asociados al mayor valor propio de cada matriz de comparaciones binarias.

El cálculo exacto del mayor valor propio y del vector propio asociado a cada una de estas matrices, cuando las dimensiones de las matrices son mayores de 4×4 , es muy complejo y se recurre bien a programas informáticos (Macros en MS Excel, Matlab, MDwin, Expert Choice, etc.) o en su defecto a métodos para el cálculo aproximado más inmediatos y muy fiables.

Para este caso, se ha recurrido al método 3, que consiste en dividir los elementos de cada columna entre la suma de esta columna (normalizar la columna), después realizar la suma de los elementos de cada fila (ya normalizados por columnas) y dividirlos entre el número de elementos de cada fila (o sea, realizar la media) y los normaliza al dividir cada una de estas sumas entre la suma de las de todas las filas. El vector resultante es el que usamos como vector de pesos.

Una vez obtenidos los pesos se construye con ellos una función de utilidad que permite hacer las comparaciones de las diferentes alternativas y así clasificarlas. Esta función de utilidad corresponde a la evaluación de la siguiente expresión:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot W_{ij}$$

siendo w_j el valor correspondiente al peso del criterio j , y W_{ij} el peso que cada alternativa i tiene asociado para ese criterio j .

La metodología AHP con la ponderación de índices se ha utilizado en distintas publicaciones con datos de indicadores de desarrollo sostenible para las multinacionales Henkel (Krajnc y Glavic, 2004), BP y Shell (Krajnc y Glavic, 2005).

Tras realizar cualquier análisis AHP es necesario llevar a cabo un análisis de consistencia. Una matriz de comparaciones binarias es consistente cuando $a_{ij} = w_i / w_j$, para todo i, j . Esto significa que a_{ij} (la importancia relativa de i frente a j) es exactamente el cociente w_i / w_j de sus pesos (sus importancias absolutas que tratamos de estimar).

Para realizar este análisis, primero se calcula Aw^T , multiplicando la matriz de comparaciones binaria (A) por la matriz transpuesta de los pesos (w^T).

Posteriormente, se calcula el autovector dominante de la siguiente forma:

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{fila } i \text{ de } Aw^T}{\text{fila } i \text{ de } w^T}$$

A continuación, se calcula el índice de consistencia:

$$CI = \frac{\sigma_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{siendo } n \text{ el rango de la matriz } A \text{ (} n \times n \text{)}$$

Para ello hay que buscar el índice aleatorio (RI) para el rango de la matriz (N), que se establece en la tabla 2:

Finalmente, se hace el cociente que muestra la ratio de inconsistencia, que debe ser menor que 0,1 para que la con-

sistencia de la matriz de comparaciones binarias sea aceptable.

Aplicación práctica de los métodos de ayuda a la toma de decisión a un conjunto de indicadores

Introducción

Una vez puesta de manifiesto la necesidad de medir a través de indicadores y de haber desarrollado los métodos para agregar y seleccionar la alternativa que maximiza el objetivo buscado, se muestra la aplicación práctica a un conjunto de indicadores vinculados con el ámbito del desarrollo sostenible de una compañía multinacional dedicada a la fabricación de neumáticos.

En total se dispone de 175 datos (tabla 3), correspondientes a 25 indicadores dentro del periodo 2001-2007 (siete años).

Dichos valores en algunos casos se han ponderado para salvaguardar la confidencialidad.

Matriz de decisión y normalización de los datos

La matriz de decisión utilizada en todos los casos dispone a los criterios (indicadores de medida) en filas y a las alternativas (años) en columnas. Su notación es A y su configuración es del tipo $n \times m$. Para la normalización de los datos (valores entre 0 y 1) se utiliza el método del porcentaje del total, para conservar así la proporcionalidad de los datos.

Para indicadores crecientes (todos excepto LTIFR, IG y los ambientales menos el que refiere a la fabricación en plantas certificadas con la norma ISO 14001), se han normalizado los valores de la matriz de decisión de la siguiente manera:

Tabla 2. Valores del índice aleatorio para el rango de la matriz (Saaty, 1980).

NN	01	02	33	44	55	66	77	88	99	110	111	112	113	114	115
RRI	00	00	00,58	00,90	11,12	11,18	11,32	11,41	01,45	11,49	11,51	11,48	11,56	11,57	11,59

Respeto a los clientes	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
% de gastos de investigación (sobre ventas netas)	4,6	4,6	4,6	3,8	3,6	3,6	3,6
Respeto a las personas							
Nº de empleados	132.510	129.853	126.285	126.474	126.000	126.673	130.000
Horas de formación por empleado	20	20	20	29	40	50	63
LTIFR (nº de accidentes con baja por millón de horas trabajadas)	18	15	9,93	5,73	3,61	2,55	2,39
IG (nº de días de baja por cada 100 horas trabajadas)	0,5	0,5	0,46	0,32	0,25	0,21	0,21
% de mujeres en el consejo de administración	0	0	0	0	3,2	6,7	6,7
% de mujeres en puestos de gestión	10	11	13	13,7	14,3	14,8	15,1
Nº de encuentros oficiales con las autoridades públicas	10	11	10	14	26	22	24
Training access rate (% de número de horas de formación con respecto al nº de horas trabajadas)	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3
Respeto a accionistas							
% de accionistas que son empleados	3,8	3,5	2,8	2,4	2,1	2	1,66
Ventas netas (millones de euros)	15.775	15.645	15.370	15.689	15.590	16.384	16.867
Beneficio neto (millones de euros)	296	581	329	527	889	573	774
Beneficio neto por accionista (euros)	0,93	0,93	0,93	1,25	1,35	1,45	1,6
Reparto a accionistas (millones de euros)	148	290	194	185	221	204	217
Gastos de personal (millones de euros)	5.260	5.125	4.997	4.872	4.780	4.718	4.733
Respeto al medio ambiente							
% de contribución de la fabricación del neumático en su ciclo de vida	15	13,5	11,7	4,5	4,6	4,7	4
% de producto fabricado en plantas certificadas con la ISO 14001	65	80	90	90	94,8	99,4	99,8
Consumo de agua por tonelada de producto terminado (m3)	17,5	17	16	15,3	15	14,9	13,3
Consumo de energía por tonelada de producto terminado (GJ)	18	17,5	17,3	17,1	17,4	17,2	15,6
Emisiones de CO ₂ por tonelada de producto terminado (toneladas)	1,6	1,7	1,5	1,48	1,53	1,48	1,37
COV por tonelada de producto terminado (kg)	5,3	4,9	4,77	4,56	4,27	3,97	3,48
Emisiones de SO ₂ por tonelada de producto terminado (kg)	3	2,5	2,18	1,68	1,65	1,22	1,1
Emisiones de NOx por tonelada de producto terminado (kg)	1,2	1,1	1,08	0,96	1,01	0,85	0,7
Residuos por tonelada de producto terminado (kg)	152	145	132	138	140	130	128
% de residuos enviados a vertedero	35	32	27	23,5	23,6	20	15,6

Tabla 3. Valores de los indicadores anuales de la multinacional fabricante de neumáticos. (Elaboración propia, principalmente a partir de las memorias de sostenibilidad del Global Reporting Initiative 2002-2008 de dicha compañía).

$$v_{ij}^+ = \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

, siendo i (valor de la fila) constante, dado que la normalización se lleva a cabo por filas. En cambio, si el valor que se quiere normalizar pertenece a un indicador de tipo decreciente, se efectúa el cálculo con el complemento a la unidad de la siguiente manera:

$$v_{ij}^- = 1 - \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

, siendo i (valor de la fila) constante, dado que la normalización se lleva a cabo por filas. Tras este proceso de normalización

de datos se obtiene la matriz A_N para cada una de las tres categorías (tabla 4).

Asignación y ponderación de pesos

A continuación, se realiza la asignación de pesos según Saaty entre los diferentes indicadores individualizados de cada una de las tres categorías y se normalizan los pesos (W_N).

Por motivos de extensión se incluye como ejemplo el proceso completo seguido para los indicadores económicos (tablas 5 y 6), siendo análogo para el conjunto de indicadores sociales y ambientales.

Tras disponer de la matriz de decisión normalizada (A_N) y los valores para los pesos para cada criterio también norma-

lizados (W_N) para las categorías económica, ambiental y social, se calcula el valor agregado del índice por categoría para cada año mediante la siguiente multiplicación matricial:

$$A_N \cdot W_N = AW_N$$

Análisis de consistencia

Por último, es necesario llevar a cabo un análisis de consistencia para comprobar la adecuada ponderación de pesos. Este análisis matemático se muestra para el conjunto de indicadores económicos ponderados en las tablas 5 y 6, siendo análogo para los indicadores sociales o ambientales.

Indicadores económicos normalizados	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	0,16	0,16	0,16	0,13	0,13	0,13	0,13
% de accionistas que son empleados	0,21	0,19	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09
Ventas netas (millones de euros)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15
Beneficio neto (millones de euros)	0,07	0,15	0,08	0,13	0,22	0,14	0,20
Beneficio neto por accionista (euros)	0,11	0,11	0,11	0,15	0,16	0,17	0,19
Reparto a accionistas (millones de euros)	0,10	0,20	0,13	0,13	0,15	0,14	0,15
Gastos de personal (millones de euros)	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Indicadores sociales normalizados							
Nº de empleados	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Horas de formación por empleado	0,08	0,08	0,08	0,12	0,17	0,21	0,26
LTIFR (nº de accidentes con baja por millón de horas trabajadas)	0,69	0,74	0,83	0,90	0,94	0,96	0,96
IG (nº de días de baja por cada 100 horas trabajadas)	0,80	0,80	0,81	0,87	0,90	0,91	0,91
% de mujeres en el consejo de administración	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,40	0,40
% de mujeres en puestos de gestión	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Nº de encuentros oficiales con las autoridades públicas	0,09	0,09	0,09	0,12	0,22	0,19	0,21
Training access rate (% de número de horas de formación con respecto al nº de horas trabajadas)	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16
Indicadores ambientales normalizados							
% de contribución de la fabricación del neumático en su ciclo de vida	0,74	0,77	0,80	0,92	0,92	0,92	0,93
% de producto fabricado en plantas certificadas con la ISO 14001	0,11	0,13	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16
Consumo de agua por tonelada de producto terminado (m3)	0,84	0,84	0,85	0,86	0,86	0,86	0,88
Consumo de energía por tonelada de producto terminado (GJ)	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87
Emisiones de CO ₂ por tonelada de producto terminado (toneladas)	0,85	0,84	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87
COV por tonelada de producto terminado (kg)	0,83	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,89
Emisiones de SO ₂ por tonelada de producto terminado (kg)	0,77	0,81	0,84	0,87	0,88	0,91	0,92
Emisiones de NOx por tonelada de producto terminado (kg)	0,83	0,84	0,84	0,86	0,85	0,88	0,90
Residuos por tonelada de producto terminado (kg)	0,84	0,85	0,86	0,86	0,85	0,87	0,87
% de residuos enviados a vertedero	0,80	0,82	0,85	0,87	0,87	0,89	0,91

Tabla 4. Valores de los indicadores normalizados de la multinacional fabricante de neumáticos. (Elaboración propia).

Tabla 5. Asignación de pesos (Elaboración propia).

	% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	% de accionistas que son empleados	Ventas netas (millones de euros)	Beneficio neto (millones de euros)	Beneficio neto por accionista (euros)	Reparto a accionistas (millones de euros)	Gastos de personal (millones de euros)
% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	1,00	0,33	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00
% de accionistas que son empleados	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00
Ventas netas (millones de euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Beneficio neto (millones de euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Beneficio neto por accionista (euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Reparto a accionistas (millones de euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Gastos de personal (millones de euros)	0,33	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00
SUMA	6,33	3,65	14,00	14,00	14,00	14,00	5,80

	% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	% de accionistas que son empleados	Ventas netas (millones de euros)	Beneficio neto (millones de euros)	Beneficio neto por accionista (euros)	Reparto a accionistas (millones de euros)	Gastos de personal (millones de euros)	Promedio de pesos por fila
% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	0,16	0,09	0,14	0,14	0,14	0,14	0,52	0,19
% de accionistas que son empleados	0,47	0,27	0,21	0,21	0,21	0,21	0,17	0,25
Ventas netas (millones de euros)	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,07
Beneficio neto (millones de euros)	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,07
Beneficio neto por accionista (euros)	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,07
Reparto a accionistas (millones de euros)	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,07
Gastos de personal (millones de euros)	0,05	0,27	0,36	0,36	0,36	0,36	0,17	0,28

Tabla 6. Normalización de pesos (elaboración propia).

Índice	Año						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
I económico	0,1557	0,1622	0,1422	0,1362	0,1388	0,1319	0,1330
I social	0,1365	0,1415	0,1455	0,1634	0,2257	0,2526	0,2639
I ambiental	0,6711	0,6885	0,7037	0,7238	0,7251	0,7381	0,7495

Tabla 7. Resultado final de indicadores agregados por categoría y año con el método 3 de aproximación (elaboración propia).

Los pasos seguidos son:

1. Cálculo de la matriz Aw^T :

$$\begin{pmatrix} 1,00 & 0,33 & 2,00 & 2,00 & 2,00 & 2,00 & 3,00 \\ 3,00 & 1,00 & 3,00 & 3,00 & 3,00 & 3,00 & 1,00 \\ 0,50 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,20 \\ 0,50 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,20 \\ 0,50 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,20 \\ 0,50 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,20 \\ 0,33 & 1,00 & 5,00 & 5,00 & 5,00 & 5,00 & 1,00 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,19 \\ 0,25 \\ 0,07 \\ 0,07 \\ 0,07 \\ 0,07 \\ 0,28 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,66099004 \\ 1,94169901 \\ 0,51412151 \\ 0,51412151 \\ 0,51412151 \\ 0,51412151 \\ 1,99083512 \end{pmatrix}$$

2. Cálculo del autovalor dominante:

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{fila } i \text{ de } Aw^T}{\text{fila } i \text{ de } w^T} = 7,5684$$

3. Cálculo del índice de consistencia:

$$CI = \frac{\sigma_{\max} - n}{n - 1} = 0,0947$$

4. Comparativa del índice de consistencia con el índice aleatorio (tabla 2):

$$\frac{CI}{RI} = \frac{0,0947}{1,32} = 0,07$$

Como el resultado del cociente es menor de 0,1 el resultado es consistente y queda así validada la adecuada la asignación inicial de pesos llevada a cabo en el apartado 3.3.

Pesos (w) Aw^T

Índice de sostenibilidad agregado

Además de un índice agregado por categoría, que permite realizar comparaciones dos a dos para cada año, se calcula un índice de sostenibilidad compuesto (I_{CS}) para poder comparar periodos de forma global, cuantitativa y rápida. Para realizar el cálculo de este indicador final a partir de los índices agregados (tabla 8), se han realizado cuatro ponderaciones diferentes (análisis de sensibilidad de los pesos o robustez de la solución):

Interpretación de los resultados

A la vista de los resultados obtenidos, se puede evidenciar objetivamente que el año 2007 presenta el mayor índice compuesto de sostenibilidad, independientemente de la ponderación realizada entre los diferentes índices agregados calculados llevada a cabo en el apartado anterior. Esto representa que

el año 2007 ha sido el más sostenible para la compañía entre los diferentes analizados.

Comparación de resultados con otros métodos

Además de la aplicación del método AHP, se pueden aplicar otros métodos de ayuda a la toma de decisión (véase el apartado de tipologías). Para dar una validez robusta a los resultados obtenidos mediante la aplicación del método AHP, fueron aplicados al conjunto de datos otros ocho métodos más de ayuda a la toma de decisión, siendo el resultado de la mayoría coincidente con el del método de las jerarquías analíticas.

En la tabla 9 se muestran los resultados; se ha marcado con una x la alternativa o alternativas que resultan seleccionadas tras la aplicación del método correspondiente.

La alternativa correspondiente al año 2007 aparece como seleccionada en siete de las nueve herramientas de toma de decisión, lo que representa el 78% de las ocasiones. Hay que tener en cuenta que el método conjuntivo no ha elegido ninguna, por lo que realmente, si eliminamos este método, habría sido elegida en siete de las ocho ocasiones, lo que representa el 87,5%.

Índice	Año						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
I CS (peso 1/3 todos los índices)	0,3211	0,2836	0,3305	0,3411	0,3632	0,3742	0,3821
I CS (peso 2/4 económico y 1/4 los otros)	0,2798	0,2532	0,2834	0,2899	0,3071	0,3136	0,3198
I CS (peso 1/4 económico, 2/4 social y 1/4 ambiental)	0,2750	0,2127	0,2842	0,2967	0,3288	0,3438	0,3525
I CS (peso 1/4 económico, 1/4 social y 2/4 ambiental)	0,4086	0,3848	0,4238	0,4368	0,4537	0,4652	0,4739

Tabla 8. Valores del Índice de Compuesto de Sostenibilidad (I_{CS}) (elaboración propia).

Método / año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dominancia	-	X	X	-	X	-	X
Maximin	-	-	X	-	-	-	-
Maximax	-	-	-	-	-	-	X
Conjuntivo	-	-	-	-	-	-	-
Disyuntivo	-	X	-	-	X	-	X
Asignación lineal	-	-	-	-	-	-	X
Suma ponderada	-	-	-	-	-	-	X
Producto ponderado	-	-	-	-	-	-	X
AHP (I CS)	-	-	-	-	-	-	X
Nº de coincidencias	-	2	2	-	2	-	7

Tabla 9. Resumen de resultados de los nueve métodos utilizados (elaboración propia, a partir de los resultados de la aplicación práctica de los métodos de ayuda a la toma de decisiones).

Conclusiones

Una vez vista la aplicación práctica de los métodos de ayuda a la toma de decisión a un conjunto de indicadores de desarrollo sostenible englobados en las categorías económica, social y ambiental, se ha comprobado que es posible unificar y simplificar los indicadores simples en valores agregados que permiten a los altos directivos conocer la evolución anual de su organización de manera rápida y sencilla para poder establecer su estrategia.

El comité de gestión de la empresa dedicada a la fabricación de neumáticos pudo ratificar con este análisis la correcta evolución que seguía la compañía hacia el desarrollo sostenible dado que el I_{CS} en el último periodo había sido mejor que en los anteriores y las bondades del método de toma de decisiones AHP seleccionado.

Igualmente, a la vista de los resultados, se observó que los aspectos económicos y sociales son susceptibles de mejora, dado que su índice agregado es menor que el correspondiente al ambiental.

Con este análisis de datos correspondientes a un periodo de siete años, cada año al comienzo, la compañía va a establecer unos objetivos para los diferentes índices agregados y realiza su revisión periódica,

estableciendo diferentes planes de acción en caso de que no se alcancen.

Con el desarrollo y puesta en práctica de esta herramienta, la empresa abre la vía de poderla utilizar para sobre otras fábricas, y poder intercomparar resultados y así determinar los centros *best in class* existentes.

Bibliografía

- Álvarez-Arenas M. (2000). Indicadores del Desarrollo Sostenible. *Ekonomi Gerizan* 7: 114-131. Federación de Cajas de ahorros Vasco-Navarras, Bilbao.
- Chiavenato A. (2007). *Administración de Recursos Humanos*. Mc Graw-Hill Interamericana, Colombia. ISBN: 9789701061046.
- Diez de Castro JA, Redondo López V, Barreiro Fernández B, López Cabarco MA. (2002). *Administración de Empresas. Dirigir a la Sociedad del Conocimiento*. Pirámide, Madrid. ISBN: 9788436816785.
- Epstein MJ. (2008). *Making sustainability work: best practices in managing and measuring corporate social, environmental and economic impacts*. Greenleaf Publishing Ltd, U.K. ISBN: 9781576754863.
- García Vilchez EJ, Sánchez Báscones MI. (2010). *Desarrollo del modelo de sostenibilidad integrado (M.S.I.) para la medida de la gestión sostenible de una industria de procesos: Aplicación al sector de fabricación de neumáticos*. Universidad de Valladolid (España). Y/D Tesis 003933.
- Keeney RL. (1982). Decision analysis. An Overview. *Woodward-Clyde Consultants*. San Francisco (California). doi:10.1057/jors.1982.89
- Korhonen PJ, Laakso J. (1986). A visual interactive method for solving the multiple criteria problem. *European Journal of Operational Research* 24 (2): 277-287, Elsevier.
- Krajnc D, Glavic P. (2004). A model for integrated assessment of Sustainable Development.

Resources, Conservation and Recycling, 43 (2): 189-208, Elsevier.

- Krajnc, D., Glavic, P. (2005). How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics* 55 (4): 551-553, Elsevier.
- Lai YJ, Hwang CL. (1994). Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications. *Lecture notes in economics and mathematical systems* vol. 404 Note(s): XIV, p. 475. Springer-Verlag, Berlin.
- Saaty TL. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York. ISBN 0-07-054371-2.
- Saaty TL. (1982). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences* 1 (1): 83-98, Pittsburgh (Pensilvania).
- Saaty TL. (1990). How to make a decision. *European Journal of Operations Research* 48: 9-26, Elsevier Ltd.
- Simon H. (1960). *The new Science of Management Decision*. Harper & Row, New York. ISBN: 0136161367.
- Venkata Rao R. (2007). *Decision making in the manufacturing environment. Using graph theory and fuzzy multi attribute decision making*. Springer-Verlag, London. ISBN: 1846288185.
- White DJ. (1990). A bibliography on the applications of mathematical programming multiple-objective methods. *Journal of the Operational Research Society* 41 (8) 669-691, Macmillan Publishers Limited, UK.

Emilio José García Vilchez

emigarvil@gmail.com
Ingeniero técnico industrial en Química. Ingeniero en Organización Industrial por la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid. Doctor en Ingeniería Industrial por la Universidad de Valladolid. Máster en Ingeniería de la Calidad, Logística Integral y Prevención de Riesgos Laborales.

Maria Isabel Sánchez Báscones

Doctora en Ciencias Químicas. Profesora titular de la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid.

Control de calidad en una pequeña empresa de fabricación metálica para el sector del automóvil

Servando Doval Rodríguez

Quality control in a small metal fabrication company for the automotive sector

RESUMEN

En la era de la calidad total en todos los sectores de la actividad se debe intentar lograr ser más competitivos a nivel industrial. Así lo pretende la empresa objeto de este trabajo, que se centra en una de las actividades que conforman el sector industrial como es la fabricación metálica. El trabajo se enmarca en una empresa de capital español y con casi 70 años de historia, que ha debido modernizarse a lo largo de todos estos años tanto en lo estructural como en lo tocante a sus recursos (técnicos y humanos) para poder adaptarse a la coyuntura industrial y los requerimientos del cliente. Esta capacidad de adaptación hace posible el poder afrontar nuevos, pudiendo, para superar las trabas de cada momento, diversificar la actividad y nuestros sectores objetivo (automóvil, naval y eólico principalmente), pero sin perder nuestros valores, cumpliendo así los estándares de calidad que nos exigimos.

El objetivo de este artículo es mostrar un método para llevar a cabo uno de los más importantes objetivos estratégicos, como es el control total de la calidad durante el proceso de fabricación, describiendo parte del *know-how* de la empresa y aplicándolo en particular a uno de los sectores industriales en que está especializada: la fabricación de carrocerías y vehículos especiales. Se desarrollará el artículo tomando como ejemplo la fabricación de uno de los múltiples productos que se pueden elaborar en chapa metálica en la empresa: concretamente, parte de una carrocería.

Recibido: 10 de marzo de 2011
Aceptado: 6 de marzo de 2012

Palabras clave

Ensamblajes, empresas, control de calidad, fabricación, automóvil

ABSTRACT

In the era of total quality in every industrial sectors we must try to be more competitive at an industrial level as expected of us at Talleres Doval, specifically with regard to the activities that make up the industrial sector, of which metal fabrication is a part. A company like ours, a Spanish company with almost 70 years of history, has needed to modernize itself throughout these 70 years, both structurally and in its use of resources, technical and human, in order to adapt to the industrial situation and the requirements of the customer. Part of this ability to adapt makes it possible to confront new challenges. Thus we can overcome the obstacles of every moment and diversify activity and our target sectors (mainly automotive, naval and wind power), but without compromising our values in meeting the quality standards that we set for ourselves.

The object of this article is to demonstrate our method of carrying out one of our strategic objectives, namely, total control over the manufacturing process, and, in so doing, show part of our know-how, applying it in particular to one of the industrial sectors in which we specialize: the manufacture of bodyworks and special vehicles. The article will unfold with the example of the manufacture of one of the many sheet metal products that can be made in our company, namely, part of a bodywork.

Received: March 10, 2011
Accepted: March 6, 2012

Keywords

Assembly, companies, quality control, manufacturing, automobile



Foto: Shutterstock

El proceso de control de calidad y su implementación

El proceso de control de calidad que hemos desarrollado consiste en la verificación dimensional y control de ensamblaje de productos manufacturados y se puede aplicar en cualquier ámbito del sector siderometalúrgico para la fabricación y montaje de todo tipo de piezas en acero al carbono, acero inoxidable, aleados especiales del acero, aluminio y diversos tipos de plásticos.

Nuestro proceso de control de calidad tiene la peculiaridad de estar implantado a lo largo de todo el proceso productivo y tiene como fin minimizar la probabilidad de aparición de errores o defectos en la realización y montaje de piezas, así como llevar un correcto control dimensional del ensamblaje de los diferentes componentes.

Su importancia radica en que pese a que el montaje del producto se realiza de forma manual, el control dimensional del mismo se asocia a las distintas etapas en la fabricación de las piezas, que se realizan de forma automatizada. Esta situación es la que se da en la mayoría de empresas de corte y conformado de chapa que trabajan para el sector manufacturero en el que hay máquinas de corte por láser, punzonadoras, plegado-

ras o paneladoras con CNC, etc., como es nuestro caso.

El procedimiento que se define es un sistema de autocontrol en el que cada operario que interviene en el proceso productivo puede saber si lo que está realizando o fabricando en ese momento se ajusta completamente a los parámetros establecidos en la etapa de diseño y/o requeridos por el cliente o, por el contrario, se está produciendo un error o defecto. En tal caso, debe actuar y avisar a la persona responsable para que ese fallo pueda ser investigado, poder corregirlo y detectar su origen para adoptar medidas futuras.

El desarrollo y evolución de este proceso de control involucra a todo el sistema productivo de la empresa desde las primeras etapas de diseño hasta el ensamblado final de los componentes, obligando a todas las personas implicadas en él a hacer buena la máxima de que “la calidad es tarea de todos” para lograr la calidad total tal como la definía K. Ishikawa, como una “filosofía, cultura, estrategia o estilo de gerencia de una empresa según la cual todas las personas en la misma estudian, practican, participan y fomentan la mejora continua de la calidad” (Gómez González, 2002).

De cara a la mejor comprensión de este artículo se describirá primero el pro-

ceso global de manufactura de la empresa y, posteriormente, se detallará cada etapa del proceso productivo, apoyándose en la aplicación de nuestro proceso de control de calidad global en la fabricación de parte de una carrocería con las figuras explicativas del texto que les acompaña.

Proceso productivo de manufactura metálica

Para lograr los preceptos de calidad total, el proceso de fabricación se inicia en el diseño de las piezas que componen el conjunto y desde esta primera etapa de la cadena productiva se fijarán los estándares de calidad que cumplir en todas las etapas de la producción. Las fases del proceso productivo en nuestra empresa se reflejan en el diagrama de flujo de la figura 1.

El proceso de verificación dimensional y control del ensamblaje de nuestro sistema de calidad comienza en la primera etapa de la fabricación del producto, de la carrocería en el caso de nuestro ejemplo, es decir, en el diseño. Es en esta fase en la que se establecen las guías o marcas en forma de orificios de diversas formas y tamaños en el boceto del prototipo y que se realizarán posteriormente en la siguiente fase, durante el corte, cuando las piezas que

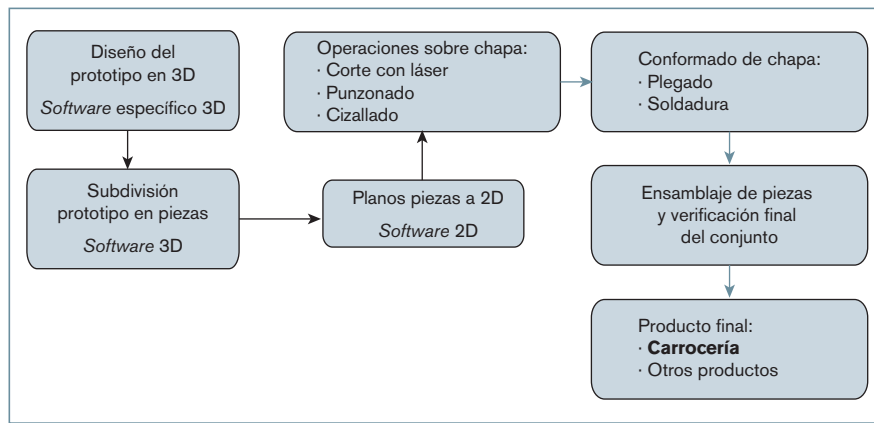


Figura 1. Figura de flujo del proceso operativo.

conforman el producto todavía se encuentran en un formato de chapa en plano.

Una vez que cada pieza pasa por cada una de las fases del proceso productivo, representado en la figura 1, y antes de ser ensamblada con el resto de piezas que constituyen el conjunto o producto final

(la carrocería), se verifica que cada uno de los orificios realizados ocupa su lugar específico atribuido en el diseño de la pieza ajustándose a los parámetros y tolerancias definidas en la primera fase.

En el diseño de las distintas piezas que forman un conjunto se habrá previsto que los distintos taladros realizados en cada

una de las partes que conformarán la carrocería tengan su correspondiente orificio en la pieza o piezas a las que va a ir unida, haciendo coincidentes sus centros en las diversas caras en contacto.

En la fase de ensamblaje de las distintas piezas que forman el producto final (la carrocería), la total coincidencia o no de estos centros, dentro de las tolerancias impuestas de antemano, nos indicarán la correcta o incorrecta situación dimensional de todas las piezas.

El diagrama de flujo completo del proceso de fabricación de la carrocería (o producto en general), se representa en la figura 2.

Diseño del producto

El proceso de verificación dimensional y control de ensamblaje se inicia en las etapas de diseño del producto.

Una vez que el cliente define las necesidades de su producto y todos los parámetros que debe cumplir (dimensiones, tolerancias, puntos de apoyo de elementos, etc.), se inicia el desarrollo de las distintas piezas que van a componer el producto final en el departamento de diseño.

Realizado el diseño 3D de todos los componentes se simula el ensamblaje de los mismos con el fin de verificar que no existen interferencias para su montaje y que el conjunto diseñado cumple con las especificaciones del cliente.

En la figura 3, a modo de ejemplo, se puede ver el diseño de la cabina de un vehículo industrial en 3D, el detalle de una de las piezas y la comprobación de ensamblaje de la misma a la carrocería a la que pertenece.

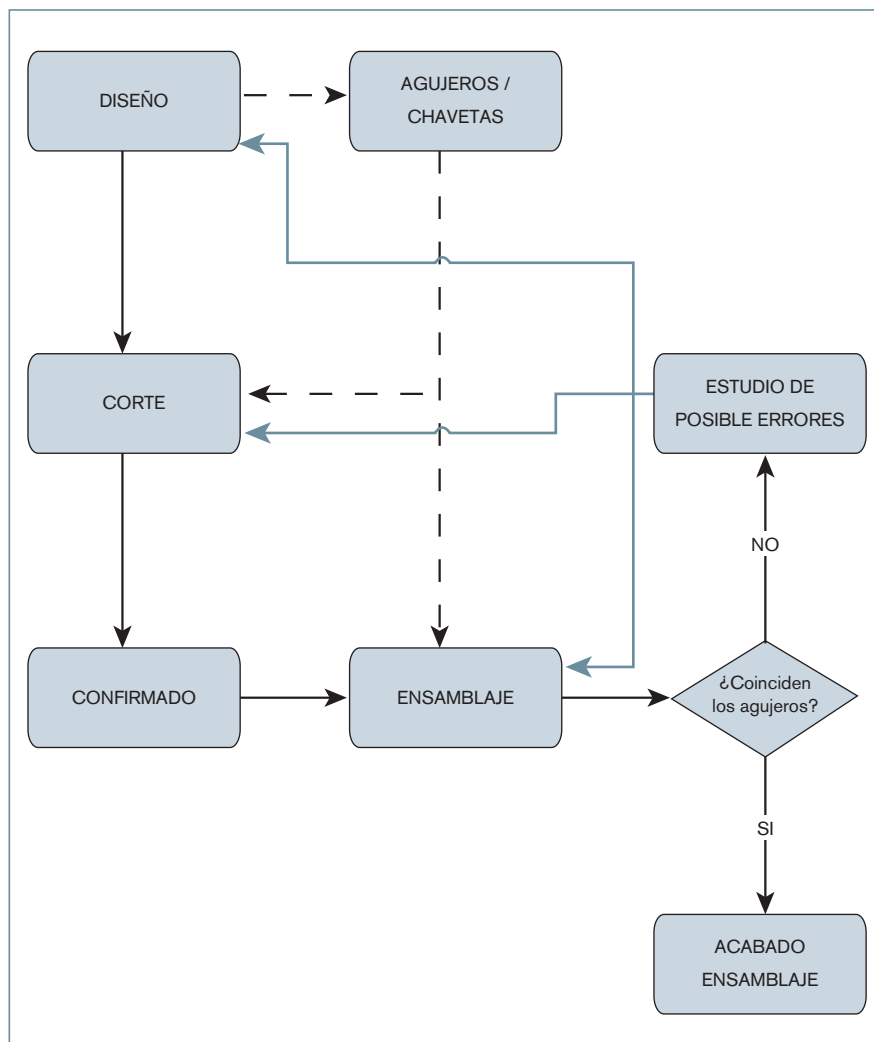
Es en este punto cuando el departamento de diseño tiene un papel crucial en el proceso de verificación dimensional y control de ensamblaje.

Observando la pieza de la figura 4, se pueden apreciar unos pequeños agujeros (de diferentes diámetros según necesidades) que se mecanizan en la misma así como en las piezas a las que se ensambla, de tal forma que la pieza en cuestión queda definida en una posición única.

Es decir, la simulación del ensamblaje en la etapa de diseño hace que una vez fabricada la pieza sólo pueda ser montada con la que le corresponde. Dicha concordancia es verificada con la coincidencia de los orificios o guías simulados en la concepción de la pieza.

En la figura 4 se pueden ver cuatro orificios realizados en la pieza plegada; los dos superiores coinciden con los agujeros de otra pieza, y los dos que hay en

Figura 2. Diagrama de flujo completo del proceso, asimilación del proceso de verificación dimensional y control del ensamblaje.



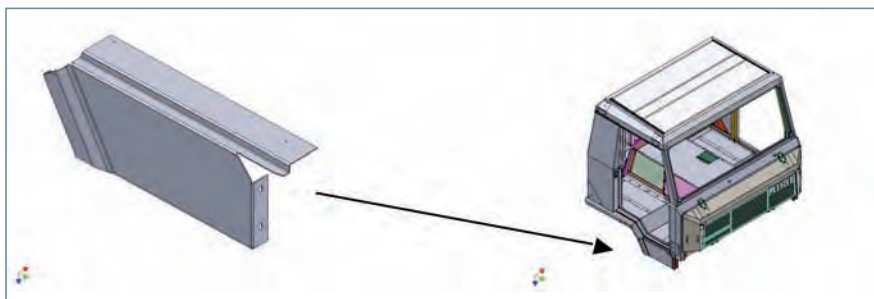


Figura 3. Carrocería y detalle de la misma.



Figura 7. Detalle de la pieza plegada con orificios guía.

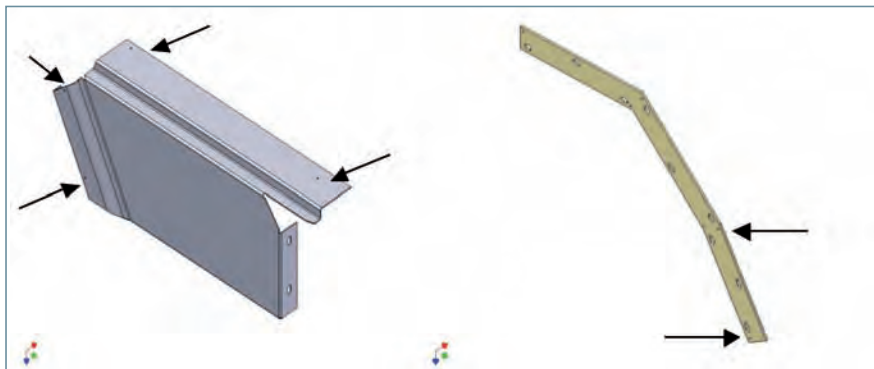


Figura 4. Detalle de pieza de carrocería.

el lateral izquierdo coinciden con los dos señalados de la figura anexa que se ha puesto a modo de ejemplo.

Cuando las piezas se ensamblan correctamente los agujeros de esas dos partes quedan fijados exactamente en la

misma posición y, por tanto, definen una posición única de montaje.

En la figura 6, que pertenece a la zona de ensamblaje de las piezas que se han tomado como ejemplo, se pueden apreciar numerosos agujeros que se realizan en el diseño 3D; son los taladros de verificación dimensional y control de ensamblaje.

Diseñados los conjuntos y todos sus componentes según el proceso descrito, todos ellos adquieren un carácter único, ya que sólo les corresponde una posición en exclusiva dentro del conjunto.

Diseñada la cabina en 3D, y practicados esos agujeros de control en las piezas que la conforman, se realizan los desarrollos de las mismas para pasarlas a 2D. Este proceso igualmente se realiza con el propio *software* de diseño 3D.

Corte y conformado de piezas

Realizado el desarrollo en 2D de cada una de las piezas, este se incorpora al programa de control numérico para la ejecución del corte en la máquina láser correspondiente. Dicha máquina reproducirá en la chapa exactamente la pieza tal como se refleja en el plano.

Se puede dar el caso de que el desarrollo 2D de dos piezas sea el mismo (por ejemplo, en el caso de una pieza que se monte en el lado izquierdo de la carrocería y su simétrica en el lado derecho). Es en esta situación en la que la verifica-

ción dimensional y de ensamblaje adquiere mayor importancia.

En ocasiones como las que se acaba de plantear es en la fase de mecanizado, generalmente en el plegado de la chapa, el momento en el que una perfecta definición de los agujeros de control es lo que hace imposible colocar una pieza izquierda en el lado derecho por dos razones:

1ª. El plegado de la chapa solo puede tener una mano. Esto puede verse perfectamente fijándose en la figura 7, de manera que el plegado de la chapa tiene que ser en la dirección derecha ya que los pequeños orificios de control indican al operario que la pieza no es simétrica respecto de su eje transversal (lo sería si no se hubiesen practicado los taladros guía).

2ª. Una vez plegada, la pieza solo puede ser ensamblada en el lado correcto debido a la asimetría de los orificios de control.

Con ello se ve la doble importancia que tiene el diseño de dichos agujeros de control de ensamblaje. Por un lado, definen la posición espacial de la pieza respecto a las que se ensamblan y, por otro, le da un carácter único a la pieza que hace que solo pueda ser montada en el lugar donde coincidan los taladros, evitando errores de intercambio de piezas.

Montaje de las piezas

Los orificios de control facilitan mucho las cosas a la hora del ensamblaje. En esta fase se aprovechan los mismos para colocar remaches y fijar el conjunto, de tal forma que el ensamblaje completo prácticamente se podría montar con remaches, sin utilizar ningún tipo de soldadura ni otros tipos de unión.

Montado un subconjunto o el conjunto final colocando los remaches de control, se sueldan las piezas y, a continuación, se eliminan prácticamente la totalidad de los remaches rellenando el taladro con soldadura si el acabado final o las especificaciones del cliente lo requieren, para, por ejemplo, ser posteriormente pintado y rematado.

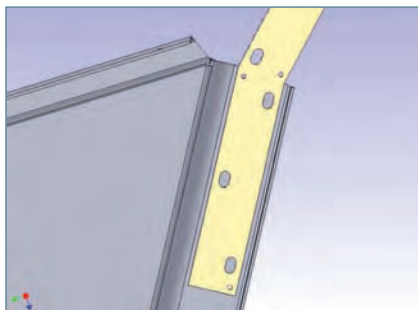
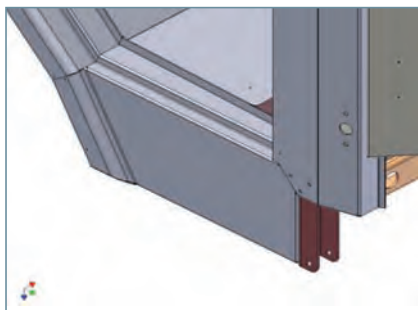


Figura 5. Detalle de coincidencias de dos orificios guía en sendas piezas que ensamblar durante la simulación en la fase de diseño.

Figura 6. Detalle de orificios guía para control de ensamblaje de pieza en el conjunto.



El ensamblaje es la fase del proceso productivo en la que mayor probabilidad de cometer errores existe porque es donde más interviene el factor humano. Sin embargo, el montaje de las distintas piezas que va definiendo el conjunto, teniendo en cuenta el proceso de control de verificación dimensional y control de ensamblaje minimiza o elimina en su totalidad el error humano.

Si los agujeros de control no encajasen, nos indicarían que se ha producido un error en algún momento del proceso. Ante este problema cabrían varias posibles causas:

1. Lo más probable es que la pieza estuviese mal identificada y no fuera la que corresponde al lugar que ocupa; por tanto, la solución es inmediata cogiendo la que corresponde.

2. El plegado de las piezas (o transformación de la pieza en 3D) tiene leves desviaciones: en este caso habría que proceder a subsanar el error en la programación con el *software* de plegado o revisión del utillaje de plegado usado.

3. La última posibilidad, menos probable, es que el corte de la pieza en 2D no esté bien elaborada, con lo que la solución sería la misma que en la opción anterior, es decir, reprogramar el corte en 2D.

La detección en tiempo real de cualquier problema durante el proceso productivo es donde radica la importancia de este procedimiento, ya que no se tiene que esperar a un punto de inspección de control de calidad final para saber que algo ha fallado entre dos puntos de inspección.

Este tipo de proceso, unido a la utilización de moldes en el montaje de las piezas, hace que no haya equivocaciones de ensamblado y no existan desviaciones dimensionales en los montajes finales, garantizando que el conjunto final se encuentre siempre dentro de los parámetros exigidos por los requerimientos del cliente y el nivel de rechazos por producto no conforme sea mínimo o prácticamente inexistente.

Otro punto importante a la hora de utilizar estos agujeros de ensamblaje y fijarlos con remaches mientras duran las operaciones de soldadura es el factor minimizador de los desvíos dimensionales causados por el calentamiento del acero (u otro material utilizado), más acusados cuanto más fina es la chapa que soldar, puesto que dotan de cierta rigidez a la estructura.

Precisamente por este motivo, aparte del de situar en el lugar correcto las piezas de un conjunto o ensamblaje, cuando la chapa que soldar tiene un espesor importante, el departamento de diseño, en vez de practicar agujeros de control para rema-

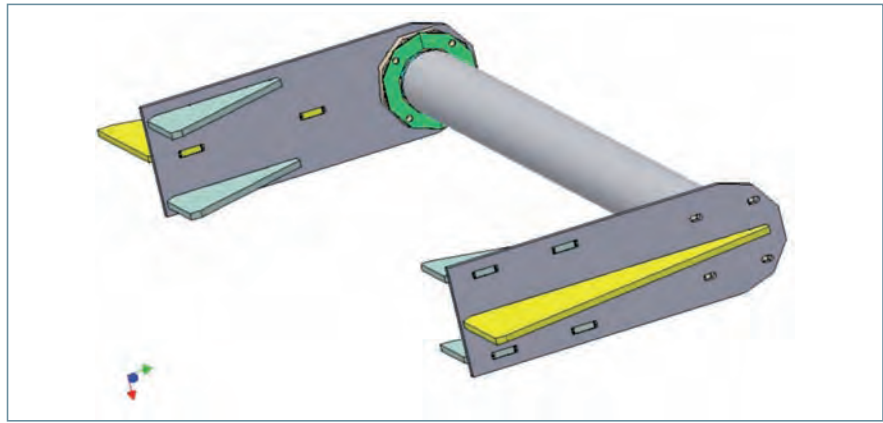


Figura 8. Detalle de chavetas para perfecto ensamblaje de piezas en forma de cartabón en el cuerpo central.

ches, proyecta agujeros de mayor tamaño, frecuentemente rectangulares, denominados internamente chavetas, que encajan con salientes de la pieza que se va a ensamblar como se puede ver en la figura 8.

El correcto dimensionamiento y número de estas chavetas proporcionan una rigidez extraordinaria a la estructura tanto en su acabado final como en el proceso de soldadura y, a su vez, posicionan las piezas por ensamblar correctamente, minimizando las desviaciones dimensionales y haciendo, como antes, que las piezas tengan una posición única.

Puede verse reflejado como ejemplo, en la figura 8, en el que el cartabón más grande y exterior va en la posición central, mientras que los pequeños solo hay forma de hacerlos encajar en las chavetas laterales, con lo que prácticamente un plano de montaje con el dibujo de la figura es suficiente para saber montar el conjunto, identificando cómo y dónde se sitúa cada pieza.

Conclusiones: mejoras en la fabricación metálica

En la situación actual de grave crisis global debemos ser capaces de ofrecer productos de calidad para poder salvar los obstáculos económicos, y más teniendo en cuenta que nuestra empresa pertenece a ese 99,1% de las empresas manufactureras de la UE-25 que son pymes, que el 45,5% del valor añadido en manufacturas de la UE-25 se produce en pymes y que el 57,7% de las personas ocupadas en manufactureras de la UE-25 trabajan en pymes, el 74% en el caso de España (Trullén, 2006).

Por todo lo anterior los sistemas de producción en empresas sin tantos recursos como las grandes deben ser innovadores y de calidad de manera que la adaptabilidad a la coyuntura económica sea posible pudiendo así poder diversificar el sector de aplicación de los productos.

El método de trabajo expuesto anteriormente desarrolla un sistema de control de calidad que aplicamos en todos nuestros trabajos independientemente del sector para el que trabajemos aunque se aplique de forma más adecuada al sector del automóvil por la cantidad de piezas que conforman una carrocería.

El sistema es de ideal aplicación en casos como el de nuestra empresa en que los medios no son comparables con las grandes empresas españolas y extranjeras para lograr una mejora continua dentro de nuestros procesos y una mayor competitividad dentro del sector.

La eficacia de nuestro sistema de control se traduce en un ahorro de costes *a)* en tiempo y *b)* en materia prima, ya que menos piezas defectuosas requieren de menos material por posibles errores que podrían darse en otras situaciones. Nuestro sistema de control, innovador en su concepción y aplicación, hace que la eficacia y eficiencia de nuestro proceso productivo se traduzca en una ventaja competitiva de cara al servicio ofrecido a nuestros clientes.

Bibliografía

- Ferdows K, De Meyer A (1990). Lasting Improvements in Manufacturing Performance: In Search of a New Theory. *Journal of Operations Management*.
- Gómez González S (2002.) *Control de calidad en fabricación mecánica*. Editorial Técnica.
- Trullén Thomas, J. (2006). Distritos industriales marshallianos y sistemas locales de gran empresa en el diseño de una nueva estrategia territorial para el crecimiento de la productividad en la economía española. *Economía industrial*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Servando Doval Rodríguez

servando@tdoval.com

Maestro industrial e ingeniero técnico industrial (especialidad mecánica). Director de Talleres Doval.

www.unionprofesional.com

La web de referencia informativa y documental de ámbito colegial



The main website features a header with the Union Profesional logo and navigation links: Inicio, Mapa, English, Français, Español, and a search bar. Below the header is a banner image showing hands assembling puzzle pieces. The main content area is divided into several sections:

- Actualidad**: A section with news articles, including "Las colegios profesionales son uno de los colectivos más sensibilizados con el medio ambiente" and "Unión Profesional se adhiere al Manifiesto de COHAMA 10: 'Ahora más que nunca'".
- Canal Profesiones**: A section featuring a radio program "Escuela de Gestión y Liderazgo: Flexibilidad" and a video "Profesiones en la Ficción: Cine y TV".
- Nuestros Blogs**: A section with links to "Blog de las Profesiones" and "Blog E-Colegio".
- Noticias Colegiales**: A section with a list of news items, including "Canciller propone diez recomendaciones para salir de la crisis" and "Máximo González Jurado, reelegido presidente del CGE".
- Patrocinadores**: A section with logos for Santander, apd, and MARSH.

At the bottom, there are social media links for LinkedIn, Facebook, Twitter, and YouTube, and a footer with the text "2009 Unión Profesional" and "Aviso Legal".

Síguenos en



The 'Actualidad' section features a header with the Union Profesional logo and navigation links: Inicio, Mapa, English, Français, Español, and a search bar. Below the header is a banner image showing a man working on a laptop. The main content area is divided into several sections:

- Actualidad**: A section with news articles, including "El medio ambiente en la prestación de los servicios profesionales" and "Unión Profesional se adhiere al Manifiesto de COHAMA 10: 'Ahora más que nunca'".
- Noticias Colegiales**: A section with a list of news items, including "Canciller propone diez recomendaciones para salir de la crisis" and "Máximo González Jurado, reelegido presidente del CGE".



The 'Blog Profesiones' section features a header with the Union Profesional logo and navigation links: Inicio, Mapa, English, Français, Español, and a search bar. Below the header is a banner image showing two people talking. The main content area is divided into several sections:

- El Blog de las Profesiones**: A section with a list of blog posts, including "La prolongación de la 'trixi'" and "El caso de la 'trixi'".

<http://union-profesional.blogspot.com>



The 'Revista Profesiones' section features a header with the Union Profesional logo and navigation links: Inicio, Mapa, English, Français, Español, and a search bar. Below the header is a banner image showing a man working on a laptop. The main content area is divided into several sections:

- Profesiones**: A section with a list of articles, including "El medio de comunicación de las profesiones en la sociedad" and "El caso de la 'trixi'".

<http://www.profesiones.org>

El plan de calidad ambiental de Huelva, un modelo de referencia

Rafael E. Romero García

The environmental quality plan for Huelva, a reference model

RESUMEN

En las últimas décadas el estudio y el cuidado del entorno ambiental se han convertido en una prioridad para la sociedad. En Huelva se han dado las condiciones ideales para establecer un plan de calidad ambiental debido a la gran extensión de territorio protegido y a la alarma existente entre la población, por su importante actividad industrial. Este artículo revisa los antecedentes, la elaboración y la implantación del Plan de Calidad Ambiental de Huelva y su Entorno (PCAHE), así como sus implicaciones sociales. El diagnóstico de la situación ambiental que hace este plan, pionero en España, señala que Huelva tiene unos niveles de contaminación similares a los de cualquier ciudad industrializada. Gracias al PCAHE se ha podido certificar que el mayor problema ambiental de la provincia onubense es el drenaje ácido minero procedente de las más de 200 explotaciones mineras abandonadas.

Recibido: 18 de diciembre de 2010
Aceptado: 19 de abril de 2011

ABSTRACT

In recent decades the study and care of the environment have become a priority for society. In Huelva ideal conditions exist for the establishment of a plan of environmental quality due to the large expanse of protected land and existing concern among the population, due to the substantial existing industrial activity. This article reviews the history, development and implementation of the Environmental Quality Plan for Huelva and its surroundings (PCAHE) and its social implications. The diagnosis of environmental situation that comprises this plan, a pioneer in Spain, indicates that Huelva has pollution levels similar to those of any industrial city. Thanks to PCAHE it has been possible to certify that the biggest environmental problem in the province of Huelva is the acid mine drainage from more than 200 abandoned mine workings.

Received: December 18, 2010
Accepted: April 19, 2011

Palabras clave

Medio ambiente, calidad, contaminación, sostenibilidad, Huelva

Keywords

Environment, quality, pollution, sustainability, Huelva



Concepto y necesidad de un plan de calidad ambiental

Un plan de calidad ambiental es una figura que permite estudiar y mejorar, si es necesario, todos los aspectos medioambientales de una ciudad, zona y/o comarca. Abarca todas las vertientes, los típicos parámetros medioambientales (calidad del aire, agua y tierra) y los nuevos aspectos que van surgiendo con el tiempo (ruido, paisaje, etcétera). No se limita a evaluar la situación ambiental actual, sino que estudia la pasada y prevé la futura, así como los demás aspectos en los que estos factores han influido o influirán (sanidad, calidad de vida y demás).

En general, siempre y en todo lugar es necesario realizar un plan de calidad ambiental, pero por cuestiones lógicas (necesita una gran cantidad de recursos humanos, materiales y económicos) solo se realiza allí donde las circunstancias lo hacen imprescindible, bien por tratarse de zonas muy degradadas por la actividad humana (realmente o en apariencia) o por actuar sobre terrenos de un especial valor medioambiental o de una especial fragilidad.

El plan de calidad ambiental de Huelva

Antecedentes

La historia industrial de la provincia de Huelva, de las más antiguas de Europa,

viene marcada por su riqueza agroalimentaria (salazones, conservas, aceite, etcétera) y, sobre todo, por la metalurgia derivada de la minería pirítica que se realiza en ella desde hace miles de años, cómo ya fue expuesto en un artículo anterior (Romero García, 2008). Además, la provincia de Huelva está cruzada de norte a sur por los ríos Tinto y Odiel, que se juntan en la capital de la provincia, justo en la desembocadura común en el océano Atlántico a través de la Ría de Huelva. Estos ríos atraviesan la Faja Pirítica Ibérica arrastrando y disolviendo una gran cantidad de metales (figura 1) antes de llegar a la desembocadura, donde el encuentro con el agua marina, y la correspondiente subida de pH, precipita la mayor parte de ellos en los lodos que se vienen acumulando históricamente en el fondo y las orillas de la Ría de Huelva. A pesar de esa precipitación, el agua desembalsada al océano Atlántico sigue teniendo una gran cantidad de metales disueltos, constituyendo un caso único, y así se observa que en el caso del cinc (Zn), por ejemplo, la Ría de Huelva aporta más del 37% de todo este elemento en comparación con el resto de los ríos en el planeta (figura 2).

Gracias a esta riqueza minera, a partir de la década de 1960 comenzaron a

funcionar junto a la Ría de Huelva las instalaciones industriales del denominado Polo de Desarrollo (Romero García, 2008), que se dividió en tres polígonos industriales: Punta del Sebo (Huelva), Nuevo Puerto (Palos de la Frontera) y Tartessos (San Juan del Puerto).

La elevada degradación ambiental ocasionada por la combinación de ambos factores (aportes a la ría e industrialización de la zona) y por el enorme aumento de población que se produjo, junto con un aumento de la sensibilidad y preocupación entre la población, los trabajadores y sus representantes (sindicatos, partidos políticos, asociaciones, etcétera) por los temas ambientales y sanitarios, llevaron a la Junta de Andalucía a iniciar en 1986 los llamados Planes Correctores de Vertidos Líquidos y Atmosféricos de Huelva, que consistían en una serie de medidas de urgencia para disminuir los aportes de contaminantes a la atmósfera y a la ría, y fue la primera actuación que se tomó en Andalucía para reducir la contaminación industrial de una zona determinada y regenerar el medio. De aquí se pasó al Plan de Normalización, que tenía dos objetivos:

- Establecer un sistema de control autonómico basado en las autorizaciones de vertido.

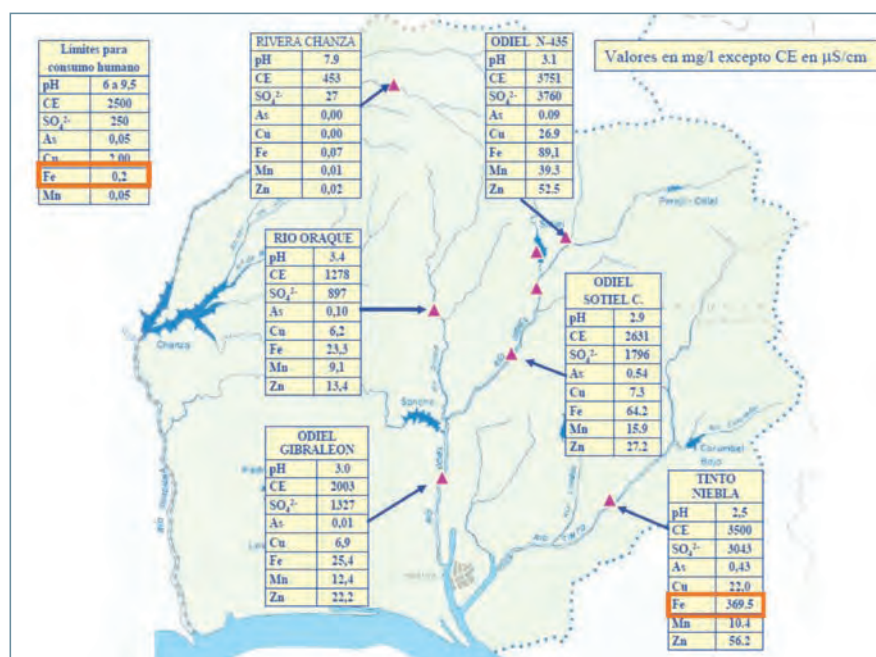


Figura 1. Las múltiples facetas de la salud humana.

	Tinto y Odiel Tm/año	GESAMP Tm/año	%	Total Tm/año	%
As	33	10000	0,3	10033	0,3
Cd	11	340	3,3	351	3,1
Cu	1706	10000	17,1	11706	14,6
Fe	7775	1400000	0,6	1407775	0,6
Mn	1613	280000	0,6	281613	0,6
Pb	26	2000	1,3	2026	1,3
Zn	3464	5800	59,7	9264	37,4

GESAMP (1987). Land/sea boundary flux of contaminants: contributions from rivers.
Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution.

Figura 2. Comparación del aporte a la Ría de Huelva con la estimación del aporte global fluvial a los océanos. Fuente: Nieto JM. et al. Curso Plan Calidad Ambiental, 2007.

– Crear un marco legal, inexistente entonces, para dar cobertura jurídica a este proceso. Este marco legal se concreta en la Ley 7/94, de 18 de mayo de 1994, sobre protección ambiental.

El paso del tiempo ha traído un mejor conocimiento del medio y una mejora en las posibilidades técnicas, junto a un mayor amparo legal, lo que permite seguir avanzando en ese camino buscando el desarrollo de iniciativas concretas, factibles e integradas. El Plan de Calidad Ambiental de Huelva y su Entorno (PCAHE) es la herramienta encargada de conseguir esos objetivos.

Objetivos del plan

Tal como consta en el borrador del plan de calidad ambiental de Huelva y su entorno (Junta de Andalucía, 2010), el PCAHE es un plan de acción cuyo objeto

es prevenir y minimizar la contaminación del entorno de Huelva, adoptando coordinadamente las medidas necesarias entre las Administraciones competentes y los agentes económicos implicados, todo ello, con el fin de:

- Proteger el medio ambiente contra los efectos adversos de las actividades humanas, manteniendo niveles admisibles de calidad ambiental.
- Salvaguardar las condiciones de salubridad.
- Conservar el ecosistema estuarino y, cuando sea posible, recuperar aquellas zonas que se hayan visto afectadas negativamente.

En términos más concretos, el PCAHE tiene por objeto la mejora cuantificable de la calidad del aire ambiente, de las aguas del estuario y de los suelos del entorno de Huelva.

Como objetivos concretos que resaltar (no son los únicos), están:

- Mejorar la calidad del aire, las aguas y el suelo del entorno de la Ría de Huelva.
- Adaptarse a las nuevas directivas europeas sobre medio ambiente, antes incluso de que su transposición las hiciera obligatorias (CE, 2008).
- Mejorar los sistemas de vigilancia, inspección y control de las emisiones a la atmósfera y al litoral.
- Mejorar la información al ciudadano.
- Aumentar la coordinación entre las diversas Administraciones (figura 3).
- Fomentar que las actividades industriales sean compatibles con el medio ambiente.

El ámbito geográfico y humano del PCAHE es el de los términos municipales de Huelva, Aljaraque, Punta Umbría, Gibraleón, San Juan del Puerto, Moguer, Palos de la Frontera y Niebla (figura 4) con 1.073 km² y más de 230.000 habitantes; por considerarse estas poblaciones y sus habitantes especialmente afectados por la problemática socio-industrial-medioambiental que se aborda en el PCAHE.

Fases de implantación

Para que cualquier plan tenga éxito, hay que concretar las fases que necesita para su implantación y desarrollo. En el caso que estudiamos las fases han sido tres:

1. Fase 1: impulso político desde la Consejería de Medio Ambiente. El PCAHE se inicia tras el visto bueno del pleno del Parlamento de Andalucía al Plan Andaluz de MA 1997-2002, en fecha de 23 de junio de 1999 (BOJA, 2000). Finalmente el PCAHE se concreta en el marco del Plan Andaluz de Medio Ambiente 2004-2010 y de la Estrategia Andaluza de Desarrollo Sostenible (BOE, 2007).

2. Fase 2: elaboración del plan. Para ello se realiza un diagnóstico de la situación actual, se definen los objetivos y actuaciones y se ven las fuentes de financiación.

3. Fase 3: ejecución y seguimiento.

El periodo de vigencia del PCAHE es desde la fecha de aprobación hasta el año 2015. Sin embargo, ello no significa que dejen de tener validez las medidas de carácter permanente que van más allá de dicho año. Durante el periodo de vigencia, el PCAHE será revisado, y modificado si procede, por los mecanismos de evaluación y seguimiento establecidos en el mismo plan.

Una vez establecidas las fases, el ámbito de estudio, el marco legal, los objetivos básicos y el periodo de vigencia, se concretan los pasos de las distintas fases vistas.

ADMINISTRACIONES IMPLICADAS EN EL PCAHE	
Estatales	Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Ministerio de Industria, Turismo y Comercio Ministerio de Fomento Ministerio de Economía y Hacienda
Autonómicas	Consejería de Medio Ambiente Consejería de Salud Consejería de Agricultura y Pesca Consejería de Economía, Innovación y Ciencia Consejería de Obras Públicas y Vivienda Consejería de Gobernación y Justicia Consejería de Educación
Locales	Diputación Provincial de Huelva Ayuntamiento de Huelva Ayuntamiento de Aljaraque Ayuntamiento de Niebla Ayuntamiento de Punta Umbria Ayuntamiento de San Juan del Puerto Ayuntamiento de Gibraleón Ayuntamiento de Moguer Ayuntamiento de Palos de la Frontera

Figura 3. Administraciones implicadas en el plan. Fuente: Junta de Andalucía.



Figura 4. Términos municipales incluidos en el PCAHE. Fuente: Junta de Andalucía.

Diagnóstico de la situación de partida

Si se querían obtener resultados cuantificables, era imprescindible cuantificar la situación de partida, establecer las mejoras necesarias y evaluar el resultado de las mismas.

Este diagnóstico se encargó al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que coordinó los distintos estudios realizados, bien por personal propio o con los expertos ajenos necesarios, pertenecientes, por ejemplo, al Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) y a universidades como las de Huelva, Granada y Sevilla, entre otras.

Dichos estudios incluyen la calidad del aire, del agua y de los sedimentos de la ría, así como la situación de las balsas de fosfoyesos. En los resultados de estos estudios realizados entre 1999 y 2006 hay que señalar que la situación era, y es, mucho mejor de lo esperado.

Participación ciudadana

Dada la gran demanda de información ambiental por parte de la población y su deseo de participar, se establecen tres comités:

- Comité institucional: está constituido por representantes de todas las Administraciones implicadas en el plan. Es el órgano de coordinación y seguimiento institucional.

- Comité científico-técnico: está constituido por técnicos y científicos especializados en la temática tratada. Es el encargado de realizar el seguimiento de la ejecución del plan y la difusión del cumplimiento de los objetivos.

- Comité de participación: está constituido por representantes de la sociedad (grupos ecologistas, asociaciones de vecinos, sindicatos, etcétera). Actúa como órgano consultivo y es el encargado de recoger la opinión de los diferentes operadores sociales, para encargar al comité científico-técnico los estudios que necesita y así aclarar las dudas sobre la situación ambiental/sanitaria y de las medidas adoptadas.

También en este contexto de transmitir información, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, en colaboración con la Universidad de Huelva, ha realizado diversas actividades formativas, abiertas a todos los ciudadanos (jornadas sobre calidad ambiental y cursos de formación de monitores ambientales entre otros) que acabaron finalmente en la impartición de una asignatura de libre configuración en la Universidad de Huelva sobre *El Plan de Calidad Ambiental de Huelva y su Entorno*. Esta misma Consejería ha realizado otras actuaciones en este sentido como documentales, campañas de información en institutos, programas de televisión, etcétera. Asimismo, la Universidad de Huelva y el Sindicato UGT (FIA-UGT Huelva) celebran anualmente desde 2004 las Jornadas Sobre Industria y Desarrollo Sostenible, que aunque no se enmarcan dentro del PCAHE, están inspiradas en él.

Redacción y puesta en marcha del PCAHE

Finalmente, se ha podido redactar el primer borrador de lo que será definitivamente el PCAHE tras un trabajo arduo

y conciencioso, en el que la transparencia de todo el proceso ha sido una de las claves de su éxito, ya que los informes que el CSIC iba realizando periódicamente sobre el diagnóstico de la situación ambiental se daban a conocer al comité institucional y al comité de participación antes que al científico-técnico, para evitar posibles especulaciones sobre que los datos y resultados pudiesen ser falseados.

En el PCAHE han quedado recogidos el diagnóstico previo, el programa de actuaciones y un sistema de evaluación y seguimiento, todo ello de acuerdo a la instrumentación e inversiones previstas para su ejecución.

En estos 10 años de marcha del PCAHE, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, a la vista de los resultados que se iban obteniendo, ha realizado varias actuaciones antes de la redacción definitiva del plan, como la firma de acuerdos voluntarios con las industrias (antes de la implantación de la IPPC) y actuaciones con los Ayuntamientos dentro del Programa de Sostenibilidad Ambiental CIUDAD 21.

En el plan se incluyen, además de las acciones ya iniciadas, actuaciones que deberán llevarse a cabo para obtener: mejora de la calidad del aire, mejora de la calidad de las aguas del litoral, mejor gestión de residuos, control/remediación de suelos potencialmente contaminados, clausura/restauración de las balsas de fosfoyesos, mejorar la comunicación a la sociedad y diversas actuaciones en materia de salud ambiental. Todas estas actuaciones se realizarán coordinándolas con

otras planificaciones que incidan en los municipios afectados por el PCAHE. Por ello, para la redacción del borrador del plan se han tenido en cuenta los diferentes planeamientos urbanísticos existentes, los instrumentos de planificación sectoriales derivados del Plan Andaluz de Medio Ambiente 2004-2010, así como otros instrumentos de planificación de distinto ámbito territorial.

Se ha sido muy cuidadoso con el tema de las competencias, valorando el grado de implicación necesario de cada Administración y las competencias de cada una en el desarrollo del plan.

También se tienen en cuenta los resultados obtenidos por los estudios técnicos y científicos que se han realizado, o se estén realizando, en el territorio objeto del plan.

Se prevé la creación de una comisión de seguimiento del PCAHE, entre otras medidas, para asegurar que el plan se ejecute de acuerdo con lo previsto, realizando evaluaciones de la ejecución del mismo y adaptándolo ante necesidades y/o cambios que aparezcan en el futuro. Para ello se han definido unos indicadores de seguimiento y evaluación del PCAHE.

La instrumentación del PCAHE se ha diseñado para facilitar y optimizar el funcionamiento de las diversas fuentes de financiación previstas, tanto públicas como privadas. Asimismo, para su redacción, se han escuchado las opiniones de los distintos agentes sociales y económicos que han intervenido y se ha tenido en cuenta la cooperación interadministrativa.

Con la implantación del plan, se da, además, coherencia y cobertura al Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA) y a los Planes de Ordenación del Territorio de ámbito subregional que se desarrollan en su territorio total o parcialmente:

- Plan de Ordenación del Territorio del Litoral Occidental de Huelva.
- Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Huelva.
- Plan de Ordenación del Territorio del Ámbito de Doñana.

Además, se han tenido en cuenta los siguientes planes:

- Plan Andaluz de Desarrollo Industrial (PADI), 2007-2013.
- Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos en Andalucía.
- Plan de Prevención y Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía, 2004-2010.
- Plan Andaluz de Salud Ambiental, 2008-2012.
- Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica Tinto-Odiel-Piedras.

– Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA), 2007-2013.

– Plan Andaluz de Acción por el Clima, 2007-2012. Programa de Mitigación.

– Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética (Pasener), 2007-2013.

– Programa de Sostenibilidad Ambiental CIUDAD 21.

– Planes Generales de Ordenación Urbanística de los municipios del ámbito.

– Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural de Doñana.

– Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Doñana.

– Plan de Desarrollo Sostenible de Doñana.

A los que hay que sumar las repercusiones del Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la zona (en elaboración) y, como se indicó anteriormente, de la planificación urbanística de los municipios afectados por el PCAHE.

Conclusiones

El PCAHE ha sido el primero en España, y posiblemente en Europa, de estas características y magnitud. Un año después de su formulación y puesta en marcha, lo hizo el del Campo de Gibraltar, ya que es un territorio con algunas problemáticas de la misma índole que en la Ría de Huelva.

Un plan de estas dimensiones no sería posible sin la implicación real de las Administraciones y de todos los agentes e individuos participantes en los distintos comités. Destacable ha sido el estudio del diagnóstico previo, en el que se ha visto que la situación ambiental es mejor de lo que se esperaba, posiblemente por las medidas tomadas a raíz de los Planes Correctores de Vertidos Líquidos y Atmosféricos de Huelva en 1986 y de los acuerdos firmados en 1991, por lo que no tiene sentido la alarma que sigue presente entre la población de Huelva y su entorno motivada, en gran medida, por las voces catastrofistas de algunos colectivos sociales y ecologistas, algunos de los cuales siguen sin aceptar las conclusiones del diagnóstico al no coincidir con sus planteamientos previos.

También se puede decir, después de los años de estudios realizados y de la calidad y cantidad de los mismos, que el entorno natural y humano de la Ría de Huelva es posiblemente el mejor estudiado de España y uno de los mejores de Europa.

Finalmente, hay que incidir nuevamente en que, de forma específica, este

plan tiene por objeto la mejora cuantificable de la calidad del aire ambiente, de las aguas del estuario y de los suelos del entorno de Huelva. Por tanto, tendrá una favorable repercusión en los siguientes aspectos, entre otros:

– Protección del medio ambiente contra los efectos adversos de las actividades humanas, manteniendo niveles admisibles de calidad ambiental.

– Salvaguarda de las condiciones de salubridad.

– Conservación del ecosistema estuario y, cuando sea posible, recuperación de aquellas zonas que se hayan visto afectadas negativamente.

– Mejora de la calidad de vida de los habitantes de la zona estudiada, al solucionar los problemas ambientales y tranquilizar a la población haciéndole llegar una información veraz de su entorno.

Bibliografía

- Abad Holgado, E; Ramos Martín, JL (2005). *Diagnóstico de la Calidad de la Ría de Huelva*. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas. ISBN: 978-84-96329-50-8
- BOJA (2000). Orden de 9 de febrero, por la que se aprueba la formulación del Plan de Calidad Ambiental de Huelva y su entorno. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 34, del 21 de marzo.
- BOE (2007). Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental. Boletín Oficial del Estado número 190 de 9 de agosto.
- CE (2008) Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de enero, relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Directiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control).
- Junta de Andalucía (2010). Borrador del plan de calidad ambiental de Huelva y su entorno. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/vigilancia_y_preencion_ambiental/planificacion/huelva_y_su_entorno/a_probacion_plancalidadhuelva/Documento_PCAHE2010_2015.pdf (Consultado el 27 de febrero de 2011).
- Pérez, JL (2004). La reconversión ambiental de la industria. Medio ambiente, 45. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub_revistama/revista_ma45/ma45_46.html (Consultado el 27 de febrero de 2011).
- Romero García, RE (2008). La obtención del ácido sulfúrico y su producción en Huelva. *Técnica Industrial* 275: 64-68.
- Romero García, RE (2009). Fosfoyesos de Huelva, ni son residuos ni son radiactivos. Editorial Conciencia (Principia Creativos y Comunicación). Sevilla. ISBN: 978-84-61340-39-2.

Rafael E. Romero García

rafaromerogarcia@gmail.com

Ingeniero técnico industrial e ingeniero químico por la Universidad de Huelva. Miembro del Comité Técnico del Plan de Calidad Ambiental de Huelva y su Entorno.

PREPARACIÓN A DISTANCIA Y PRESENCIAL

CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

- FILOSOFÍA
- LATÍN Y CULTURA CLÁSICA
- GRIEGO Y CULTURA CLÁSICA
- LENGUA CASTELLANA Y LITERATURA
- GEOGRAFÍA E HISTORIA
- MATEMÁTICAS
- FÍSICA Y QUÍMICA
- BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA
- DIBUJO
- INGLÉS
- FRANCÉS
- ALEMÁN

- MÚSICA
- EDUCACIÓN FÍSICA
- PSICOLOGÍA Y PEDAGOGÍA
- TECNOLOGÍA
- ECONOMÍA
- FORMACIÓN Y ORIENTACIÓN LABORAL
- ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
- ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN COMERCIAL
- INFORMÁTICA
- ORGANIZAC. Y PROYECTOS

- DE FABRICACIÓN MECÁNICA
- ORGANIZAC. Y PROCESOS DE VEHÍCULOS
- ORGANIZAC. Y PROYECTOS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS
- SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS Y AUTOMÁTICOS
- SISTEMAS ELECTRÓNICOS
- CONSTRUCCIONES CIVILES Y EDIFICACIÓN
- PROCESOS DIAGNÓSTICOS CLÍNICOS Y ORTOPROTÉSICOS
- PROCESOS SANITARIOS

- PROCESOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA
- INTERVENCIÓN SOCIOCOMUNITARIA
- HOSTELERÍA Y TURISMO
- PROCESOS Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN
- ASESORIA Y PROCESOS DE IMAGEN PERSONAL
- ANÁLISIS Y QUÍMICA INDUSTRIAL
- PROCESOS DE PRODUCCIÓN AGRARIA

PROFESORES TÉCNICOS DE FORMACIÓN PROFESIONAL

- PROCESOS DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA
- PROCESOS COMERCIALES
- SISTEMAS Y APLICACIONES INFORMÁTICAS
- MECANIZADO Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS
- SOLDADURA
- INSTALAC. Y MANTENIM. DE EQUIPOS TÉRMICOS Y DE FLUIDOS
- MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS
- INSTALACIONES ELECTROTÉCNICAS
- EQUIPOS ELECTRÓNICOS

- OFICINA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
- PROCEDIMIENTOS SANITARIOS Y ASISTENCIALES
- PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICO CLÍNICO Y ORTOPROTÉSICO
- OPERACIONES Y EQUIPOS DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS
- SERVICIOS A LA COMUNIDAD
- COCINA Y PASTERÍA
- SERVICIO DE RESTAURACIÓN
- TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE IMAGEN Y SONIDO
- OPERACIONES DE PRODUCCIÓN AGRARIA

CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ESCUELA OFICIAL DE IDIOMAS

- INGLÉS

- ESPAÑOL

- FRANCÉS

- ALEMÁN

MAESTROS DE ENSEÑANZA PRIMARIA

- EDUCACIÓN PRIMARIA

- EDUCACIÓN INFANTIL

- INGLÉS

- FRANCÉS

- EDUCACIÓN FÍSICA

- AUDICIÓN Y LENGUAJE

- EDUCACIÓN MUSICAL

- PEDAGOGÍA TERAPÉUTICA



C/ CARTAGENA, 129 - 28002 MADRID
 TELS.: 91 564 42 94 - FAX: 91 563 60 54
 www.cede.es - E-mail: oposiciones@cede.es

executive mba internacional

en empresas del sector de las infraestructuras

15 edición

22 de octubre 2012

Fase presencial en Madrid

FORMATO Y MATRÍCULA

> Calendario:

- Del 22 de octubre de 2012 al 6 de octubre de 2013
- Estancia en Madrid del 6 al 16 de febrero de 2013
- Precio: 17.160 euros (consulta las becas limitadas de 4.548 euros para Ingenieros Técnicos Industriales en: executivemba@structuralia.com).

El precio incluye: matrícula, documentación, tutorías, alojamiento y manutención completa durante la fase presencial y una Tablet PC Samsung.



El Executive MBA Internacional en empresas del sector de las infraestructuras se ha convertido, tras catorce ediciones impartidas, en una referencia en el sector como programa formativo en materia de gestión de empresas. El objetivo principal de este MBA es formar directivos con una visión estratégica en la gestión de empresas del sector de las infraestructuras, dotándoles de una visión global del negocio y de los conocimientos, herramientas y habilidades directivas necesarios para desarrollar con éxito su gestión.

Los participantes son profesionales y directivos, de todo el mundo, con titulación universitaria y con al menos cinco años de experiencia en puestos de responsabilidad, que quieren ampliar sus conocimientos con una sólida formación empresarial.

El master se imparte en su mayor parte de forma on line, con clases presenciales a través de videoconferencias, trabajos en grupos, foros de debate... La formación se completa con un periodo presencial de diez días en Madrid. Esta metodología permite al participante compatibilizar su formación actividad personal y laboral.

DIRECTOR ACADÉMICO

Mateo Rodríguez-Sánchez Moral

Ingeniero Industrial. Ha desarrollado su carrera profesional durante más de 35 años en el Grupo Dragados, pasando por la Dirección General de Dragados Offshore y posteriormente de Dragados Industrial.

DIRECTORA DEL MÁSTER

Carmen de Andrés

Presidenta Ejecutiva de Creatividad y Tecnología, S.A. Más de treinta años de experiencia, se ha especializado en innovación, calidad y medio ambiente en el ámbito de las Obras Públicas y de la Industria.

INFORMACIÓN E INSCRIPCIONES

> EOI Campus Madrid

Avda. Gregorio del Amo, 6
 28040 Madrid - Ciudad Universitaria
 Telf. 91 349 56 00
informacion@eoi.es
www.eoi.es

> Structuralia

Avda. de la Vega, 15
 Edificio 3, planta 4,
 28108 Alcobendas, Madrid
 Telf. 91 490 42 20
executivemba@structuralia.com
www.mbainfraestructuras.com



Structuralia is part of Kaplan, a leading global provider of educational services

Structuralia. Avda. de la Vega, 15. Edificio 3, planta 4. 28108 Alcobendas Madrid
executivemba@structuralia.com www.mbainfraestructuras.com

Estamos en



Bluetooth: criterios de selección y comparativa con otras tecnologías inalámbricas

Carlos Marín Pascual

Bluetooth: selection criteria and comparison with other wireless technologies

RESUMEN

Con el desarrollo de las comunicaciones se han creado nuevas necesidades de conectividad y acceso a dispositivos. La última novedad desde hace un par de años son las conexiones inalámbricas, también denominadas wireless. En este campo el sector se interesa por la interoperatividad y la compatibilidad, y se plantean nuevos retos en lo que se refiere a seguridad, movilidad y configuración.

Recibido: 2 de junio de 2011
Aceptado: 4 de diciembre de 2011

ABSTRACT

The development of communications has created new needs for connectivity and for approaching devices. The latest idea for the last two years are the wireless connections. In this field, the industry is very much interested in interoperability and compatibility and it is considering new challenges regarding security, mobility and configuration.

Received: June 2, 2011
Accepted: December 4, 2011

Palabras clave

Bluetooth, comunicaciones, electrónica, redes inalámbricas

Keywords

Bluetooth, communications, electronics, wireless



Foto: Pictelia

Hoy en día las ventajas de las redes inalámbricas están muy claras: abaratamiento de costes con respecto al cableado tradicional, mayor flexibilidad en la colocación de los equipos, compatibilidad con diversos equipos, una amplia oferta de *hardware*, gran fiabilidad, en ocasiones una mínima instalación y una velocidad de transmisión que está en constante aumento.

Las redes inalámbricas amplían la libertad de los usuarios de manera considerable, de tal forma que es posible prescindir de los cables. Además, se reduce el gasto de implementación de estas redes, aunque pueden ocasionar otros gastos que dan como resultado una mayor comodidad al usuario. No se espera que estas redes sustituyan por completo a las cableadas, pero sí que sean tecnologías complementarias y den lugar a las llamadas redes híbridas.

Desde hace unos años han aparecido en el mercado de la electrónica de consumo multitud de elementos electrónicos que llevan incorporado *bluetooth*; hoy por hoy esta tecnología abre el camino hacia lo que algunos llaman la conectividad total sin cables. Pero el *bluetooth* no está solo, sino que, a su vez, han surgido otras tecnologías inalámbricas que, en ocasiones, pueden hacerle sombra. Se dará una rápida visión de esta tecnolo-

gía y será sometida a examen en comparación con las que dicen ser sus competidoras.

Bluetooth

Bluetooth es una tecnología inalámbrica de corto alcance cuyo objetivo es eliminar cualquier tipo de cable, exceptuando los de alimentación, en los dispositivos, tanto portátiles como fijos.

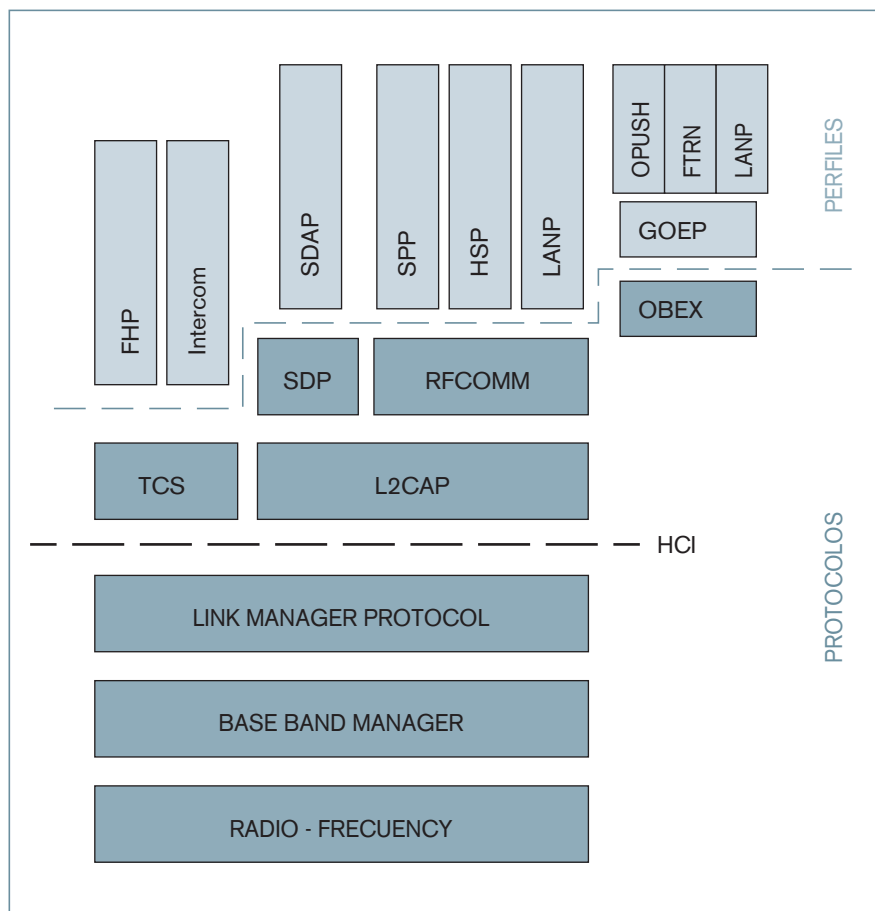
La traducción de *bluetooth* es “diente azul”, y era el sobrenombre de un rey vikingo llamado Arald Blatand que vivió en el siglo X. Durante su reinado consiguió unir los reinos de Dinamarca y Noruega, ambos separados por el mar y enemigos acérrimos entre sí. Once siglos después la compañía Ericsson puso el nombre de *bluetooth* a una nueva tecnología cuyo objetivo era el de mejorar la conexión entre dispositivos al igual que Arald lo consiguió entre dos países.

La tecnología *bluetooth* está pensada para adaptarse a dispositivos de pequeño tamaño y a muy bajo coste y, por ello, está ampliamente difundida en PDA, ordenadores portátiles y teléfonos móviles, en general para establecer pequeñas redes de comunicación, llamadas *piconets*, mediante las cuales cualquier dispositivo puede intercambiar información con otro.

Tal como se establece en la especificación de *bluetooth*, las características más destacables de esta tecnología son: robustez, bajo consumo y bajo coste, elementos fundamentales en cualquier tipo de comunicación. Esta tecnología comprende tanto el *hardware* como el *software* buscando interoperatividad y compatibilidad con cualquier otro dispositivo *bluetooth*, con total independencia del fabricante.

Bluetooth opera en la banda libre de 2,4 GHz, conocida como ISM (Industrial Scientific and Medical). Con esto se garantiza, en principio, que cualquier dispositivo pueda trabajar en cualquier parte del mundo. Sin embargo, existen algunos países, entre los que está España, con una restricción de frecuencias.

En España, *bluetooth* opera en la banda ISM, que no requiere autorización para su uso, pero debido a su empleo masivo en España existe una restricción, ya que parte de las frecuencias comprendidas entre 2,402 GHz y 2,480 GHz están asignadas a otros usos, como teléfonos inalámbricos domésticos, microondas, sistemas antirrobo, etcétera. No se tendrá que esperar mucho tiempo para que las autoridades adapten la legislación vigente para estar en sintonía con el resto de naciones.

Figura 1. Estructura de protocolos y perfiles de *bluetooth*.

Para el correcto funcionamiento *bluetooth* se emplea un sistema de salto de frecuencias y división en el tiempo (HP/TTD), de tal forma que la frecuencia se divide en intervalos a los que denominamos canales y el tiempo queda dividido en ranuras de tiempo a las que denominamos *slots*. Los dispositivos envían y reciben datos a través de un canal y están continuamente saltando de una manera pseudoaleatoria de un canal a otro; evidentemente, para que la comunicación sea correcta, emisor y receptor tienen que conocer esa secuencia de saltos.

La tecnología *bluetooth* viene definida en su especificación por un conjunto de protocolos y una serie de perfiles. Por protocolo entendemos un conjunto de reglas predefinidas que dos elementos conocen y que hace que se comuniquen correctamente; ahora bien, así como el término *protocolo* está ampliamente extendido en diversas tecnologías, el término *perfil* no tanto, el concepto de perfil es algo más propio de la tecnología *bluetooth*.

¿Qué se entiende por perfil, referido a la tecnología *bluetooth*? Pues bien, un perfil es una forma de comunicación o modelo de uso entre dos dispositivos *blue-*

tooth, siempre referido a nivel de aplicación. Si se observa la estructura de esta tecnología, existen varios protocolos como son HCI, L2CAP, LMP, RFCOMM, SDP, OBEX y varios perfiles como pueden ser GAP, SDAP, SPP, OPUSH, FTRN, DUN, LAN, FAX, etcétera. (Para una descripción completa de protocolos y perfiles véase la especificación de *bluetooth*.)

TCS: *Telephony Control Specification*
SDP: *Service Discovery Protocol*
L2CAP: *Logical and Link Control Adaptation Protocol*

HCI: *Host Controller Interface*
FHP: *Freeband Profile*
SDAP: *Service Discovery Application Profile*

SPP: *Serial Port Profile*
HSP: *Head Set Profile*
LANP: *Local Area Network Profile*
GOEP: *General Object Exchange Profile*
OBEX: *Object Exchange*
OPUSH: *OBEX Object Push*
FTRN: *File Transfer*
SYNC: *Synchronization profile*

Después de esta rápida descripción de la tecnología es posible afirmar lo siguiente:

- Es una tecnología muy flexible al permitir distintas topologías de red.

- Dispositivos son relativamente baratos y su consumo relativamente bajo, lo suficiente como para alimentarse por baterías.

- Posibilidad de Stack Bluetooth libre y soportado en múltiples sistemas operativos y arquitecturas.

- Facilidad de programación debido al amplio abanico de perfiles que ofrece la tecnología.

Ahora bien, si los criterios para la elección de una u otra tecnología inalámbrica se basan en el tiempo de conexión, alcance, consumo de potencia extremadamente reducido, velocidad de transferencia, cantidad de datos a transmitir/recibir, etcétera, puede que *bluetooth* no sea la mejor elección. Vamos a ver otras alternativas inalámbricas que también tienen cabida en el diseño de dispositivos industriales.

Infrarrojos

La asociación IRDA (Infrared Data Association) se fundó en 1993, con el objetivo de desarrollar un enlace punto a punto, de bajo coste (el coste es menor que el de *bluetooth*), de bajo consumo con tasas de transferencia desde 115 Kbps en dispositivos estándar hasta 4 Mbps en Fast IR (FIR) e insensible a las interferencias de radiofrecuencia.

Las desventajas que presenta IR es que tiene un alcance de apenas 1 metro y que tanto el emisor como el receptor tienen que estar en línea visual, tolerando únicamente un ángulo de visión de 15 grados; además, no puede atravesar paredes u otros obstáculos físicos.

La tecnología *bluetooth* supera estas restricciones y tiene un alcance mínimo de 10 metros. Puede llegar hasta los 100 metros, y por ser un enlace radiofrecuencia las transmisiones son omnidireccionales, por lo que no le afecta, en teoría, ningún obstáculo físico.

802.11b

Otra de las tecnologías inalámbricas es el estándar establecido por IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) en 1997 al que denominó 802.11. Este protocolo evolucionó hacia el 802.11a y el 802.11b. Este último mantiene el protocolo 802.11, pero añade mayor transferencia de datos y robustez.

El estándar 802.11 tiene un objetivo distinto al de *bluetooth*, aunque ambos trabajan en la banda libre 2,4 GHz.

El objetivo de 802.11 es conectar dispositivos con distancias relativamente largas a una velocidad elevada y puede llegar hasta los 11 Mbps. Puede ser útil cuando

Clase	Máxima potencia de salida (mW)	Máxima potencia de salida (dBm)	Alcance aproximado (m)
1	100	20	100
2	2,5	4	10
3	1	0	0,1

Clases de dispositivos *bluetooth*.

Estándar	Rango	Frecuencia	Velocidad
802.11 a	10 m	5 GHz	54 Mb/s
802.11 b	100 m	2,4 GHz	11 Mb/s
802.11 g	100 m	3,4 GHz	54 Mb/s
802.11 n	10-100 m	2,4 / 5 GHz	540 Mb/s

Tabla 1. Comparativa de los distintos estándares de 802.11.

queremos conectar redes en las que es más caro o es un inconveniente el empleo de cables. El coste de estas redes es elevado, requieren de puntos de acceso físicos (AP) y la configuración es compleja.

Por el contrario, *bluetooth* es empleado para conectar pequeños dispositivos, tales como teléfonos móviles, PDA, cámaras de fotos y otros dispositivos móviles e, incluso, otros dispositivos tales como electrodomésticos, módulos embebidos u otro tipo de *hardware* fuera de la electrónica de consumo.

En comparación con 802.11b, *bluetooth* tiene un alcance y unas tasas de transferencia menores, lo que nos proporciona unos consumos unas 500 veces menores, por lo que es una tecnología de bajo consumo, algo fundamental en los dispositivos móviles alimentados por batería.

Bluetooth viene a sustituir los cables en interfaces serie, ya sea RS232 o USB, mientras que 802.11 sustituye a interfaces de red como puede ser Ethernet.

A partir de aquí nos podemos cuestionar si *bluetooth* puede sustituir a 802.11 o a la inversa. Pues bien, *bluetooth* nunca puede sustituir a 802.11, ya que no puede soportar grandes transferencias de información, no soporta conexiones de usuarios simultáneamente y las distancias que podemos cubrir son como máximo de 100 metros con dispositivos de clase I.

De la misma forma, 802.11 nunca puede sustituir a *bluetooth* debido a que

requiere de una potencia elevada, no soporta comunicación de voz, el equipo estaría excesivamente sobredimensionado, el *hardware* tiene un tamaño mayor y el sistema, más caro.

Visto lo anterior, es muy difícil que una tecnología sustituya a la otra, principalmente porque son formas de conectividad distintas, tanto en su estructura interna como en cuanto a protocolos o aplicaciones para las que se emplean. Por ello, podríamos decir que son tecnologías complementarias pero nunca sustitutorias.

802.11g

802.11b viene a ser el estándar mas extendido entre las redes inalámbricas; sin embargo, ya tiene sucesor, y es el 802.11g.

En junio de 2003 se creó el estándar 802.11g con el que se logran transmisiones de 54 Mbit/s en la banda de frecuencia de 2,4 GHz utilizando tecnología OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

802.11g seguirá siendo totalmente compatible con 802.11b, con la salvedad de que la velocidad de transmisión será la mínima de ambos, que en este caso es 11 Mbits/s.

UWB

La UWB (Ultra-WideBand) es una tecnología inalámbrica que permite conectar dispositivos electrónicos a cortas dis-



Dispositivo Zigbee XBee comercializado por Digi.

tancias y a velocidades elevadas, todo ello con un bajo consumo. Está pensado para la transferencia inalámbrica de información multimedia de alta calidad, por ejemplo transferir vídeos o conectar un PC a un proyector de forma inalámbrica. Esta tecnología no está completamente desarrollada, pero puede suponer una amenaza para *bluetooth* y wi-fi 802.11, ya que promete tener mayores prestaciones, como un menor consumo.

Se podrían alcanzar transferencias de 1,25 Mbps con alcances de 70 metros y consumos de solo 0,5 mW.

Zigbee

Zigbee es un estándar de comunicación inalámbrica centrado en dispositivos de bajo coste, bajo consumo, velocidades de transmisión bajas, seguridad y fiabilidad. El estándar permite la conexión de dispositivos a distancias entre 10 y 75 metros, dependiendo de la potencia de salida.

Este estándar opera en tres bandas libres que son 868 MHz, 915 MHz y 2,4 GHz. El método de modulación empleado es distinto según la banda que empleemos: para las dos primeras bandas empleamos modulación BPSK, y para la última empleamos modulación O-QPSK.

Zigbee se presenta como un claro competidor de *bluetooth*; sin embargo, presentan distintos campos de aplicación.

Por ejemplo, nunca pensaríamos en utilizar Zigbee para enviar mensajes de correo electrónico o documentación de tamaño elevado, algo llevado a cabo actualmente por wi-fi 802.11, ni archivos o audio, tareas que *bluetooth* realiza con eficacia. Sin embargo, sí pensaríamos en Zigbee como mejor opción para llevar a cabo funciones de enviar lecturas de un sensor, típicamente de unos pocos

Tabla 2. Comparativa de los distintos estándares de 802.11.

Estándar	Rango	Frecuencia	Velocidad
802.11 a	10 m	5 GHz	54 Mb/s
802.11 b	100 m	2,4 GHz	11 Mb/s
802.11 g	100 m	3,4 GHz	54 Mb/s
802.11 n	10-100 m	2,4 / 5 GHz	540 Mb/s

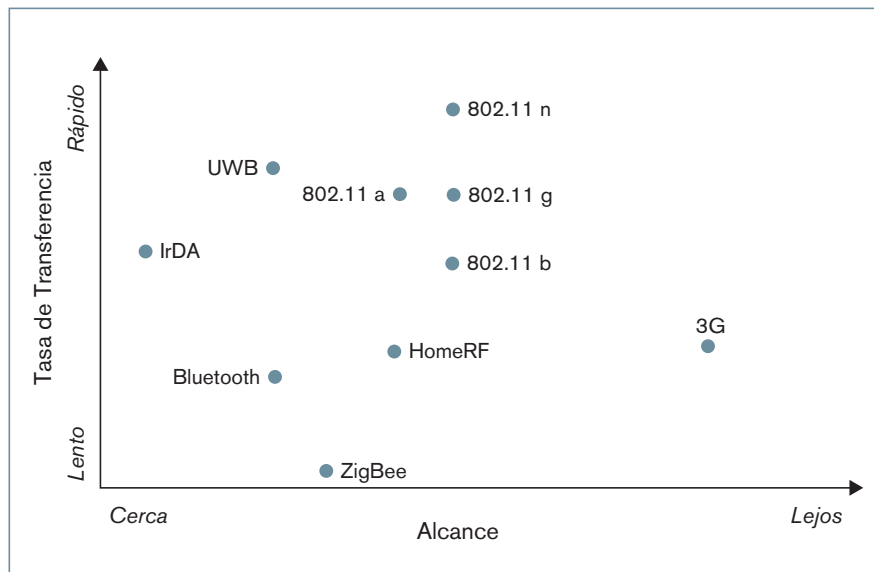


Figura 2. Distribución de tecnologías inalámbricas.

bytes, donde no es necesario un ancho de banda elevado. Zigbee fue creado para enviar paquetes pequeños de datos en una red grande, mientras que *bluetooth* se utiliza para enviar paquetes grandes en una red pequeña.

Otra de las características de este nuevo estándar es el bajo consumo que requiere, logrando que las baterías tengan hasta 10 años de duración. Por el contrario, *bluetooth* fue diseñado para dispositivos móviles en los cuales la batería es fácilmente recargable.

Otra funcionalidad que se persigue en las comunicaciones, y que Zigbee aporta, es una rápida conexión/desconexión a la red a la que se conecta, en tanto que *bluetooth* requiere de hasta dos segundos por conexión y otros dos por desconexión, para lo que Zigbee solo necesita 15 ms.

Zigbee resultaría ideal para automatizar el hogar, juguetes y el control remoto de una cámara de vigilancia, mientras que *bluetooth* se utilizaría en aplicaciones como este último caso, para enviar la señal de la cámara de vigilancia a través de la red del edificio, y resulta extraordinariamente útil en aplicaciones móviles para PDA, teléfonos móviles, etcétera.

Home RF

Home RF está basado en DECT (Digitally Enhanced Cordless Telephone), opera en la banda de los 2,4 GHz y con él podemos conseguir transferencias de 2 Mbps a 50 metros de alcance. Se creó para conectar los distintos elementos electrónicos de consumo dentro del hogar. Es muy similar a *bluetooth* en cuanto a precio y alcance. La principal

diferencia de Home RF es que puede manejar hasta 127 unidades por red, frente a las 8 de *bluetooth*. Además, Home RF emplea 50 saltos por segundo mientras que *bluetooth* emplea 1.600.

Comunicaciones inalámbricas en el futuro

Como todo elemento novedoso, a las tecnologías inalámbricas les ha llegado la hora de ser aceptadas e implementadas. Han tenido que pasar varios años para que esta tecnología se extienda y esté en pleno auge como el momento en el que se encuentra.

Los primeros dispositivos en implementar dicha tecnología fueron pastillas *bluetooth* para conectar en ordenadores, después se implementó en teléfonos móviles y PDA. Hoy por hoy es posible encontrar en el mercado multitud de dispositivos *bluetooth*, como pueden ser impresoras, escáneres, máquinas de fax, cámaras digitales, manos libres de teléfonos, auriculares, cascos, *home-cinemas*, etcétera, y abandonando el campo de la electrónica de consumo, también lo podemos encontrar en equipos industriales, dispositivos embebidos, sistemas médicos, instalaciones de vigilancia y demás.

Bluetooth tiene el potencial de convertirse en una tecnología principal de las comunicaciones inalámbricas, puede hacer un mundo más libre en lo que a conectividad se refiere, más flexible y cómodo.

El desarrollo de estas tecnologías inalámbricas hace que surjan novedosas aplicaciones que podrían tener el mismo impacto que tuvieron los ordenadores o teléfonos móviles años atrás. En un

futuro no muy lejano se podrán ver un sinnúmero de elementos electrónicos, tanto dispositivos de consumo como industriales, con algún tipo de tecnología inalámbrica integrada.

No se puede asegurar que una tecnología sea mejor que otra de forma absoluta. La elección de una tecnología determinada vendrá dada por las especificaciones de diseño de la aplicación. Lo que sí es posible afirmar es que *bluetooth* y 802.11 están más orientadas a dispositivos de consumo (sin descartar el uso industrial), mientras que Zigbee es más puramente industrial o adecuado para dispositivos totalmente autónomos sin apenas interacción con el usuario.

Una buena referencia es la especificación oficial de cada una de estas tecnologías inalámbricas; dichas especificaciones se encuentran en permanente desarrollo por parte de importantes empresas del sector para mejorar y promover la tecnología, así como para garantizar aspectos claves: interoperatividad, seguridad, consumo, coste, etcétera.

Bibliografía

- Bluetooth Special Interest Group. Especificaciones [En línea]: <https://www.bluetooth.org/Technical/Specifications/adopted.htm> [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- Monson, Heidi. Bluetooth Technology and Implications [En línea]: <http://www.sysopt.com/articles/bluetooth/index3.html>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- IEEE Standards Association. Standards [En línea]: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- Zigbee Alliance. Zigbee specification overview [En línea]: <http://www.zigbee.org/Specifications/ZigBee/Overview.aspx>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- Digi International. ZigBee® Wireless Standard [En línea]: <http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee.jsp>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]

Carlos Marín Pascual

Carlos.Marin@digi.com

Ingeniero técnico industrial en Electrónica Industrial por la Universidad de La Rioja (2005). Actualmente, desarrolla su trabajo como responsable del departamento de System Assurance de Sistemas Embebidos de Digi International Spain (www.digi.com).

COGITI

>> Arranca con fuerza el Sistema de Acreditación DPC Ingenieros del Consejo General

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (Cogiti) presentó el pasado 11 de mayo, en la Real Academia de Ingeniería, con gran expectación en el entorno colegial y empresarial, el sistema de acreditación de la formación continua y la experiencia profesional (DPC o Desarrollo Profesional Continuo) de los ingenieros técnicos industriales e ingenieros de grado de la rama industrial, en el que ha estado trabajando durante más de un año.

Esta iniciativa del Cogiti ha suscitado un gran interés en el entorno de las profesiones, ya que numerosos colegios profesionales están siguiendo los pasos del Cogiti, que se ha ofrecido a aportar asesoramiento, compartir su experiencia y los conocimientos adquiridos durante el tiempo que ha requerido la preparación y puesta en marcha del proyecto.

El Sistema de Acreditación DPC Ingenieros ha contado con el apoyo unánime de los sectores implicados en su implantación: colegiados, colegios profesionales, empresas colaboradoras, sindicatos, patronal y las diversas instituciones gubernamentales, como se puso de manifiesto en la jornada de presentación del Sistema. Todos ellos manifestaron su apoyo y adhesión a esta iniciativa del Cogiti, y calificaron de "ejemplar" la implantación de un procedimiento como éste que, entre otros beneficios, facilitará la empleabilidad de los ingenieros, favorecerá la competitividad, y ayudará a acelerar la movilidad internacional de los profesionales españoles.

Apoyo institucional

El Presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, agradeció el importante apoyo institucional que está teniendo el Sistema de Acreditación DPC Ingenieros. "Los Colegios tenemos nuestra base en los profesionales y en la sociedad. Estos son los pilares sobre los que se cimenta nuestro Sistema de Acreditación DPC. A los profesionales les ofrecemos la posibilidad de hacer visible su carrera profesional, de motivarles para el desarrollo de la misma, de facilitarles formación, empleabilidad, reconocimiento social y curriculum certificado".

Por su parte, el Portavoz de la Comisión de Economía y Competitividad en el Congreso de los Diputados, Vicente Martínez-Pujalte, destacó que el Sistema de Acreditación DPC Ingenieros favorecerá la competitividad y el desarrollo profesional continuo de los profesionales. La Directora General del SEPE (Servicio de Empleo Público Estatal), María Reyes Zatarain del Valle, expresó que el Sistema de Acreditación DPC del Cogiti es un ejemplo a seguir para el resto de las profesiones, y por ello el organismo que dirige "se suma a esta iniciativa por cuanto favorecerá la empleabilidad de estos profesionales".

El Presidente de Unión Profesional, Carlos Carnicer, indicó que "el sistema de acreditación del Cogiti fomenta la competencia, al clarificar ante la sociedad la formación y la experiencia específicas de cada profesional", por lo que dio la enhorabuena al Cogiti por el camino emprendido.



De izquierda a derecha, Vicente Martínez-Pujalte, portavoz de la Comisión de Economía y Competitividad en el Congreso de los Diputados; José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Cogiti; María Reyes Zatarain, directora general del SEPE, y Carlos Carnicer, presidente de Unión Profesional.

El acto contó también con la presencia de Margarita Lezcano-Mújica, subdirectora general de Títulos y Reconocimiento de Cualificaciones del Ministerio de Educación, quien valoró el nuevo sistema de acreditación y sus posibles sinergias con la revisión de la Directiva de Cualificaciones Profesionales.

Acuerdos con 'head hunters', empresas y aseguradoras

Gracias a los acuerdos que el Cogiti ha firmado con prestigiosos *head hunters* y multinacionales de prestigio, el Sistema de Acreditación DPC incidirá, además, en la mejora de la competitividad de los ingenieros y, al mismo tiempo, de las empresas que los contraten. Sobre estos beneficios hablaron en la mesa redonda que se celebró en la citada jornada de presentación, moderada por Gerardo Arroyo, *project manager* del Sistema de Acreditación y director de Relaciones Institucionales de Cogiti-UAITIE en la UE.

Para Raúl Suárez, de Michael Page International, "el Sistema de Acreditación DPC nos ofrece una herramienta que aporta fiabilidad al certificar la formación y la experiencia laboral de los candidatos, a través de una información totalmente actualizada, que aportará además un valor añadido a nuestros clientes, al mismo tiempo que facilitará y agilizará nuestros procesos de selección".

José Ignacio Jiménez, de Norman Broadbent, afirmó que "el Sistema de Acreditación DPC ayudará a tener ingenieros más formados y acreditados", mientras que Pablo Sánchez, de Cate-non, señaló que "el sistema favorecerá la movilidad internacional de los ingenieros".

Por su parte, los representantes de las compañías aseguradoras indicaron que trabajarán para lograr sinergias respecto del seguro y la acreditación. En sentido, Fernando Claro, de Marsh S.A., afirmó que "las aseguradoras podrán realizar un análisis más categorizado de los profesionales, por lo que se podrán establecer primas y condiciones de cobertura distintos en función de los diferentes niveles de acreditación". Por último, para Cristina Aldámiz-Echevarría, de Adartia, "está claro que las aseguradoras podemos distinguir la calidad adicional que nos aporta esta acreditación".— M. R. H.

Más información: www.acreditacioncogitidpc.es

FUNDACIÓN TI

>> Entrega de premios de la Fundación Técnica Industrial y del certamen de carteles de Mupiti

Los premios y becas de la Fundación Técnica Industrial para trabajos de investigación y de proyectos de fin de carrera se han venido convocando anualmente. Desde 2004 a 2008, la entrega de premios a los autores de los trabajos premiados se ha hecho en un acto solemne incluido en la programación de las jornadas de Ingeniería y Sociedad de la fundación: Salamanca en 2004, Tarra-



Arriba, José Antonio Galdón Ruiz, presidente de la Fundación y del Cogiti, y David Gómez Berzosa (izquierda), ganador del Primer Premio Especial RITE. Abajo, Alberto Larrondo, director general de *La Ley*, y David Gómez Berzosa.

gonna en 2005, León en 2006, Guadalajara en 2007 y Cádiz en 2008. A partir de 2009, y por problemas de gestión económica, se dejaron de hacer estas jornadas y, por ello, la entrega de los diplomas y el importe de los citados premios se remitían personalmente a los interesados. A partir de la convocatoria de 2010, y a instancias de la presidencia, se ha retomado la costumbre anterior y, al menos en esta ocasión, se han hecho entrega del Premio Especial RITE, en un acto celebrado el pasado 8 de marzo en Madrid, en la sede de la compañía Wolters Kluwer España.

El acto comenzó con la intervención del director general de *La Ley*, Alberto Larrondo, quien felicitó a David Gómez Berzosa, ganador del citado premio, dotado con 1.500 euros y diploma acreditativo, y señaló a la vez la importancia de llevar a cabo y colaborar en este tipo de iniciativas. A continuación, intervino el presidente de la Fundación Técnica Industrial y del Cogiti, José

Antonio Galdón Ruiz, quien, tras felicitar a los premiados, destacó la calidad de los trabajos presentados y la oportunidad que supone para los galardonados que, este modo, pueden dar a conocer los proyectos originales en los que han estado trabajando. Asimismo agradeció el patrocinio de Wolters Kluwer.

Tras este acto y en la sede de Mupiti se procedió a entregar el primer premio del I Certamen de Carteles denominado Pedro



José Carlos Pardo, presidente de Mupiti (izquierda), y Daniel Román Bermúdez, ganador del I Certamen de carteles Pedro Francés Escenarro.

Francés Escenarro, premio que recayó en Daniel Román Bermúdez, colegiado de León y que se desplazó a Madrid para recogerlo. El premio está dotado con 1.600 euros y un diploma acreditativo. También fue premiado otro cartel con un accésit y diploma.

El acto estuvo presidido por el presidente de Mupiti, José Carlos Pardo, y estuvieron presentes el presidente de la Fundación y del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, y el presidente del Consejo de Colegios Oficiales de Castilla-La Mancha y decano del Coiti de Guadalajara, Juan José Cruz, y el gerente de Mupiti, Francisco Javier Sanz. Una vez entregado el premio, intervino el presidente de la Mutualidad con un emotivo discurso sobre los premios referidos al certamen de carteles patrocinados por la mutualidad con el título Mutualismo, Solidaridad y Acción Social. También intervino el presidente de la Fundación, destacando la labor desempeñada por ambas instituciones (Mupiti y Fundación TI) y la satisfacción que produce comprobar el interés que ha suscitado la convocatoria del certamen, así como la calidad de los trabajos presentados.

Tras las intervenciones, los presidentes de Mupiti y la Fundación procedieron a entregar el correspondiente premio. Por todo ello, hay que felicitar a los premiados y a las instituciones intervinientes. En siguientes convocatorias intentaremos que la celebración de entrega de premios se haga en nuestras instituciones, dándole el auge que este tipo de actividad merece para el colectivo de la ingeniería técnica industrial. – J. S. A.

MÁLAGA

>> Renovación de la junta de gobierno del Colegio con reelección del decano

El pasado 6 de marzo se celebraron las elecciones reglamentarias de la junta de gobierno, que ha quedado constituida por los siguientes miembros: decano, Antonio Serrano Fernández; vicedecano, José Antonio García Peña; secretario, Francisco Bravo Lavado; vicesecretario, Antonio Serón Angulo; tesorero, José Manuel Anguita París; interventor, José Zaya López; vocales, María Olvida-Martín Graciani, José Antonio Pérez y de la Rubia, José María Gómez Bravo de Mansiya, José M. Roldán López, Tomás Caballero Anguino y Miguel Ángel Moscoso García.

Desde esta nota felicitamos al nuevo equipo de gobierno y



Imagen de la renovada junta de gobierno del Colegio de Málaga, con Antonio Serrano (tercero por la izquierda) a la cabeza, tras ser reelegido decano.

mostramos nuestra satisfacción por que continúe liderando esa corporación su decano, Antonio Serrano Fernández, que ha venido representando al colectivo de la ingeniería técnica malagueña, dando un importante impulso y prestigio a la profesión. Por otra parte, hay que destacar su dilatada vida profesional y su importante dedicación a las tareas corporativas en este colegio, desde el Cogiti y en las instituciones que lo representan. Ha sido un gran valedor de que la profesión esté presente en los distintos estamentos de las Administraciones públicas de su ámbito territorial. Y, apoyado por la junta de gobierno, ha desarrollado un importante proyecto de actividades técnicas, culturales y sociales. – J. S. A.

GUADALAJARA

>> Intenso programa de actividades técnicas y formativas en el Colegio de Guadalajara

El Colegio de Guadalajara ha llevado a cabo durante el presente año interesantes jornadas y actividades. Por un lado, el Cogiti redactó un manifiesto para tratar de conseguir el título de grado con tres años de experiencia profesional y un proyecto que fue remitido a todos los colegios para su información. Algunos de nuestros colegios se han venido reuniendo con otros colegios profesionales para tratar entre todos de apoyar este manifiesto. En Guadalajara se convocó a los delegados de las Ingenierías Técnicas el pasado día 14 de febrero. A esta reunión acudieron representantes de los Colegios de Ingenieros Técnicos de Topógrafos, Obras Públicas y Agrónomos. Todos aseguraron estar de acuerdo con el manifiesto, que fue suscrito por el Colegio de Obras Públicas, aunque quedaron pendientes los demás colegios asistentes a esta reunión por ser delegaciones y tener que consultar con sus respectivos colegios.

Por otro lado, en lo que va de año, se han llevado a cabo en este colegio las siguientes actividades: una jornada técnica sobre control de humedad, impartida por el ingeniero técnico mecánico y director técnico de la firma Hanseata, Juan Manuel Almazán, el 22 de febrero pasado en el aula de formación de la sede colegial y una jornada técnica sobre protección contra el rayo y sobretensiones, impartida por la firma Ciproctec, el pasado 7 de marzo.

Asimismo, el 17 de abril se convocó una jornada informativa

COGITI

Reunión del presidente y vicepresidente del Cogiti con el secretario de Estado de Comercio

José Antonio Galdón y Juan Ignacio Larraz, presidente y vicepresidente del Cogiti, respectivamente, se entrevistaron el pasado 23 de marzo con Jaime García-Legaz, secretario de Estado de Comercio, del Ministerio de Economía y Competitividad, con objeto de ponerse a su disposición para colaborar, en la medida de posible y teniendo en cuenta la experiencia del colectivo en esta materia, en la redacción del anteproyecto de ley de eliminación de licencias al pequeño comercio (menos de 300 m²), que incorpora como requisito el de presentar un informe técnico realizado por un profesional colegiado.

El Gobierno trabaja en la elaboración de este anteproyecto de ley, y su intención es colaborar con las comunidades autónomas de tal forma que la aplicación de la nueva normativa alcance al mayor número de empresas y emprendedores posibles, que en estos momentos necesitan la colaboración de toda las Administraciones. En este sentido, el presidente del Cogiti le mostró su total apoyo a la iniciativa que parte desde la Secretaría de Estado, con la que coinciden plenamente en la necesidad de la agilización de trámites administrativos y la homogeneización de los mismos en todo el territorio nacional, sin que ello pueda suponer una merma en la seguridad de las nuevas actividades y comercios. Para ellos, es preciso reforzar la figura de los técnicos, apelando a su responsabilidad y profesionalidad, al tiempo que puso a su disposición las infraestructuras colegiales para posibilitar estas acciones y promover la tramitación telemática. García-Legaz manifestó su disposición a escuchar las propuestas del Cogiti sobre determinados aspectos que se podrían incluir en el anteproyecto, por lo que solicitó a la institución colegial la elaboración de un documento con dicho contenido de interés, para que el Ministerio lo pueda estudiar. Este ya ha sido entregado.

El presidente del Cogiti se entrevista con el secretario general de Industria y Pyme

El presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, se reunió el pasado 13 de marzo con el secretario general de Industria y Pyme del Ministerio de Industria Energía y Turismo, Luis Valero Artola, con el objetivo de retomar la colaboración de nuestro colectivo con el Ministerio y plantear nuestra perspectiva y circunstancias actuales. Entre los temas tratados, se planteó una de nuestras mayores reivindicaciones, como es la inclusión de la palabra industrial en los nuevos títulos de graduado en ingeniería, que afecta de lleno a la empleabilidad del sector industrial, y de forma esencial en las pymes, que no pueden permitirse el lujo de contratar varios ingenieros, sino que necesitan uno que sea generalista y que se identifique como tal, y para tal fin, se solicitó su mediación ante el Ministerio de Educación. Se trataron también todos los temas referentes a la seguridad industrial y a las medidas para la unificación de criterios en la tramitación de expedientes en todo el Estado, así como para la agilización de trámites (tramitación telemática) que permitan ayudar e incentivar a los emprendedores a iniciar sus proyectos empresariales. Para ello el Cogiti también ofreció su colaboración.

INGENIERÍA Y SOCIEDAD

José Antonio Galdón, nuevo vicepresidente de Unión Profesional

La asamblea general de Unión Profesional, la asociación que agrupa a las profesiones españolas, eligió el pasado 24 de abril a los miembros que constituirán su comisión ejecutiva para los próximos cinco años. Como resultado de estas elecciones, José Antonio Galdón Ruiz, Presidente del Cogiti ha sido elegido vicepresidente de Unión Profesional en las primeras elecciones a las que se ha presentado en el seno de la citada organización.

Galdón agradeció el apoyo recibido para formar parte de la nueva Comisión Ejecutiva de UP, y manifestó que afronta este nuevo cargo con "muchísima ilusión y dispuesto a tratar cuantas cuestiones sean necesarias para unir nuestras voces en la defensa de los temas comunes que afectan a los profesionales y a los ciudadanos, que al fin y al cabo son los usuarios y destinatarios de los servicios que prestamos a la sociedad". También tuvo la oportunidad de explicar a la asamblea general de UP el innovador Sistema de Acreditación DPC ingenieros del Cogiti. La iniciativa tuvo muy buena acogida entre los representantes de los colegios profesionales y, de hecho, se pretende que sea la base que implantar desde Unión Profesional y que sirva de modelo para el resto de profesiones con las peculiaridades de cada una de ellas.

Carlos Carnicer, reelegido presidente de Unión Profesional por la asamblea general

Por su parte, Carlos Carnicer volverá a ser el presidente de Unión Profesional, tras haber sido reelegido por la asamblea general. De esta manera, los máximos representantes de los 32 Consejos Generales y Superiores y Colegios Profesionales de ámbito estatal que integran la institución han mostrado su apoyo a la labor desempeñada por Carlos Carnicer durante sus dos anteriores mandatos. En su intervención, Carnicer reiteró su compromiso con las profesiones y los profesionales: "Me siento orgulloso de presidir Unión Profesional, desde donde defendemos un modelo colegial que es garante de la salud y la seguridad de los pacientes, clientes y usuarios de los servicios profesionales".

Premio al mejor proyecto fin de carrera de ingenieros técnicos industriales

El premio al mejor proyecto fin de carrera de ingenieros técnicos industriales que otorga el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Almería (Coital) ha sido este año para el alumno Álvaro Sánchez Rodríguez, por su trabajo *Diseño de un motor Stirling solar para una estación de bombeo*. La entrega del reconocimiento, que cumple ya su cuarta edición, ha estado enmarcada en la conmemoración del patrón de la Escuela Superior de Ingeniería, San Isidro Labrador, y en la graduación de la quinta promoción de ingenieros técnicos industriales de la Universidad de Almería (UAL). De hecho, ha sido el decano de Coital, Antonio Martín, junto con el rector de la Universidad de Almería, Pedro Molina, y el director de la Escuela Superior de Ingeniería, Francisco Javier Lozano, quien ha entregado el galardón.

sobre el acceso a los títulos de grado en la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá de Henares, que contó con la presencia del director de la citada escuela, Manuel Rosa Zurera, y en la que se presentó las titulaciones de grado que ofrecen a los actuales ingenieros técnicos industriales y los programas establecidos para obtener dicha titulación.

Por otra parte, cabe destacar la celebración de la fiesta de la Escuela Politécnica Superior y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad de Alcalá en la que se otorgaron varios premios económicos a los mejores expedientes académicos de la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Alcalá de Henares del curso 2010-2011. Fueron galardonados Rubén Pérez Fuentes y Manuel Losada Rodríguez. – J. S. A.

A CORUÑA

>> Impulso de las actividades técnicas, culturales y sociales de Coeticor

Los servicios de comunicación de Coeticor, impulsados por su decano, Edmundo Varela Lema, y su equipo de gobierno, nos informan puntualmente de la variedad de las actividades técnicas, culturales y sociales que llevan a cabo. En primer lugar, la información sobre enseñanzas universitarias en relación con la Orden del 20 de marzo de 2012, por la que se devuelve el Decreto 222/2011 del 2 de diciembre, que regula las enseñanzas universitarias oficiales en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Galicia.

En referencia a los derechos de los consumidores, informan de la nueva ley aprobada por la Xunta para incrementar el nivel de protección de los consumidores gallegos, así como del consumo eléctrico. Se indica que la factura de la luz sube en abril entre el 5% y el 7%. Asimismo pone en conocimiento de su colectivo y de interés para los profesionales lo concerniente al Fondo Social Europeo; orden del 15 de marzo de 2012 por el que se establecen las bases reguladoras del programa de las iniciativas emprendedoras y de empleo, financiado por el Fondo Social Europeo. Se procede a la convocatoria para el año 2012, sobre becas de estudio en el extranjero, y la orden del 15 de marzo del presente año, por la que se aprueban las bases y se procede a las convocatorias de bolsas de trabajo destinadas a estudiantes universitarios que participan en programas de movilidad con países comunitarios para el curso 2012-2013.

Por otra parte, el servicio de comunicación de Coeticor informa del avance de cursos 2012, programas Calener VYP y Calener GT, al tiempo que da cuenta del Curso superior en Ingeniería de Gestión y Eficiencia Energética (*on line*), organizado por el Cogiti, y de las jornadas técnicas sobre *Mapa de riesgo químico*, celebradas en abril en la sede colegial. También informan sobre el Máster de Mantenimiento que se realizará de octubre de 2012 a noviembre de 2013 en ATISAE, así como de los cursos previstos para el mes de julio en la Universidad de Vigo, sobre la edición: Fundamento de diseño técnico Solidworks. También sobre diseño de cálculo de instalación técnica en la edificación y construcciones industriales (en entorno CYPE). – J. S. A.

Objetos técnicos

Helena Pol

Vivimos inmersos en una nueva revolución técnica y tecnológica. La ciencia y la técnica han contribuido al progreso y desarrollo social, más allá de un simple avance científico. Para muestra, un botón: la reciente exposición *Tecnorrevolución* en Cosmocaixa. *Tecnorrevolución* muestra el aumento de avances en la última década a consecuencia de la convergencia tecnológica. En la exposición, totalmente interactiva, se dan a conocer las llamadas tecnologías convergentes: la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la información y las ciencias cognitivas. La interconexión de estas cuatro tecnologías está originando un cambio en el mundo que nos rodea y despertando una auténtica revolución en una gran variedad de ámbitos como la medicina, la educación, el transporte, la agricultura y el arte: robots que imitan comportamientos animales, ojos robotizados que siguen a las personas, máquinas que detectan el estado de relajación del cerebro son algunos ejemplos.

A lo largo del tiempo, la evolución de la técnica y la tecnología ha originado sucesivas revoluciones: la invención de las máquinas, los robots, etcétera. Todo ello ha derivado en un necesario planteamiento filosófico que ha originado dos nuevas acepciones filosóficas, la “filosofía de la técnica” y la “filosofía de la tecnología”, a la par que la “filosofía de la ciencia”. La filosofía de la técnica llena un vacío intelectual y puede ayudar a aclarar o incluso resolver los problemas sociales y morales que suscita el progreso técnico. Su objetivo es reflexionar sobre todas las técnicas. Algunos de sus temas basculan entre debates como la naturaleza de lo artificial a diferencia de lo natural o las peculiaridades del conocimiento técnico a diferencia del científico. Aunque, sin duda, el debate más profundo reside en la intención y la finalidad del proceso técnico.

El filósofo francés Gilbert Simondon escribió un libro que ya anunció este debate: *El modo de existencia de los objetos técnicos*. Simondon nació en 1924 y sus estudios sobre técnica y tecnología ocupan buena parte del siglo XX. Su formación como filósofo no le impidió desarrollar interés por la física y la técnica, disciplinas de las cuales impartió clases. La obra de Simondon es breve: su doctorado, *La individuación a*



CARDUELLIS

la luz de las naciones de forma e información, del cual deriva *El modo de existencia de los objetos técnicos* y dos o tres libros más que resumen sus cursos sobre temas como la técnica, la percepción y la relación entre el animal y el hombre, *Dos lecciones sobre el animal y el hombre e Individuación*¹.

Simondon forma parte de una generación de pensadores en la que destacan Jacques Derrida, Michel Foucault y Gilles Deleuze. Precisamente, este último es uno de los más influyentes en el estudio de su teoría de la individuación (qué es lo que hace singular a un individuo) fuente principal de inspiración para Gilles Deleuze. Deleuze fue uno de sus mejores discípulos y ayudó a difundir su obra pues significó una nueva orientación filosófica. Simondon abrió la filosofía a las relaciones del hombre con su entorno y su propio hacer o lo que es lo mismo, a su existencia técnica. Tenía presente que buena parte del campo intelectual de los siglos XIX y XX había percibido la técnica como un monstruo ajeno a la vida humana. Sus teorías subrayan que no solo debemos tener en cuenta los objetos técnicos porque entonces el predominio de la técnica será un problema para los prejuicios humanistas en los que el hombre debe estar al frente de las máquinas.

En la década de 1980, cuando ya estaba retirado de la enseñanza, recibió una carta de Derrida que le invitaba a unirse al Colegio Internacional de Filosofía junto con el programa de estudios. Simondon respondió que era necesario refundar la filosofía y observó la falta de un pensamien-

to acerca de la técnica y de la religión en el programa. El Colegio Internacional de Filosofía incluyó más tarde la filosofía de la técnica en sus estudios. Simondon atacó siempre de frente el «problema de las dos culturas», la humanística y la científica, sobre todo en *La individuación*. Para él, Tales, Anaxímenes y Anaximandro no son solo «filósofos presocráticos», sino también «los primeros técnicos».

Para romper barreras, propone hacer una genealogía del objeto técnico en la que se entremezclen nociones de antropología, economía, ciencias físicas e ingeniería. Con todo, pretendió defender las máquinas y la técnica, para mantener con lo técnico “una relación social”. Según el filósofo francés, solo a través de un trabajo profundo con todas estas materias podría surgir una nueva teoría de la técnica despojada de los prejuicios humanistas a los que tilda de “humanismo fácil”.

Exposiciones como *Tecnorrevolución* demuestran que vamos por el buen camino. La técnica, como demostró Gilbert Simondon, es parte de una necesaria revolución que rompa prejuicios humanistas. Inmersos en un principio de siglo XXI agitado, parece que el recorrido de la técnica es largo, sobre todo en su participación en los cambios hacia el progreso y el desarrollo social.

¹ Simondon G (2008). *El modo de existencia de los objetos técnicos*, Prometeo Libro Editorial. (2008) *Dos lecciones sobre el animal y el hombre* en La Cebra Ediciones, y (2009) *Individuación*¹, Buenos Aires, Ed. Cactus y La Cebra Ediciones.

Los molinos de viento en Canarias

Ligados a las desaparecidas labores harineras y salineras, los molinos de viento de las islas Canarias se han quedado como reliquias del pasado, frágiles y vulnerables por su envejecimiento y falta de uso. La conservación de este patrimonio tecnológico y cultural pasa necesariamente por rehabilitarlos y convertirlos en generadores de electricidad o darles otros nuevos usos acordes con la sociedad actual.

Víctor Manuel Cabrera García

La introducción y la expansión en las islas Canarias de los molinos de viento se producen en los primeros años de la conquista y colonización de las islas, lo que supuso un cambio radical en los modos de vida de los habitantes aborígenes que se asentaban en el archipiélago y que transformaron su forma de vida nómada en una vida sedentaria. Los colonizadores trajeron a las islas un modelo de economía predominantemente agrícola y de carácter cerealista.

El incremento constante de la población en las islas a lo largo del tiempo, así como las continuas transformaciones de las estructuras económicas por parte de los colonizadores, supuso entre otros la implantación de los nuevos sistemas de producción para generar los productos de primera necesidad como eran la harina y el gofio, por lo que aumentó el tamaño de los instrumentos de trituration de los cereales. En primer lugar se utilizaba la fuerza animal y de las personas mediante los denominados “los molinos de sangre” para, posteriormente, implantar nuevos sistemas de producción accionados por las fuerzas de la naturaleza como son el agua y el viento. Así, aparecieron en las islas Canarias los molinos de agua y de viento, con lo que consiguieron aumentar considerablemente el volumen de producción de estos productos de primera necesidad.

Los molinos de viento son unas máquinas que transforman la energía cinética del viento en energía mecánica aprovechable para determinadas actividades de los hombres y es a su vez un elemento cultural que ha tenido corta vigencia en la historia de la humanidad. El molino de viento es un elemento de la “arquitectura popular” definiendo la misma como aquella arquitectura cuyos artífices son los albañiles, los maestros o expertos en el arte de edificar, y que utilizaban leguajes primarios y simples que les proporcionaban los elementos industriales básicos en un intento paulatino de sustituir la fuerza muscular por una energía mecánica que proviene de las máquinas.

Conservar y recuperar la “arquitectura popular” es un tema de actualidad en

España debido, fundamentalmente, a la gran variedad y riqueza de esta arquitectura. La falta de estudios e inventarios de la misma, la desaparición de los modos de vida a los que van ligados y la fragilidad de los materiales de construcción de estas edificaciones las hacen especialmente vulnerables.

Patrimonio etnográfico

Los molinos de viento que han sobrevivido al paso del tiempo no solo ofrecen datos sobre la economía y técnicas que se usaban en épocas anteriores en Canarias, sino también sobre la capacidad de los habitantes canarios para aprovechar los materiales disponibles en el medio insular, y forman parte del patrimonio etnográfico tanto los objetos físicos como los conocimientos, las técnicas, etcétera, de la cultura tradicional canaria. Los molinos de viento forman parte del patrimonio histórico español junto con todos aquellos bienes que poseen valor arqueológico, artístico, arquitectónico o etnográfico y que, con el paso del tiempo, nos deja como testigos de la evolución cultural de una determinada comunidad.

Este legado constructivo forma parte de nuestra historia e identidad y por estas razones debemos realizar un esfuerzo para conocerlo, conservarlo y difundirlo, ya que estas singulares construcciones pertenecen al patrimonio histórico español y es el principal testigo de la contribución histórica de los españoles a la civilización universal. La protección y el enriquecimiento de los bienes muebles e inmuebles que los integran constituyen obligaciones fundamentales que vinculan a todos los poderes públicos, según el mandato que a los mismos dirige el artículo 46 de la Norma Constitucional. Los bienes más relevantes del patrimonio histórico español deberán ser inventariados o declarados de interés cultural en los términos previstos por la Ley 16/1985, de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español (LPHE 85).

La Comunidad Autónoma de Canarias tiene competencias exclusivas respecto del patrimonio histórico y desde 1990 confió

a los cabildos insulares la tarea de velar por la conservación y administración de los Bienes de Interés Cultural (BIC) de cada una de las islas del archipiélago. El 15 de marzo de 1999 surge la Ley 4/1999 sobre el Patrimonio Histórico de Canarias que, posteriormente, es modificada por el Ley 11/2002 del 21 de noviembre.

En las Disposiciones Generales del Título Preliminar de esta ley, en el artículo 1 se cita lo siguiente: “La presente ley tiene por objeto regular el régimen jurídico de los bienes, actividades y demás manifestaciones culturales que integran el Patrimonio Histórico de Canarias”. “La finalidad de la presente ley es la protección, la conservación, la restauración, el acrecentamiento, la investigación, la difusión, el fomento y la transmisión en las mejores condiciones posibles a las generaciones futuras del patrimonio histórico de Canarias, así como el disfrute por los ciudadanos como objeto cultural y educativo y de su aprovechamiento como recurso económico, en tanto tales usos armonicen con la referida finalidad”. En el artículo 3 correspondiente a la unidad del patrimonio histórico canario se cita lo siguiente: “Todos los bienes integrantes del patrimonio histórico canario forman parte del legado histórico común del pueblo canario, con independencia de donde se hallen situados y de la Administración que tenga encomendada su protección”. En el artículo 4 correspondiente a deber general de respeto y conservación se cita: “Los ciudadanos y los poderes públicos tienen el deber de respetar y conservar el patrimonio histórico canario y de reparar el daño que se cause a los mismos”. “Las Administraciones competentes asegurarán el mantenimiento y conservación de los bienes del patrimonio histórico canario, con independencia de su titularidad o régimen jurídico, garantizando que su gestión se produzca sin merma de su potencialidad y de modo compatible con la finalidad de protección, preservándolos para futuras generaciones”.

Es por ello por lo que los bienes que posean notorios valores históricos, arquitectónicos, artísticos, arqueológicos, etno-

gráficos o paleontológicos que constituyan testimonios singulares de la cultura canaria se declararán Bienes de Interés Cultural (BIC) y esta declaración conlleva el establecimiento de un régimen singular de protección y tutela, y se otorga la máxima protección jurídica a los más relevantes del patrimonio histórico canario. Los molinos de viento tradicionales son, por tanto, bienes inmuebles que poseen ciertos valores históricos, arquitectónicos y etnográficos que constituyen testigos singulares de evolución de la cultura popular canaria.

Por orden cronológico de aparición en las islas Canarias existen tres categorías de molinos de viento atendiendo al uso a cual se destinan. En primer lugar están los molinos harineros, en segundo lugar, los molinos aeromotores y, en tercer lugar, los molinos aerogeneradores.

Los molinos harineros

Estos molinos de viento son los que transforman la energía cinética del viento en energía mecánica para la trituration de las semillas vegetales obteniendo el gofio y la harina. En las islas Canarias se introduce principalmente el molino de viento hari-

nero *tipo torre* importado de la meseta castellana durante los siglos XVI y XVII. Se trata de una construcción de planta circular que se construye con muros de mampostería concertada, compuesta por piedras del lugar y con juntas de unión unas veces de barro y otras de mortero de cal. Tiene tres plantas de altura y cuya maquinaria de trituration o molturación se sitúa en la tercera planta y bajo una cubierta cónica de madera, que alberga un rotor de compuesto por cuatro aspas ancladas a un eje horizontal ligeramente inclinado.

La orientación del rotor de aspas hacia los vientos dominantes se realizaba por medio de un eje o timón de madera que se sitúa en el extremo opuesto del rotor de aspas y que posibilita el giro de 360° de la cubierta cónica y móvil de madera (figura 1). Estos molinos de viento van sufriendo transformaciones continuas en la construcción de los edificios, los rotores y las maquinarias de molturación ciertamente interesantes al confluir en las islas distintas culturas tecnológicas a lo largo del tiempo.

En la segunda mitad del siglo XIX en la isla de La Palma surge un nuevo molino

de viento harinero denominado *sistema Ortega* según se recoge en el boletín del 18 de julio de 1868 de la sociedad Amigos del País de Santa Cruz de La Palma, publicado por la imprenta El Time. Se trata de un molino de viento que difiere mucho de los que se conocen y se están construyendo en esa época en el resto de las islas Canarias, en las islas Baleares y en la península Ibérica. Consiste en lo que se conoce como los molinos de pivote y que son muy característicos de Holanda y de los países nórdicos.

Este molino de viento harinero (figura 2) supone una notable innovación y reforma sobre los molinos de viento harineros *tipo torre* que se construyen en el resto de las islas Canarias. Su inventor, Isidoro Ortega Sánchez, y posteriormente su hijo Pedro Ortega Yanes construyeron gran número de estos molinos de viento harineros en la isla de La Palma y más tarde en La Gomera, Tenerife y Fuerteventura. Este nuevo sistema de construcción de los molinos de viento tuvo una gran aceptación entre los carpinteros y los artesanos de las islas orientales del archipiélago canario.

Figura 1. Molino harinero *tipo torre*. TM de La Antigua. Isla de Fuerteventura. Fotos: N. Rodríguez Rodríguez.





Figura 2. Molino harinero *sistema Ortega*. TM Villa de Mazo. Isla de La Palma. Fotos: V. M. Cabrera García.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX aparece un nuevo molino de viento denominado *La Molina* en las islas orientales del archipiélago canario como son Fuerteventura y Lanzarote. Estos molinos provienen de las variaciones que realizaron los artesanos y carpinteros locales de estas islas de los molinos de

viento harineros *sistema Ortega*. *La Molina* (figura 3) tiene varias ventajas sobre el molino harinero *tipo torre*.

Por una parte, reúne en una sola planta las actividades de la molienda y la manipulación del grano, evitando al molinero el dificultoso trabajo de subir y bajar escaleras cargado con pesados

sacos de cereales y, por otra necesita menos viento para accionar la maquinaria de trituración o molturación, tiene mayor rendimiento en la molienda de los cereales y se obtiene un producto (el gofio) de mayor calidad según los maestros molineros isleños.

A finales del siglo XIX y principios del XX aparece en la isla de Gran Canaria un nuevo de molino de viento harinero denominado *sistema Romero*, ideado por unos carpinteros de Gáldar (Manuel Romero e hijos) y que tuvieron gran difusión en la isla. Este molino de viento (figura 4) es una nueva variante que se realiza del molino harinero *sistema Ortega*. El nuevo molino de viento se caracteriza por tener un edificio con morfología y dimensiones de naturaleza variable al igual que los edificios de los molinos de viento harineros *sistema Ortega* y *La Molina*. Pero su elemento diferenciador respecto a los otros dos es una gran cola de madera que se ancla a la torre de celosía de madera y que permite la orientación automática del rotor de aspas hacia los vientos dominantes.

Esta orientación automática se produce cuando las aspas están colocadas sobre los largueros o radios. Si las aspas no están colocadas, la orientación de la

Figura 3. Molino harinero *La Molina* en Tefía. TM Puerto del Rosario. Fuerteventura. Foto: V. M. Cabrera García.





Figura 4. Molino harinero sistema Romero. TM de Ingenio, Isla de Gran Canaria. Fotos: V. M. Cabrera García.



torre que sostiene el rotor se realiza de forma manual desde la cubierta del edificio mediante un eje o timón de madera.

Los molinos aeromotores

Estos molinos de viento son los que transforman la energía cinética del

viento en energía mecánica para la elevación de las aguas procedentes del subsuelo. Consecuentemente con los

Figura 5. Molino aeromotor tipo americano. TM de La Aldea, Isla de Gran Canaria. Fotos: V. M. Cabrera García.





Figura 6. Salinas del Janubio. TM de Yaiza. Isla de Lanzarote. Foto: V. M. Cabrera García.

Figura 7. Molino aeromotor *salinero canario*. Isla de Lanzarote. Fotos: V. M. Cabrera García.



adelantos tecnológicos generados por la Revolución Industrial, surge en la segunda mitad del siglo XIX en América del Norte un nuevo molino de viento denominado *molino americano*. Estos molinos de viento (figura 5) se caracterizan por su aspecto de ligereza y en el que predomina la elegancia y la rapidez frente a la pesadez y lentitud de los tradicionales molinos de viento harineros. A finales del siglo XIX se empezaron a crear muchas empresas americanas que iban perfeccionando constantemente el diseño de este tipo de molinos de viento, lo que derivó con el paso del tiempo en la creación de grandes compañías constructoras de estos nuevos molinos no solo para el mercado interior americano, sino también para el mercado mundial.

La fabricación de estos molinos de viento no correspondió exclusivamente a los americanos, pues en muchos de los países industriales de Europa se mantuvo la tradición de esta industria, algunas en pequeños talleres locales que llegaron a crear patentes propias de estos novedosos molinos.

En la primera mitad del siglo XX se produce en las islas Canarias un gran auge de las salinas (figura 6) debido a la aparición de la industria conservera de pescado en la explotación del banco pesquero canario-sahariano, con lo que aparece un nuevo molino de viento denominado *salinero canario*. Estos molinos de viento captan la energía cinética del viento para transformarla en energía mecánica para bombear el agua del mar procedente de un estanquero para luego elevarla a los cocederos y a los tajos que se encuentran a una altura superior respecto al nivel de mar, donde luego se cristaliza la sal por la evaporización del agua del mar debido a incidencia de la energía solar. En las salinas canarias coexisten varios tipos de molinos de viento (figura 7) y en cada uno se distinguen varios elementos diferenciadores entre sí como es el edificio, la torre, el rotor de aspas y la maquinaria (los sistemas de orientación, los de regulación, los de transmisión y los de bombeo).

Los molinos aerogeneradores

Estos molinos de viento son los que transforman la energía cinética del viento en energía mecánica para después transformarla en energía eléctrica mediante un generador eléctrico. El aerogenerador que mayoritariamente se

establece en las islas Canarias es el *aerogenerador de rotor tripala* (figura 8), que se suelen agrupar en parques eólicos y son los que han permitido obtener las mayores eficiencias en la conversión de energía mecánica en energía eléctrica, aunque se hayan fabricado otro tipo de aerogeneradores atendiendo a patentes comerciales y con escasa presencia en las islas.

Los nuevos diseños de estos molinos de viento, los materiales novedosos empleados en su construcción, la mayor altura de las torres y los mayores diámetros de los rotores de aspas de los modernos aerogeneradores engrandecen la función histórica y la estética de los molinos harineros tradicionales de tiempos pasados.

Protección y conservación

Los molinos de viento tradicionales harineros y salineros canarios son elementos singulares de la arquitectura popular canaria que pertenecen al pasado ya que han desaparecido los modos de vida a los que iban ligados y, por ello, no son muy útiles para la sociedad actual. La falta de estudio y de inventario de los mismos y la fragilidad relacionada con el envejecimiento de todos los materiales empleados para su construcción los hacen especialmente vulnerables ante el aban-

EL INVENTARIO DE MOLINOS ES PROVISIONAL: LA ISLA DE FUERTEVENTURA TIENE DECLARADOS 23 MOLINOS; LA ISLA DE TENERIFE, DOS; LA ISLA DE GRAN CANARIA, UNO, Y LANZAROTE, UNO

dono y el desinterés sistemático por parte de la sociedad actual.

En determinadas ocasiones se les buscan soluciones para la protección jurídica, la restauración y la conservación como recuerdos históricos de las antiguas técnicas artesanales, agrícolas o industriales por su gran valor didáctico y para incentivar el estudio de la evolución de la sociedad tradicional en el curso del tiempo. En cuanto a la protección jurídica, cabe señalar que en las islas Canarias se han incoado y declarado como Bienes de Interés Cultural varios molinos tradicionales de viento ubicados en algunas de las islas del

archipiélago y principalmente atendiendo a dos categorías: monumentos y/o sitios etnológicos.

Por orden cuantitativo, la isla de Fuerteventura tiene declarados 23 molinos; la isla de Tenerife, dos; la isla de Gran Canaria, uno, y Lanzarote, también uno. En cuanto a la restauración, cabe señalar que se han llevado a cabo diversas experiencias en las islas para garantizar la conservación de estos molinos de viento tradicionales y entre ellas sobresalen las llevadas a cabo en las islas de Fuerteventura y Lanzarote.

En la isla de Fuerteventura el Cabildo Insular puso en marcha un programa de restauración, rehabilitación y difusión del patrimonio histórico con el objetivo de conservar los bienes muebles e inmuebles y ampliar la oferta cultural de la isla. El Cabildo creó una red insular de museos y centros de interpretación con el fin de dotar a la isla de una infraestructura museística en la que se recojan las principales manifestaciones culturales del devenir histórico insular. Este proyecto de recuperación y restauración de los molinos de viento en la isla de Fuerteventura se inició en junio de 1985. Se procedió a la recuperación de los molinos de viento mediante la creación de la Ruta de los Molinos, que se culmina con la adquisición y restauración de los numerosos molinos de viento tradicionales existentes en la isla y la creación del Centro de Interpretación de Tiscamanita.

En la isla de Lanzarote, el Cabildo Insular puso al servicio de los molinos de viento tradicionales a un grupo de albañiles, mecánicos y carpinteros para que reparasen las aspas rotas, sus mecanismos de movimiento y las bases sobre las que se apoyan dichos molinos. Muchos de estos molinos de viento tradicionales pertenecen a particulares que no opusieron resistencia a su restauración gratuita. Este proyecto de recuperación y restauración se inició en junio de 1992.

Existe un gran consenso social en el que el mejor método para conservar los edificios y las construcciones procedentes de la cultura tradicional es mantenerlos con vida, es decir, dotándolos de uso, nuevos usos compatibles con nuestra sociedad y respetuosos con estas construcciones tradicionales procedentes de nuestros antecesores.

En la actualidad los molinos de viento se utilizan generalmente para producir energía eléctrica a través de



Figura 8. Molino aerogenerador rotor tripala. TM Agüimes. Isla de Gran Canaria. Fotos: V. M. Cabrera García.

los modernos aerogeneradores de pequeñas, medias y grandes potencias eléctricas.

Nuevos usos

Como alternativa a las ya existentes destinadas a la conservación de estos elementos singulares se propone recuperar el funcionamiento de estos tradicionales molinos de viento dotándolos de un nuevo uso, es decir, implantándoles una tecnología que les permita producir energía eléctrica mediante el acoplamiento de un generador de baja potencia, iniciativa similar a la propuesta por el Ayuntamiento de Campos, en Palma de Mallorca, con un proyecto denominado *Molins de Campos* y realizado en el año 2000.

Este proyecto incluía la rehabilitación estructural además de concederle una prioridad ambiental integral, ya que genera energía eléctrica a través de la energía cinética del viento, limpia y renovable, al tiempo que se mejora el entorno con una serie de actuaciones colaterales, impulsando el empleo. El proyecto fue fruto de la experiencia adquirida en la ejecución de un estudio experimental desarrollado como consecuencia del convenio de colaboración suscrito el 16 de diciembre del año 2000 entre el Ministerio de Medio Ambiente, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, el Ayuntamiento de Campos y la empresa privada GESA-Endesa.

La recuperación del patrimonio cultural de los molinos de viento permi-

tirá a los visitantes disfrutar de unas alternativas de ocio compatibles con la preservación ambiental que tiene en los molinos de viento rehabilitados su principal atractivo y punto de referencia.

Hoy en día, es posible la implantación con garantías de una tecnología que posibilitaría obtener energía eléctrica a los molinos de viento tradicionales con una inversión económica viable que permitiría ofrecer un suministro de pequeñas potencias eléctricas en lugares donde no exista red general eléctrica o como complemento a la ya existente. La energía eléctrica obtenida se podría utilizar como servicio alternativo a las instalaciones complementarias a los tradicionales molinos de viento como son los talleres artesanales, el alumbrado público, los servicios varios, etcétera.

En ocasiones, la energía eléctrica sobrante se almacena en un banco de baterías comerciales que garanticen la cobertura de las necesidades variables del consumo eléctrico o se puede conectar a la red general eléctrica con el objetivo de vender a las diversas empresas suministradoras eléctricas la energía eléctrica producida.

Esta pauta posibilitaría obtener un aprovechamiento económico compatible con estas construcciones singulares de la arquitectura popular canaria, ya que no supone una inversión económica elevada sobre el total de la restauración de los mismos y resulta amortizable a medio plazo siempre que exista un consumo constante de energía eléctrica. La

iniciativa descrita consigue dar respuesta a la inoperatividad actual de los tradicionales molinos de viento, incorporándoles un nuevo uso y que, al mismo tiempo, es compatible con las necesidades sociales actuales en el interés por la obtención de energía eléctrica a través de las energías renovables.

Este nuevo uso propuesto (producir energía eléctrica) posibilitaría recuperar, por una parte, lo que aún no se perdido de estas construcciones singulares procedentes de la cultura tradicional canaria como son los tradicionales molinos de viento y, por otra, recuperar el funcionamiento de los mismos, que en lugar de moler grano o extraer agua del subsuelo o del mar producirían energía eléctrica.

Bibliografía

- Barreto Caamaño, J M. *Molinos Canarios: Cultura y Tecnología*. Exposición itinerante. Edita: Centro Cultural Tradicional Molinos de Tiagua.
- Cabrera García, V M (2009). *La Arquitectura del Viento en Canarias. Los molinos de viento. Clasificación, funcionalidad y aspectos constructivos*. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Caro Baroja, J (1998). *Tecnología Popular Española*. Mondadori España, SA. ISBN: 84-397-1386-X.
- Cea Gutiérrez, A; Fernández Montes, M; Sánchez Gómez, L Á (1990). *La Arquitectura Popular en España*, del Programa Etnología y Etnografía de España. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. ISBN: 84-00-07052-6.
- Guía del Patrimonio Etnográfico de Gran Canaria* (2005). Edición del Cabildo Insular de Gran Canaria. ISBN: 84-8103-418-5.
- Hardisson de la Torre, A y Caballero Mesa, J M (2006). *El Gofio. Un Alimento Tradicional Canario*. Gobierno de Canarias. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. ISBN: 84-7926-527-2.
- Ley 16/1985, de 25 de junio, de Patrimonio Histórico Español. Gobierno de España.
- Ley 4/1999, de 15 de marzo, de Patrimonio Histórico de Canarias, modificada por la Ley 11/2002, de 21 de noviembre. Gobierno de Canarias.
- Millares Torres, A (1977). *Historia General de las Islas Canarias*. Tomo I. ISBN:84-400-3209-9.
- Molineros en Canarias: entre la tradición y el cambio* (2001). El Pajar, Cuaderno de Etnografía Canaria, nº. 10. Imprenta Atlas, la Orotava. ISBN: 84-9229-615-1.
- Navarro Artilles, F (1988). *Molinos de viento. No son lo que eran*. Publicación de autor.
- Suárez Moreno, F (1994). *Ingenierías Históricas de la Aldea*. Ediciones el Cabildo Insular de Gran Canaria.

Víctor Manuel Cabrera García es arquitecto con las especialidades en Edificación y Urbanismo y doctor en Restauración y Rehabilitación Arquitectónica por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. victormcg@ev-arquitectos.com

La cultura de lo sagrado

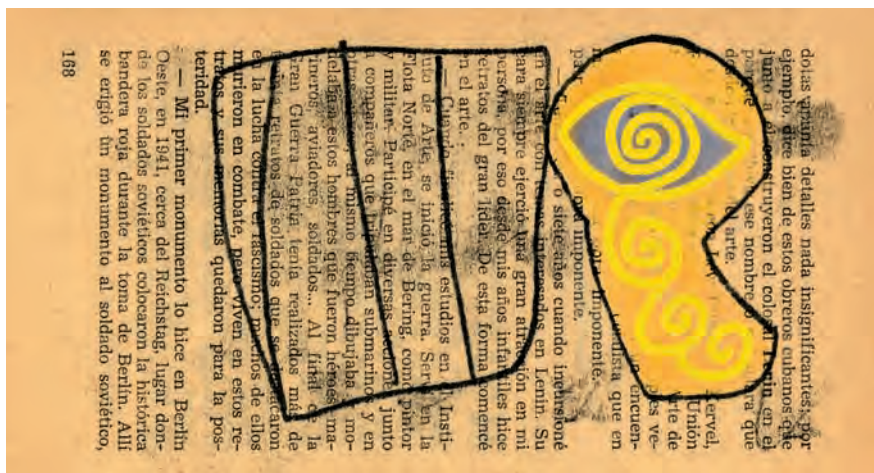
“Un fantasma parece recorrer este mundo desolado: el fantasma de lo sagrado.”¹

Cristóbal Pera

La cultura de lo sagrado –del latín *sacrātus*, con el significado “de lo que es digno de veneración por su carácter divino o por estar relacionado con la divinidad” (DRAE)– sigue impregnando todas las culturas, incluso aquellas que la rechazan en un mundo desacralizado, en un tiempo histórico en el que se impone el predominio de lo profano –“de lo que no es sagrado ni sirve a usos sagrados, sino puramente secular” [DRAE]– con la consiguiente y sistemática profanación de lo divino.

La palabra latina *sacer*, de la que deriva sagrado, implica, en sí misma, una restricción impuesta al comportamiento humano con los dioses, y con todo lo que les rodea, un tabú, [palabra derivada del polinesio *tabú*, “lo prohibido”]. Para simbolizar esta restricción a la humana intromisión en el ámbito de un dios, ese espacio es consagrado, mientras que cuando dicha restricción no se cumple, sino que se rompe deliberadamente, porque sus límites son trasgredidos, el dominio divino se considera profanado. Y es que la principal característica de una religión, como conjunto de creencias relativas a una divinidad, o a muchas divinidades, es precisamente lo que convierte al mundo en dos dominios separados, radicalmente opuestos en sus fundamentos: el mundo de lo sagrado y el mundo de lo profano². Para Durkheim, “lo que convierte algo en sagrado no es su conexión con lo divino, sino el hecho de ser sujeto de una prohibición que lo aparta radicalmente de algo que se considera, por este hecho, en profano”.

La cultura de lo sagrado se inicia a partir del encuentro de los primeros seres humanos con lo misterioso, con lo oculto, con los fenómenos que no se pueden comprender ni explicar (“La realidad oculta, escondida, corresponde, en suma, a lo que hoy llamamos sagrado”, escribió María Zambrano³). Es la presencia de lo misterioso en la experiencia de la vida humana, la que, al ser pensada, repensada e imaginada, se convierte en lo sagrado, en aquello que provoca de por sí, y al mismo tiempo, fascinación y temor, ya que los seres humanos piensan que sería en ese ámbito misterioso donde se ocultarían los hacedores o el supremo hacedor de todo lo inexplicable



CARDUELIS

que en este mundo ocurre, incluidos esos extraños espacios biológicos en los que asientan personas que hablan, piensan y tienen conciencia de “estar en el mundo”.

Las imágenes con las que metafóricamente se piensan y se imaginan, desde el cuerpo humano –convertido, a lo largo de la evolución, en “animal pensante”, como ya lo definiera el médico griego Alcmeón de Crotona– los presuntos hacedores de todo lo misterioso que en el mundo ocurre, así como los ámbitos en los que parecen manifestarse, se convierten en símbolos de lo divino, ya sean dioses y diosas o un solo dios, en seres todopoderosos, fascinantes y terribles. Unos imaginados dioses, al fin y al cabo pensados por los seres humanos, con sus correspondientes instituciones mundanas, herméticos círculos de personas administradoras del poder divino a las que no es lícito censurar, al estar protegidas por un código especial, por una prohibición, por un tabú, cuya ruptura es peligrosa.

En la indagación sobre lo sagrado, el teólogo protestante Rudolf Otto (1869-1937), en su libro *Das Heilige*, editado en 1917 (*Lo santo*, en su versión en castellano⁴), utilizó, para designar su esencia, el término *numinoso*, derivado de la palabra latina *numen*, como aquello que queda fuera de toda interpretación racional⁵. Tres elementos caracterizarían precisamente a lo numinoso, los cuales Otto nombra en latín, y que serían *mysterium*, *tremendum* y *fascinans*, porque al misterio que lo envuelve, ya que no se puede comprender ni explicar con palabras, lo que le hace ser inefable, se suma su carácter tremendo, debido a que provoca temor en los seres humanos, al

encontrarse estos ante una fuerza poderosa e inexplicable que, al mismo tiempo, es fascinante, ya que atrae de manera irresistible, a pesar de los riesgos que esta atracción entraña. Para María Zambrano, el acceso a lo *numinoso* se alcanza mediante dos vías, a la vez diversas y unificadoras, que son la poesía y la palabra [*logos*]. Solo en un lenguaje alusivo, como el de la poesía o el de la prosa con alusiones poéticas está permitido verter la experiencia mística.

Los dioses han huido, pero no lo sagrado, que sigue alboreando todavía, aunque con luz de crepúsculo⁶. ¿Puede negarse, sin más, que todo el misterio de ese mundo tremendo y fascinante en el que nacemos, vivimos y morimos es el fruto de una inefable alquimia de la naturaleza, cuyos muy recónditos detalles íntimos se van revelando a la indagación científica y técnica con una enorme lentitud, la misma alquimia que ocurre también, en el mayor de los silencios, en el espacio biológico en el que asienta cada persona, con sus palabras y su pensamiento, y, de manera preferencial, en su cerebro?

- 1 Duque Félix (2003). Sagrada inutilidad. (Lo sagrado en Heidegger y Hölderlin). *Revista de Filosofía*, 35/106. Universidad Iberoamericana. México. pp. 45-74.
- 2 Durkheim Emile (2003). Las formas elementales de la vida religiosa. Alianza Editorial, Madrid.
- 3 Zambrano, María (2007). *El Hombre y lo Divino*. Fondo de Cultura Económica de España S.L.
- 4 Otto, Rudolf (2001). *Lo santo: lo racional y lo irracional en la idea de dios*. Alianza editorial.
- 5 Numen (del latín *numen*) es definido por el DRAE como “deidad dotada de un poder misterioso y fascinador”.
- 6 Heidegger, Martin: *Hölderlin y la esencia de la poesía. Arte y Poesía*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 1992.

Más árboles que ramas. 1116 aforismos para navegar por la realidad

Jorge Wagensberg

Tusquets, Barcelona, 2012, 264 págs.
ISBN 978-84-8383-406-0

Todas las disciplinas científicas, desde la física a la sociología pasando por la biología o la economía, comparten la ilusión de comprender la realidad. La de Wagensberg parece ser gozar intelectualmente con las inagotables posibilidades de comprender la realidad ("El gozo intelectual es lo más parecido a una experiencia mística que puede disfrutar alguien negado a las experiencias místicas", reza uno de sus aforismos). Y si este gozo llega cruzando fronteras entre disciplinas, en un viaje permanente de ida y vuelta,

pues mejor que mejor. El método parece claro: observar primero ("observar es dar cuenta de las diferencias que resultan de la comparación de pedazos de realidad muy parecidos") para comprender después ("comprender es dar cuenta de las diferencias que

resultan de la comparación de pedazos de realidad muy parecidos"). Esta obra aforística de Wagensberg, que en cierto modo es una reescritura o prolongación de sus libros anteriores, es su último destilado realizado con el método de observación y comprensión auxiliado por el lenguaje. Contiene más de mil aforismos o "conservas de comprensión" para que el lector, a su vez, pueda elaborar las suyas propias.

Santander-Mediterráneo. El ferrocarril que perdió el norte

Dossiles, Burgos, 2012, 288 págs.
ISBN 978-84-96606-83-8

La construcción de un ferrocarril para unir el Mar Cantábrico en Santander con el Mar Mediterráneo en Valencia fue uno de los proyectos que más ilusiónó a las provincias de Burgos, Soria y Teruel, que estaban llamadas a convertirse en lugar de tránsito de personas y mercancías. Las obras ocuparon la primera mitad del siglo XX, pero el tren no llegó a asomarse al norte, se perdió en el túnel de La Engaña, hasta que en 1984 se decretó el cierre de la línea. Buena parte de aquel antiguo ferrocarril está siendo desmantelada y acondicionada para el disfrute turístico y deportivo de peatones y ciclistas. Este libro es una obra colectiva de especialistas que quieren dar a conocer la historia, las esperanzas y el entorno de un trazado que comenzó como camino de hierro y ha terminado como vía verde.

Introducción al mundo cuántico

David Jou

Pasado & Presente, Barcelona, 2012, 305 págs.
ISBN 978-84-939863-1-5

Esta obra es una introducción clara y completa a uno de los campos de la ciencia más activos y que mayor interés despierta en el público en general. David Jou consigue con gran capacidad pedagógica introducirnos en los principales conceptos de la cuántica, la historia de sus hitos más destacados, las principales aplicaciones, así como las inferencias más inmediatas en nuestros propios pensamientos, sentimientos y emociones.

Predicción económica y empresarial

Pablo Valderrey Sanz

Starbook, Madrid, 2012, 222 págs.
ISBN 978-84-15457-05-3

Las técnicas de predicción son un instrumento fundamental en la vida cotidiana de las empresas e instituciones. Esta ahora aborda con profundidad esta materia, imprescindible para utilizar adecuadamente el enfoque científico con vistas a la toma de decisiones en los negocios: predicciones de ingresos, gastos, ventas, producción, inversión óptima y otras magnitudes que son la esencia de la actividad económica y empresarial.

El poder de los hábitos

Charles Duhigg

Urano, Barcelona, 2012, 384 págs.
ISBN 978-84-7953-816-3

Algunos estudios indican que el 40% de nuestros actos son pura rutina, es decir, hábitos: lo primero que hacemos al levantarnos o al llegar a casa, lo que les decimos a nuestros hijos al acostarnos, lo que comemos, etcétera. En cierto modo,

estamos condicionados para bien y para mal por nuestros hábitos, pero las malas costumbres se pueden cambiar si entendemos su funcionamiento. Esta es la tesis principal de este libro del periodista de investigación Charles Duhigg. Está basado en cientos de investigaciones,

entrevistas a más de 300 científicos y ejecutivos, y estudios realizados en docenas de empresas. Comprender cómo se crean y se instauran los hábitos es el primer paso para reemplazar los que no nos gustan y organizar mejor nuestra vida profesional o personal.



¿Qué nos ha pasado? El fallo de un país

Andrés Ortega y Ángel Pascual-Ramsay

Círculo de Lectores, Madrid, 2012, 328 págs. ISBN 978-84-672-5098-5

En menos de cuatro años, España ha pasado de ser uno de los países con más crecimiento de la Unión Europea, admirado y envidiado por muchos, a sufrir una profunda depresión nacional, con más de cinco millones de parados, amplios recortes sociales y una drástica reducción de la riqueza que amenaza con llevar a una década perdida. Los autores tienen el mérito de escribir este libro, después de trabajar en el Departamento de Estudios Análisis de la Presidencia del Gobierno. A pesar de ello, no es un texto exculpatorio ni complaciente con el Gobierno para el que trabajaron, ni tampoco un ajuste de cuentas. Es notable el equilibrio que consiguen Ortega y Pascual-Ramsay en el nada objetivo mundo de la escritura política. Naturalmente, ese no es su único mérito, sino el de ofrecer un relato plausible y riguroso de cómo se desencadenó la crisis en España. En definitiva, de preguntarse ¿qué nos ha pasado?, y de ofrecer una respuesta, aunque provisional, razonable y útil. El libro está organizado en cuatro capítulos y un epílogo en los que explica las diferentes variantes de la crisis: financiera y económica, social, política y geopolítica. Arranca con el colapso de Lehman Brothers en 2008, nos expone los fallos en el diseño de la unión monetaria, las deficiencias estructurales de la economía española, la ineficacia del Estado y la miopía de la clase política ante la burbuja inmobiliaria que debilitó particularmente a España. A pesar del contexto internacional en el que estalla la crisis, los autores no escatiman la responsabilidad de España en el agravamiento de la crisis, de ahí el subtítulo *El fallo de un país*. Y muy especialmente de quien tenía la mayor responsabilidad política, es decir, el expresidente Zapatero. Pero, al mismo tiempo, nos recuerdan que en una sociedad democrática la responsabilidad no recae en un solo individuo.



El poder político en escena

Luis Arroyo

RBA, Barcelona, 2012, 544 págs.
ISBN 978-84-9006-248-7

¿Qué tienen en común el aullido de los lobos y los discursos y proclamas de los políticos en campaña? ¿Qué diferencia a conservadores y progresistas? ¿Somos racionales cuando escogemos nuestras preferencias políticas? En el siempre resbaladizo terreno de la política, el reputado experto en comunicación Luis Arroyo (Madrid, 1969) se mueve como pez en el agua. El poder político en escena se mueve

entre la historia, la investigación y la experiencia de la práctica de la representación política. Arroyo nos explica cómo los políticos cautivan a los votantes en una lectura realmente seductora.



Abandonarse a la pasión. Ocho relatos de amor y desamor

Hiromi Kawakami

Acantilado, Barcelona, 2011, 123 págs.
ISBN 978-84-15277-44-6

Si *El cielo es azul, la tierra es blanca* nos permitió descubrir a una narradora dotada de una gran personalidad y sutileza, *Abandonarse a la pasión* es la confirmación definitiva de la escritora japonesa Harumi Kawakami (Tokio, 1958).



Aunque los ocho relatos que componen este libro son dispares, están entrelazados formando un conjunto armónico, con el estilo sutil, de delicada factura que indaga entre los vericuetos del amor y el desamor. La violencia, psíquica o física, y la soledad son los elementos presentes en todos los relatos, por lo demás distintos entre sí.

Escaramuzas

Antonio Martínez Sarrión

Alfaguara, Madrid, 2011, 256 págs.
ISBN 978-84-2040-7852

Este libro recoge los textos escritos por Martínez Sarrión (Albacete, 1939) entre 2000 y 2010. Repasa sus filias y fobias, lecturas y comentarios, siempre ácidos, a veces humorísticos, que destacan por la claridad y la concisión, sin concesiones estéticas. Su tono recuerda un poco a los textos de Sánchez-Ferlosio, al que admira Sarrión, aunque son más políticamente correctos. Con *Escaramuzas*, se cierra por ahora una trilogía que había iniciado con *Cargar la suerte* y continuado con *Esquirlas*, publicados en la misma editorial. *Escaramuzas* es un libro muy personal escrito con mucho sentido y criterio.



CONTRASEÑAS Gabriel Rodríguez

Malas noticias

Una máxima periodística reza que las buenas noticias no son noticia. Todo suceso publicado en los medios siempre tiene algún elemento negativo o inesperado: un accidente, un asesinato, una caída brusca de la Bolsa, un divorcio de algún personaje famoso. Hay quien piensa que, periodísticamente hablando, lo que no sea mala noticia es propaganda. Para otros, esto es una exageración, lo que probablemente sea cierto, pero todos prestamos más atención a los hechos inesperados o catastróficos que a los hechos corrientes o positivos. Sin malas noticias no hay novedad, y sin novedad nuestro interés decae.

Los hombres deseamos estar informados por puro instinto. Deseamos conocer qué está sucediendo más allá de nuestro barrio, de nuestra ciudad, de nuestro país. Deseamos conocer lo que no conocemos por nuestra propia experiencia, de primera mano, lo que probablemente nos proporcione seguridad. Y no se trata de una exigencia de las sociedades democráticas, sino que ha sido una constante en la historia. Mucho antes de que existiera la "opinión pública" ya existía el cotilleo y el intercambio de información. Eran conocidos los mentideros de Madrid, donde confluían las noticias, las habladurías, los cotilleos y las murmuraciones. No hemos cambiado mucho.

Naturalmente, no puede haber democracia sin prensa libre. De hecho, los déspotas y los tiranos han basado sus gobiernos en restringir o controlar la información. Probablemente, ha sido la información la que ha creado la democracia. Casi todas las Constituciones recogen el derecho a la libertad de prensa como uno de sus pilares básicos. En la era de la comunicación por satélite, del video y de Inter-

net es mucho más difícil que surjan Gobiernos totalitarios como los vividos en Europa en el siglo XX. La información llega a demasiadas personas demasiado rápido para que sea posible un nuevo Stalin.

Sin embargo, la actual catarata de malas noticias económicas que estamos sufriendo los españoles está generando una situación de angustia y pesimismo. No hay día que no se anuncie un recorte presupuestario, una bajada de la Bolsa, un aumento de la "prima de riesgo" o una predicción negativa sobre el futuro de nuestra economía. Y ya se sabe que las malas noticias hacen bajar la cotización bursátil y reducir la inversión, como en un sistema de retroalimentación. Las malas noticias generan sentimientos negativos, que acaban por provocar un clima de pesimismo colectivo, y esto no es bueno para nosotros.

¿Cómo escapar de este círculo de malas noticias? Quizá fuera necesario un cierto "velo de ignorancia", no para escapar de la realidad, sino más bien al modo en que a algunos enfermos de cáncer se les oculta el diagnóstico para que puedan afrontar la situación con mayor fortaleza de ánimo. Naturalmente, la mayoría de la gente prefiere que se les cuente la verdad, aunque muchos estarían dispuestos a ocultársela a un familiar. Pero todo esto es muy discutible.

Por otra parte, hay quien afirma que toda esta cascada de malas noticias responde a una estrategia orientada a provocar un miedo paralizante en la sociedad que conduzca a la aceptación de los recortes. Afirmación sugestiva, sin duda, pero con pocos visos de realidad. Mientras tanto, seguiremos esperando el día en que una buena noticia sea noticia.

La isla sostenible

Acallado el rugido volcánico que durante la segunda mitad de 2011 llevó a la isla de El Hierro a las portadas de los medios de comunicación, la más occidental de las Canarias se prepara de nuevo para atraer la atención mediática. En su suelo se ultiman las obras de la central hidroeléctrica que pretende convertir la isla en el primer ejemplo mundial de autosuficiencia energética con un suministro procedente por completo de fuentes renovables. De hecho, el proyecto ha merecido ya la visita y el reconocimiento de expertos de lugares tan dispares como China, Estados Unidos, Noruega y la Isla de Pascua, entre otros, para intentar aplicar soluciones semejantes en sus países de cara a ese objetivo tan proclamado de conseguir energía sostenible, especialmente en el caso de zonas aisladas, no solo insulares.

La idea es aprovechar el cuantioso viento que azota la isla de forma casi permanente mediante una central eólica de 10 megavatios, capaz de suministrar la electricidad que consumen sus 10.000 habitantes y generar, además, un excedente que se empleará para bombear agua en un embalse doble reversible. Cuando el viento no sople o lo haga de forma insuficiente, se cubrirá la demanda eléctrica y se dejará caer el agua acumulada en el embalse superior para mover una turbina capaz de generar también 10 MW. Con este doble mecanismo combinado se pretende evitar el inconveniente de la intermitencia que afecta a algunas energías renovables, como la eólica.

Las primeras pruebas, llamadas "de vacío", se iniciarán a finales del verano y se espera que en el primer semestre de 2013 el sistema se encuentre ya funcionando y cerca de su pleno rendimiento.

"LA IDEA ES APROVECHAR EL CUANTIOSO VIENTO QUE AZOTA LA ISLA DE FORMA CASI PERMANENTE MEDIANTE UNA CENTRAL EÓLICA DE 10 MEGAVATIOS, CAPAZ DE SUMINISTRAR LA ELECTRICIDAD QUE CONSUMEN SUS 10.000 HABITANTES Y GENERAR, ADEMÁS, UN EXCEDENTE PARA BOMBLEAR AGUA EN UN EMBALSE DOBLE REVERSIBLE"

Los alisios, que soplan con fuerza y regularidad entre los meses de abril a octubre, permitirán cubrir durante esos meses toda la electricidad que demanden los herreños y los turistas. Luego, durante el invierno será necesario encender de nuevo ocasionalmente la central de gasóleo que hasta ahora generaba la electricidad en la isla.

En el conjunto del año, se espera que en esta primera etapa más del 75% de la energía consumida se genere con la central hidroeléctrica. El siguiente paso será complementar este sistema con instalaciones fotovoltaicas y de biomasa para conseguir que el 100% provenga de fuentes renovables.

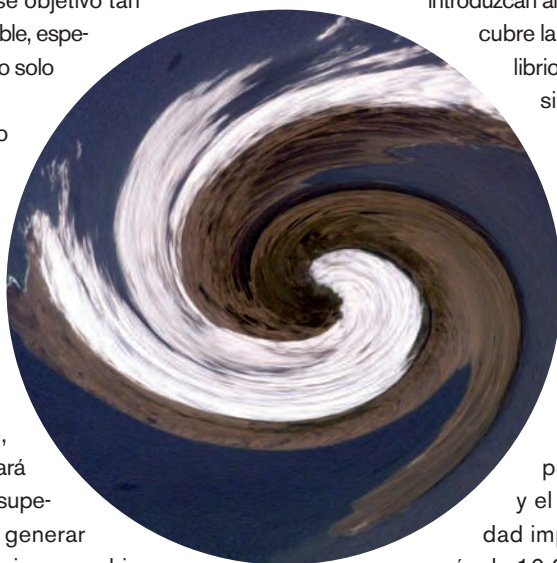
Según Gonzalo Piernavieja, director de I+D del Instituto Tecnológico de Canarias, institución que coordina el proyecto, la clave del sistema es el mecanismo de control específico que se ha desarrollado para gestionar el suministro eléctrico y evitar que las fluctuaciones instantáneas en la fuerza y dirección del viento no introduzcan alteraciones en la pequeña red eléctrica que cubre la isla. Sabido es que un pequeño desequilibrio en las líneas puede provocar la caída del sistema y el consiguiente apagón. Y para mejorar la capacidad de reacción ante estos cambios característicos del viento, las turbinas de los molinos estarán dotadas de volantes de inercia que proporcionarán unos seis segundos de margen para amortiguar el impacto de estas fluctuaciones.

La inversión realizada se acerca a los 70 millones de euros, de los cuales aproximadamente la mitad los ha puesto el Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE). Es una cantidad importante para una población de poco más de 10.000 habitantes, pero hay que tener en cuenta que en este tipo de fuentes energéticas el principal esfuerzo económico es la inversión inicial, porque el combustible (el aire y el agua) siguen siendo gratuitos, y el mantenimiento no es muy complejo. En comparación con el sistema actual, y teniendo en cuenta los condicionantes que produce el aislamiento de la isla, se generará un ahorro de unos 81 millones de euros en los cerca de 30 años de vida útil que deberá alcanzar la nueva central, según indica Piernavieja.

Y el esfuerzo no termina aquí. Para completar los baches del sistema y conseguir llegar al 100% de renovables, se pondrá en marcha una segunda parte del plan para complementar la central hidroeléctrica con energía fotovoltaica y con biomasa.

La experiencia acumulada permitirá ir implantando sistemas semejantes en otras islas del archipiélago. Y para incrementar aún más el peso de las renovables, se está investigando el aprovechamiento de la energía geotérmica de las islas de Gran Canaria, Tenerife y La Palma.

Está extendida la idea de que España no explota adecuadamente sus recursos energéticos renovables, pero lo cierto es que ya ha demostrado en numerosas ocasiones que es pionera en el desarrollo de tecnologías avanzadas para el mejor aprovechamiento de esos recursos y también de su implantación a escala comercial. Es de esperar que la crisis no tuerza semejante trayectoria, porque desemboca directamente en el futuro.



ALABAMA

LIVING NEBRIJA LIVING UNIVERSIDAD



Nebrija
Universidad
La Universidad en Vivo



CURSOS DE ACCESO al título oficial de

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA para
INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES de
especialidad MECÁNICA

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
AUTOMÁTICA INDUSTRIAL** para INGENIEROS
TÉCNICOS INDUSTRIALES de especialidad
ELECTRÓNICA

Curso de Adaptación a Grado aprobado por la ANECA

Modalidad "A DISTANCIA"

Gracias a la modalidad "a distancia" podrá compatibilizar el curso con su actividad profesional. La Universidad proveerá al alumno de una plataforma de teleformación *on-line* a la que podrá acceder para la descarga de contenidos, ejercicios, etc., así como para cualquier consulta o duda que se pueda plantear a los tutores de las asignaturas en el desarrollo del curso.

El contenido de estos cursos depende del programa cursado en la universidad de origen (se podrá obtener un reconocimiento de créditos por experiencia profesional). La Universidad Nebrija realizará un estudio personalizado de convalidaciones en función del plan de estudios cursado.

Duración Dos cursos anuales. **Comenzarán en marzo y octubre de 2012 con una duración de 5 meses cada uno**

Plazo de inscripción se abrirá 4 meses antes del comienzo de cada curso

Información e inscripciones gradoelectronica@nebrija.es
gradomecanica@nebrija.es
Tel.: 91 452 11 00

www.nebrija.com

Instalaciones del edificio

Diseño y cálculo del edificio con un solo programa
cumpliendo las exigencias básicas del CTE



RAPIDEZ

Importa la geometría y los elementos constructivos del edificio de ficheros en formato IFC generados por programas CAD/BIM como Allplan®, Archicad® y Revit®. El usuario también puede introducir estos datos de modo gráfico.

La geometría del edificio es común para todas las instalaciones. Esta conectividad permite que la modificación de datos en una instalación afecte automáticamente al resto de instalaciones que los comparten.

EXPORTACIÓN

La medición y el presupuesto pueden exportarse a **BC3, Arquímedes, Arquímedes y Control de obra y Arquímedes Edición ASEMAS.**

Aislamiento puede exportar a **LIDER** la geometría, características de los materiales, zona climática, etc. de todo el edificio; y Climatización exportar a **CALENER-VYP** la instalación térmica (calefacción, refrigeración y producción de ACS considerando la contribución mínima de energía solar térmica) y la instalación de iluminación.

EnergyPlus™

El módulo Exportación a EnergyPlus™ de Climatización y Aislamiento puede utilizarse como herramienta al uso para obtener un listado justificativo de la opción general del DB-HE 1.

EFICACIA

Los programas confeccionan las mediciones y presupuestos, los planos y la salida de resultados de cálculo. La conexión con el **Generador de precios de la construcción** permite utilizar elementos reales proporcionados por los propios fabricantes.

Los datos y resultados obtenidos también se utilizan para generar automáticamente la memoria del proyecto de edificación con el programa Memorias CTE de CYPE Ingenieros.

Más información en www.cype.es

CYPE Ingenieros, S.A. • Avda. Eusebio Sempere, 5 • 03003 ALICANTE
Tel. 965 922 550 • Fax 965 124 950 • cype@cype.com
CYPE Madrid • Tel. 915 229 310 • CYPE Catalunya • Tel. 934 851 102



Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción