

Técnica Industrial 290

MONOGRÁFICO

INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

A large, abstract image occupies the background of the cover. It consists of swirling, translucent, glowing lines in shades of green, blue, and purple against a black background. The lines are thick and organic in shape, resembling smoke or liquid in motion.

LA INDUSTRIA DEL GAS

ENTREVISTA

Antonio Llardén Carratalá
Presidente de Enagás

QUÍMICA 'IN SILICO'
INFORMÁTICA 'VERDE'

SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA
EL PRIMER SALTO DEL DUERO
ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y SOSTENIBILIDAD



¿Por qué elegir dmELECT?

- Posibilidad de diseñar y calcular todas las instalaciones en un mismo proyecto.
- Destacados por su gran sencillez de manejo e introducción de datos y por ser el cálculo más potente del mercado (cálculo matricial, algoritmos de optimización, etc); que le permitirá abordar proyectos de gran envergadura y sin limitaciones. El programa obtendrá automáticamente las secciones y diámetros de la instalación, sin necesidad de ser definidas por el usuario.
- Avanzados por miles de técnicos del sector.
- La calidad nos diferencia del resto. Contaré el mercado y se convencerá.
- El mejor Servicio post-venta. Ayuda instantánea ante cualquier duda que pudiera surgirte. Evita retrasos innecesarios e encontrar solución técnica a sus proyectos.
- Lectura de imágenes en DWG, DXF, BMP, TIFF y JPEG.
- Proyecto completo: Memoria Descriptiva, Anexo de Cálculos, Pliego de Condiciones, Medición y Planos.
- Memoria Técnica de Diseño, Certificación de la Instalación y Manual del Usuario (en Electricidad).
- Obtención automática de las Fichas Justificativas de la Opción Simplificada para la Limitación de Demanda Energética. Estudiar que manejarán programas engorrosos y de poco utilidad.
- Los proyectos calculados con nuestro software se concederán la nota más alta en todos los organismos oficiales. La experiencia de casi 20 años así lo confirma.
- Si aun le quedan dudas, visite nuestra página web donde encontrará mayor información.

Edificación

CIEBT: Instalaciones Eléctricas BT

VIVI: Instalaciones Eléctricas en Edificios de Viviendas

IPCI: Protección contra Incendios por agua

FONTA: Fontanería: Agua fría y agua caliente sanitaria

SANEA: Instalaciones de Saneamiento

GASCOMB: Instalaciones Receptoras de Gases Combustibles.

AIRECOMP: Aire Comprimido y Gases Industriales.

CTE: Cargas Térmicas de Invierno y Verano.

Limitación Demanda Energética (DB HE1)

CONDUCTOS: Conductos de Aire para Ventilación y Climatización.

RSF: Radiadores, Suelo Radiante y Pancollas

SOLTE: Energía Solar Térmica

Urbanización

ALP: Redes de Alumbrado Público

REDBT: Redes Eléctricas de Distribución BT

CMBT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas BT

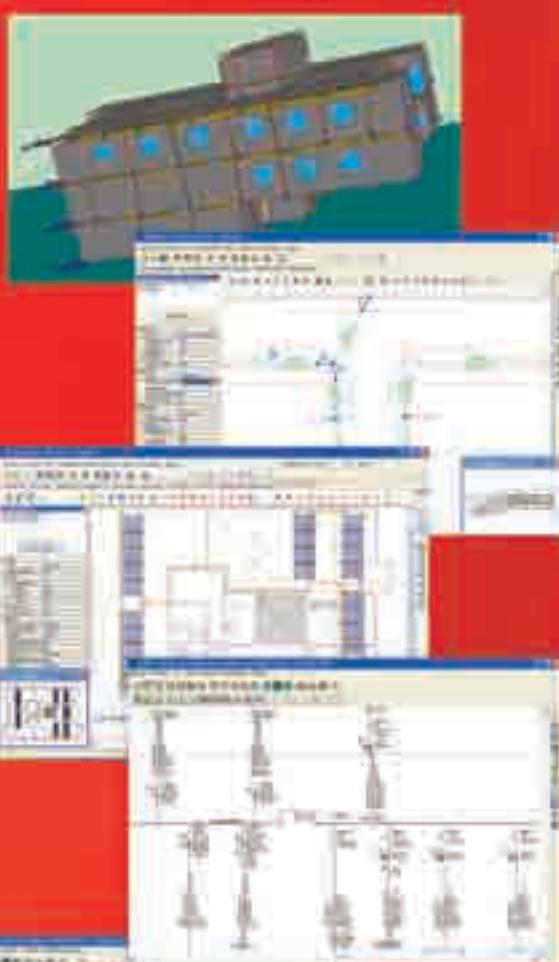
REDAT: Redes Eléctricas de Distribución AT

CMAT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas AT

CT: Centros de Transformación de Interior e Intemperie

ABAST: Redes de Abastecimiento de Agua y Riego.

ALCAN: Redes de Alicantillado



SENCILLEZ EN EL MANEJO, POTENCIA EN EL CALCULO

ACTUALIDAD

Noticias y novedades

06 La química se lanza al diseño por ordenador

La creación *in silico* de fármacos, materiales y otras moléculas se basa en la vasta capacidad de cálculo de las supercomputadoras para hacer simulaciones de gran complejidad.

Hugo Cerdà

08 Informática verde para reducir la huella ecológica

Las tecnologías de la comunicación son responsables del 2% de las emisiones de CO₂, pero cada vez hay más empresas dedicadas a explotar el filón de la informática sostenible.

Patricia Luna

14 Ciencia

15 I + D

16 Medio ambiente

18 Empresas

20 Ferias y congresos

Reportaje

22 La industria gasista española, a medio gas

El sector defiende su papel crucial para el cumplimiento de los objetivos del Paquete Verde de la Unión Europea y pide al Gobierno que cierre de una vez un pacto de Estado de energía que contribuya a la estabilidad energética.

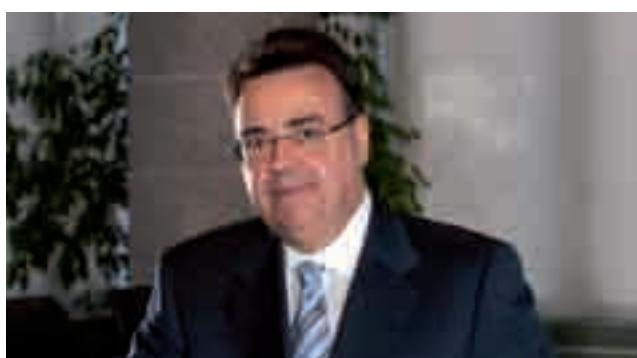
Manuel C. Rubio

Entrevista

26 Antonio Llardén Carratalá

El presidente de Enagás afirma que hay que incrementar la interconexión con Europa y que uno de sus retos es aumentar la capacidad de almacenamiento estratégico.

Ana P. Fraile



ARTÍCULOS

28 REVISIÓN Electricidad, electrónica de potencia y sostenibilidad

Electricity, power electronics and sustainability

Robert Piqué y Eduard Ballester

36 REVISIÓN Subproductos generados en la desinfección del agua

By-products generated in the chemical disinfection of water

Francisco Ramírez Quirós



46 REVISIÓN Ajuste de parámetros PID en lazos de control de procesos industriales

Adjustment of PID parameter in industrial process control loops

Juan Ángel Gámiz Caro y Javier Gámiz Caro

52 REVISIÓN San Román de los Infantes, el primer salto del Duero

San Román de los Infantes, the first dam on the Duero

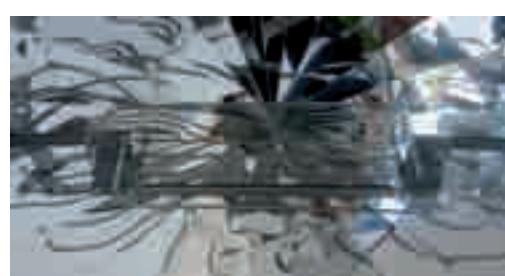
Félix Redondo Quintela, Pedro Antonio Hernández Ramos,

Roberto Carlos Redondo Melchor y Juan Manuel García Arévalo

58 OPINIÓN Ingeniería y sostenibilidad, una simbiosis necesaria

Engineering and sustainability, a necessary symbiosis

Rafael Eugenio Romero García



NORMAS DE PUBLICACIÓN

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

Comisión Ejecutiva

Presidente: Vicente Martínez García

Vicepresidente: Pedro San Martín Ramos

Secretario: Avelino García García

Vicesecretario: Desiderio E. González Reglero

Vocales: Antonio Otaegui Aramburu, Miguel Ferrero Fernández, José Antonio Marrero Nieto, Santiago Civillé Andreu

Interventor: Domingo Valero Maní

Tesorero: Pedro Rosés Delgado

Gerencia y Coordinación: Juan Santana Alemán

Patronos

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales (UATIE). Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales.

Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales representados por sus decanos:

A Coruña: Edmundo Varela Lema

Álava: Alberto Martínez Martínez

Albacete: Francisco Avellaneda Carril

Alicante: Antonio Martínez-Canales Murcia

Almería: Juan Luis Viedma Muñoz

Aragón: Juan Ignacio Larraz Plá

Ávila: Fernando Espí Zarza

Badajoz: Manuel León Cuenca

Illes Balears: Juan Ribas Cantero

Barcelona: Joan Ribó Casaus

Bizkaia: Mario Ruiz de Aguirre Bereciartua

Burgos: Jesús de Garay Mañueco

Cáceres: José Manuel Cebrá Álvarez

Cádiz: Domingo Villero Carro

Cantabria: Aquilino de la Guerra Rubio

Ciudad Real: José Carlos Pardo García

Córdoba: Francisco López Castillo

Cuenca: Pedro Langreo Cuenca

Gipuzkoa: Jorge Arévalo Turillas

Girona: Narcís Bartina Bóix

Granada: Isidro Román López

Guadalajara: Juan José Cruz García

Huelva: José Antonio Melo Mezquía

Jaén: Miguel Ángel Puebla Hernández

La Rioja: Juan Manuel Navas Gordo

Las Palmas: José Antonio Marrero Nieto

León: Miguel Ferrero Fernández

Lleida: Joan Monyach Callizo

Lugo: Jorge Rivera Gómez

Madrid: Juan de Dios Alférez Cantos

Málaga: Antonio Serrano Fernández

Manresa: Alberto Gómez Pardo

Región de Murcia: José Antonio Galdón Ruiz

Navarra: Gaspar Doménech Arrese

Ourense: Santiago Gómez-Randulfe Álvarez

Palencia: Jesús Pastor Cuesta

Principado de Asturias: Enrique Pérez Rodríguez

Salamanca: Eduardo González Sánchez

S. C. Tenerife: Antonio M. Rodríguez Hernández

Segovia: Rodrigo Gómez Parra

Sevilla: Francisco José Reyna Martín

Soria: Levy Garjio Tarancón

Tarragona: Santiago Crivillé i Andreu

Toledo: Joaquín de los Reyes García

Valencia: José Luis Jorrín Casas

Valladolid: Ricardo de la Cal Santamarina

Vigo: José Pose Blanco

Vilanova i la Geltrú: Luis S. Sánchez Gamarra

Zamora: Pedro San Martín Ramos

Técnica Industrial, fundada en 1952 y editada por la Fundación Técnica Industrial, se define como una publicación técnica de periodicidad bimestral en el ámbito de la ingeniería industrial. Publica seis números al año (febrero, abril, mayo, agosto, octubre y diciembre) y tiene una versión digital accesible en www.tecnicaindustrial.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 y 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 Viloria 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@ cogities. 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.

PROFESIÓN

05 Editorial

Conama 10: el compromiso renovado

Vicente Martínez García

60 Noticias de los colegios

61 El Cogiti en Conama

62 Fundación y Consejo

63 Ingeniería y sociedad

65 Foro Técnica Industrial

Los 10.000 usuarios registrados en el Foro TI tienen la oportunidad de consultar sus dudas a expertos cualificados en cada especialidad. Los incentivos a la producción de energías renovables o las emisiones de CO₂ son algunos de los asuntos que plantean este trimestre los usuarios participantes en el Foro del experto, una de las secciones más destacadas.



EN PORTADA

Humo coloreado con los tonos del arco iris para ilustrar la industria del gas (considerado el combustible menos contaminante), así como la influencia de la industria y la ingeniería en el medio ambiente, que es el tema monográfico de este número.

Foto: Shutterstock

CULTURA Y HUMANIDADES

66 Entrevista

Mateo Valero Cortés

El director del Barcelona Supercomputing Center, desde donde se articula el Centro Nacional de Supercomputación, es uno de los 25 investigadores en activo más influyentes de Europa en tecnologías de la información, lo que le sitúa muy cerca de la élite mundial.

Xavier Pujol Gebelli



72 Reportaje

Los sorprendentes inventos de 'Bucky' Fuller

El ingeniero y arquitecto estadounidense fue un visionario y célebre diseñador futurista, además de autor de la cúpula geodésica y padre de la sostenibilidad de la Nave Espacial Tierra.

Joaquín Fernández

76 Anatomía de la cultura

Cultura y ambigüedad

Cristóbal Pera

COLUMNISTAS

11 Bit Bang

Cultura-In. *Pura C. Roy*

21 Ecologismos

¡Auxilio! *Joaquín Fernández*

75 Verbi Gratia

Ciencia musical. *Helena Pol*

79 Contraseñas

Contracultura. *Gabriel Rodríguez*

80 Con Ciencia

El pacto. *Ignacio F. Bayo*

Director: Gonzalo Casino

Consejo de redacción: Francisco Aguayo González (Universidad de Sevilla), Miguel Ferrero Fernández (Universidad de León), Antonio Luis Galiano Pérez (Alicante), 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, Fátima Santana, Mauricio Wiesenthal **Diseño gráfico:** Mariona García **Fotografía:** Ignacio Adeva, Consuelo Bautista, Santi Burgos, Vicens Giménez, Beatriz Morales, Vera Salatino, Alonso Serrano, Mònica Torres, Shutterstock, Pictelia **Ilustración:** Alabama, Cardiel, Margot, Viridis.

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@tecnicaustrial.es **Publicidad:** Labayru y Añciones. Andorra, 69. 28043 Madrid. Tel: 913 886 642 / 492. Fax: 913 886 518

Impresión: Gráficas Monterreina, S.A. **Depósito legal:** M. 167-1958 **ISSN:** 0040-1838. **ISSN (internet):** 2172-6957. Difusión controlada por





Presto

es todo esto:

Todos los DIN A4 del proyecto Gestión de la construcción



Antes del proyecto

- Justificación de honorarios
- Predimensionado de viviendas, oficinas, naves y proyectos de urbanización
- Catálogos de productos para la construcción

Durante el proyecto

Mediciones y presupuestos

- Pliego de condiciones
- Estudio de seguridad y salud
- Plan de control de calidad
- Estudio de gestión de residuos
- Libro del edificio

Durante la dirección de obra

- Comparación de ofertas
- Certificaciones, actas y documentos de obra
- Reformados, certificaciones oficiales y revisión de precios para obra pública

Antes de la ejecución

- Planificación por diagrama de barras
- Planificación económica de ingresos y costes
- Comparativo de contratos, compras y subcontratas
- Evaluación de aspectos ambientales
- Plan de seguridad y salud

Durante la ejecución

- Control de producción
- Gestión del valor ganado (EVM)
- Ánalysis de costes reales
- Seguimiento de pedidos, albaranes y facturas
- Control de pagos y cobros

Después de la entrega

- Gestión de repasos en promociones de viviendas



Manuel Silvela 15, 5º
28010 Madrid

+ [34] 91 448 38 00
presto@presto.es

En www.presto.es encontrará más información
sobre Presto y otros servicios de Soft

Conama 10: el compromiso renovado

La participación del Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales en el Congreso Nacional de Medio Ambiente viene siendo una constante desde el año 2002. Instrumentada esta participación a través del Consejo y contando con la coordinación y la dedicación de los colegios que han asumido con gusto esa tarea, en un principio, el Colegio de Alicante y posteriormente el de Barcelona, al que este año se ha sumado el Colegio de Madrid y, naturalmente, la propia Mesa de Trabajo de Medio Ambiente, se ha conseguido mantener una presencia en este congreso que, sin duda, es una de las citas de mayor importancia en torno al desarrollo sostenible.

Las profesiones técnicas y científicas tienen un compromiso ineludible con la sostenibilidad. Cualquier solución técnica a los problemas derivados del desarrollismo debe tener en cuenta el factor medioambiental como síntesis y superación de dichos problemas desde una óptica evolucionista, sí, pero con sentido responsable, dirigiendo los esfuerzos al aseguramiento de la viabilidad futura de una sociedad basada en el bienestar humano, que no será posible si no se buscan nuevas formas de energía, ni se palían los devastadores efectos que la contaminación creciente ejerce sobre el planeta. Ese compromiso ha sido una constante, desde hace años, de los ingenieros técnicos industriales, que en el desarrollo de su profesión lo han incorporado a sus procedimientos antes, incluso, de que se percibiera por la sociedad la necesidad inmediata de instaurar procesos correctores tendentes a asegurar la sostenibilidad medioambiental.

Y, como se indica en el manifiesto de Conma 10, "ahora, más que nunca" cabe dar un impulso decisivo a las estrategias que hagan posible virar hacia un mundo más sostenible, precisamente ahora que las políticas erróneas y los modelos de producción existentes, basados esencialmente en el exclusivo beneficio económico de determinados sectores dominantes, han conducido a la incertidumbre económica y financiera que marca los últimos años y de la que no se podrá salir si no con un profundo cambio de modelo –producción y consumo responsable– cuyo eje sea el respeto a nuestro capital natural y, por tanto, su empeño sea el mantenimiento de la biodiversidad y de los recursos naturales.

No cabe duda de que ese cambio es un reto difícil y preñado de numerosos obstáculos, derivados de la belicosidad de unos por mantener su estatus privilegiado y la indiferencia de otros debida, casi con toda seguridad, a la desinformación. Hay, además, un componente perverso en todo este mundo de la sostenibilidad medioambiental que propicia una confusión nada deseable y que sería conveniente aclarar. Es el mundo de los "conversos"

"ESTEMOS ATENTOS A LAS CORPORACIONES QUE SON CAPACES DE DEFENDER UNAS ESTRATEGIAS Y SUS CONTRARIAS, DE PARTICIPAR EN EVENTOS A FAVOR DE LA SOSTENIBILIDAD Y DEFENDER, A LA VEZ, EL USO DE ENERGÍAS CONTAMINANTES"

protagonizado por aquellos responsables, entidades y empresas que jamás se han ocupado de defender los valores medioambientales y que ahora, por el hecho de que es políticamente correcto ocuparse de ello, se sumergen en programas y desarrollos de dudosa eficacia práctica pero que, a cambio, les confieren una imagen de modernidad y de preocupación social. Bienvenidos sean si esa conversión es fruto del convencimiento. Pero, estamos atentos a aquellas corporaciones que son capaces de defender unas estrategias y sus contrarias, capaces de participar en eventos defensores de la sostenibilidad y, al mismo tiempo, defender el uso de energías contaminantes. También las hay y suelen vender explícitamente su falsa conversión al desarrollo sostenible.

Probablemente, uno de los debates más de actualidad es, precisamente, el uso de fuentes de energía renovables, su importancia cada vez más creciente y la necesidad de su desarrollo en detrimento de las fuentes contaminantes. Ello ha de conjugarse con el consumo responsable al que antes aludíamos y es necesario encontrar el equilibrio, tanto en fuentes de energía como en modos y procedimientos de distribución, que lo permita. El Consejo General de Ingenieros Técnicos Industriales, consciente de la importancia de este aspecto, así como de la necesidad de optimizar el abastecimiento eléctrico, coordina el grupo de trabajo que se ocupa de estudiar "la ciudad

como gestora y generadora de energía", previendo que el modelo energético sufra un cambio sustancial en los próximos años, no únicamente para reducir el consumo, sino para que las propias ciudades se conviertan en generadoras de energía y puedan eliminarse las largas redes de transporte que acumulan importantes pérdidas y que influyen negativamente sobre el medio ambiente. La generación distribuida, la gestión energética basada en la demanda, la cogeneración y otros aspectos similares formarán parte de este programa con el que, una vez más, estaremos presentes en Conama, fiel a nuestro compromiso con el desarrollo sostenible.

Vicente Martínez García Presidente del Cogiti



La química se lanza al diseño por ordenador

La creación *in silico* de fármacos, materiales y otras moléculas se basa en la vasta capacidad de cálculo de las actuales supercomputadoras que permiten simulaciones de enorme complejidad

Hugo Cerdá

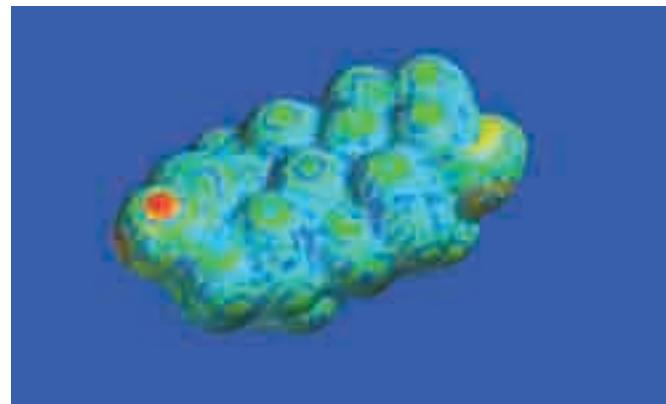
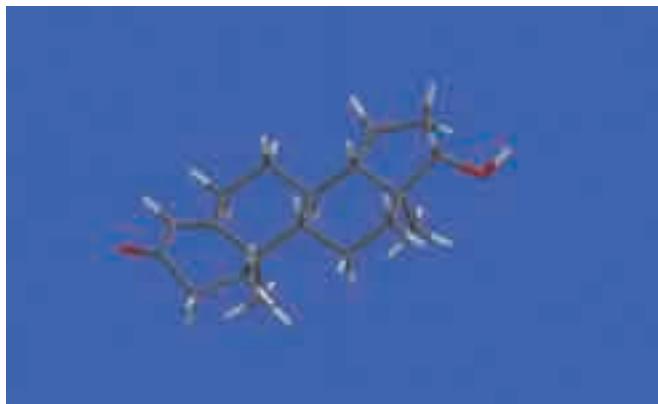
“La química ha dejado de ser una ciencia puramente experimental”. Con estas palabras celebraba la Academia de Ciencias sueca la concesión del premio Nobel de Química de 1998 a Walter Kohn y John A. Pople. En los años previos, ambos científicos habían realizado aportaciones fundamentales en el entonces reciente campo de la química teórica, una disciplina nacida del acercamiento de la física (especialmente la mecánica cuántica) y la química de laboratorio. Hoy en día, las aproximaciones teóricas a los problemas químicos son habituales y muchos químicos orgánicos tienen en cuenta los cálculos y predicciones de los químicos teóricos para decidir entre rutas de síntesis alternativas y determinar estructuras moleculares.

Para ello, la ciencia se ha apoyado en

las de teraflops (10^{12} flops, un billón de operaciones por segundo) y petaflops (10^{15} flops, mil billones de operaciones por segundo) del rango de decenas a cientos de miles de procesadores para realizar sus simulaciones”, explica Roland Lindh, investigador del departamento de Química Cuántica de la Universidad de Uppsala, en Suecia. Estas simulaciones permiten resolver cuestiones hasta ahora inabordables, como el plegamiento de cadenas de aminoácidos para formar proteínas funcionales. Dado que un defecto en el plegamiento de una proteína está detrás de enfermedades como el Alzheimer, resulta de gran interés conocer las leyes que gobiernan la disposición de aminoácidos. Y esto no es una tarea sencilla.

Debido a que dos aminoácidos vecinos pueden enlazarse en tres ángulos diferen-

PARA LAS SIMULACIONES MOLECULARES SE USAN ARQUITECTURAS DE ‘HARDWARE’ PARALELAS DE TERAFLOPS (UN BILLÓN DE OPERACIONES POR SEGUNDO) Y PETAFLOPS (MIL BILLONES DE OPERACIONES POR SEGUNDO) DEL RANGO DE DECENAS A CIENTOS DE MILES DE PROCESADORES



Modelo estructural de la testosterona (izquierda) y simulación computacional de su potencial electrostático (derecha). Imágenes obtenidas con el programa Spartan.

la vasta capacidad de cálculo de los actuales superordenadores, que han hecho posible cálculos y simulaciones de una complejidad inabordable. El resultado es la emergencia de una nueva ciencia denominada química computacional en la que los experimentos se realizan *in silico*, en clara oposición al trabajo *in vitro* habitual de un laboratorio al uso. Esta posibilidad se apoya en el drástico incremento de las capacidades de computación y la eficacia de los nuevos algoritmos.

“En la actualidad los investigadores en química computacional de todo el mundo utilizan arquitecturas de hardware parale-

tes, una proteína de 100 aminoácidos puede plegarse en 3^{200} formas diferentes. Los modelos informáticos para predecir estructuras proteicas se diseñan según dos metodologías básicas. Los modelos *ab initio*, en primer lugar, empiezan especificando las fuerzas de atracción y repulsión en cada punto y, a partir de ahí, calculan estructuras hasta encontrar el estado de menos energía. La modelización por homología, en cambio, hace sus predicciones comparando la proteína estudiada con proteínas con secuencias estrechamente relacionadas cuyas estructuras ya se conocen.

La precisión de las predicciones

depende de la resolución del modelo y de su capacidad para muestrear con mayor o menor profundidad el mapa energético para encontrar la configuración menos energética. Como resultado, los modeladores se enfrentan a una disyuntiva: si aumentan la resolución y mapean todos los átomos, limitan la cantidad de muestreos que un ordenador puede realizar. En cambio, si aumentan la frecuencia de muestreo, limitan la resolución. Para simplificar los cálculos, algunos investigadores refuerzan sus modelos informáticos con datos experimentales que limitan la búsqueda de la configuración menos energética de la proteína.

"La precisión de los resultados de los tratamientos teóricos depende, para simplificar, de la complejidad del propio problema y del método de cálculo empleado. Hay problemas que, por su naturaleza, no pueden ser tratados en el momento actual mediante métodos muy precisos y puede que la situación siga sin mejorar apreciablemente en el futuro", comenta Ramón Carbó-Dorca, catedrático del Instituto de Química Computacional de la Universidad de Girona. "Pero hay problemas en los que la precisión de los resultados computacionales es comparable a los resultados experimentales", añade.

Con esta opinión coincide Vicent Moliner, catedrático del departamento de Química Física de la Universidad Jaume I de Castellón, para quien las herramientas teóricas son capaces de proporcionar una enorme cantidad de conocimientos detallados que no siempre se consiguen con las técnicas experimentales, ofreciendo así métodos alternativos para analizar y entender los procesos químicos en estudio. "Las estrategias teóricas pueden verse como un experimento numérico que ayuda a los experimentalistas en el rediseño del sitio

el desarrollo de nuevos y más eficientes catalizadores biológicos", explica Moliner.

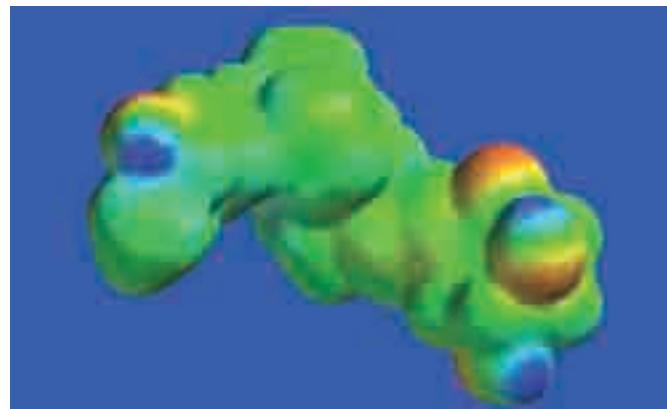
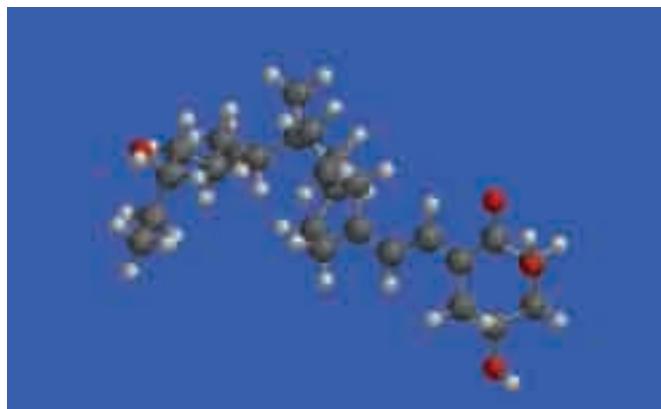
Toda reacción química atraviesa una suerte de limbo, un estadio fantasma entre los reactivos iniciales y el producto final en el cual es casi imposible conocer de manera experimental lo que ha ocurrido en el intermedio. Los científicos utilizan técnicas basadas en la química computacional para modelar de manera teórica ese estado de transición desconocido y diseñar de manera racional compuestos que inhiban o mejoren la acción de los catalizadores biológicos.

Diversidad de aplicaciones

Pero no terminan ahí las aplicaciones de la química computacional. "Desde el estado sólido, los agregados atómicos, las grandes macromoléculas, las moléculas de interés farmacéutico y las nanoestructuras, pasando por la catálisis, la reactividad química, la solvatación, las interacciones moleculares en general, el llamado *docking* de substratos de proteínas, todos estos problemas en mayor o menor medida constituyen estudios habituales en química computacional", dice Carbó-Dorca, uno de los pioneros de la quí-

sistemas, incluyendo en las simulaciones el efecto del medio. La conjunción de los métodos teóricos con datos obtenidos por técnicas experimentales tales como la difracción de rayos X, la resonancia magnética nuclear, las técnicas de mutagénesis dirigida, los estudios de efectos isotópicos cinéticos, la ingeniería molecular y las recientes espectroscopias de femtosegundo y atosegundo abre un abanico de posibilidades al proporcionar una herramienta interdisciplinar muy prometedora.

Sin embargo, también tienen limitaciones, pues la capacidad de procesamiento de datos de los centros de cálculo más potentes tiene sus límites. "Las limitaciones vienen impuestas por el *hardware* disponible y su capacidad de tratamiento de estructuras químicas de gran tamaño o grandes enjambres de moléculas pequeñas", explica Carbó-Dorca. Y, aunque sus prestaciones vayan a aumentar en el futuro gracias al avance de la computación paralela, la tecnología actual tiene unos límites físicos que no se podrán superar, como ponía en evidencia en una entrevista en estas mismas páginas el premio Nacional



Modelo estructural de la vitamina D (izquierda) y simulación computacional de su potencial electrostático (derecha). Imágenes obtenidas con el programa Spartan.

activo por medio de unas pocas mutaciones", explica Vicente Moliner, cuyo grupo de investigación se ha especializado en el empleo de los computadores de altas prestaciones para el diseño teórico de mejores catalizadores e inhibidores. El resultado de su trabajo, y el de otros químicos computacionales, son propuestas que han de servir de instrucciones para sintetizar fármacos más eficaces o materiales con unas determinadas propiedades.

"Las técnicas computacionales pueden proporcionar una cantidad enorme de información sobre las reacciones químicas en medios complejos, ofreciendo pistas para

mica computacional en nuestro país. "De entre todos ellos emergen las llamadas relaciones estructura-propiedades cuantitativas [QSPR, en sus siglas en inglés], que ahora forman parte de los elementos básicos con que cuentan los químicos para diseñar nuevas estructuras con propiedades bien definidas".

El enorme desarrollo de la potencia de cálculo, así como la puesta a punto de algoritmos matemáticos mucho más efectivos ha permitido a la química teórica y computacional pasar del estudio de pequeños sistemas aislados en fase gas a explorar y caracterizar las propiedades de grandes

de Investigación José Duato, quien participó en el diseño del supercomputador que durante cuatro años fue el más potente del mundo, el BlueGene/L de IBM, con 64.000 procesadores. El BlueGene/L fue diseñado para estudiar el plegamiento de los aminoácidos de una proteína, precisamente.

"Siempre habrá un horizonte que una máquina construida con los principios al uso no podrá superar. Otra cosa será si se construyen máquinas de calcular cuyos principios sean completamente distintos de los actuales. Quizá los llamados ordenadores cuánticos sean la respuesta", apunta Ramón Carbó-Dorca.

Informática 'verde': cuando el problema es también parte de la solución

Cada ordenador deja detrás una tonelada de CO₂ al año y se calcula que las tecnologías de la comunicación son responsables del 2% de las emisiones de este gas. Conforme la huella ecológica se agranda, cada vez hay más empresas dedicadas a explotar el filón de la informática sostenible

Patricia Luna, Londres

No hay más que mirar a nuestro alrededor: los teléfonos inteligentes cada vez colonizan más nuestro tiempo y espacio y algo similar ocurre con los ordenadores. ¿Cuántos recuerda en su casa hace 20 años? Seguramente, uno de aquellos viejos armastostes con grandes torres compartido por toda una familia. ¿Y ahora? Depende de la profesión, pero no sería aventurado pensar que en estos mismos hogares existe, al menos, un portátil por persona.

A medida que nuestra vida se digitaliza e Internet cambia desde la forma de ver la televisión hasta la visita al banco, no es difícil ver cómo la contaminación que procede de la informática y el impacto medioambiental de estar siempre conectado a la red eléctrica aumenta no sólo las facturas de la luz.

La informática es una de las industrias que más contaminación produce en todas sus vertientes. Según un informe realizado por analistas tecnológicos de la consultora McKinsey, las tecnologías de la comunicación (*information and communication technology* o ICT por sus siglas en inglés) son responsables del 2% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) mundiales. No parece mucho, pero esta cifra las situaría al mismo nivel que las tan discutidas emisiones de la industria de la aviación.

Al realizar estimaciones sobre estas cifras los analistas tuvieron en cuenta tanto el uso de la energía y las emisiones que se producen al fabricar y distribuir, ordenadores tradicionales, portátiles, teléfonos móviles, redes de telecomunicación como la energía que se necesita para alimentar el creciente número de centros de procesamiento de datos y redes informáticas que hay en el mundo.

Los mismos expertos auguran que, al ritmo en que las ICT aumentan en el mundo, para el año 2020 esta cifra podría subir hasta el 3%, lo que equivaldría a, por ejemplo, dos veces las emisiones actua-



Montaje fotográfico de la compañía IBM, que ha sido recientemente catalogada como una de las compañías globales más verdes en Estados Unidos, según una clasificación realizada por la revista Newsweek. / IBM

les de un país como Reino Unido.

Sin embargo, el mismo informe habla de que poniendo en práctica varias medidas, las tecnologías verdes en torno a la informática sostenible o *green IT* también podría ser no sólo el problema, sino parte de la solución y podría contribuir a la reducción de 7,8 gigatoneladas de gases invernaderos de forma anual, lo que sería el equivalente a alrededor del 15% de las emisiones globales actuales y cinco veces más de las generadas por esas mismas tecnologías de aquí a 2020.

Pero empecemos por el principio. ¿A qué denominamos informática sostenible y qué abarca?

Fabricar, usar y reciclar

Según San Murugesan, profesor de la Universidad de Western Sydney en Australia, consultor, analista, diseñador de cursos y programas y uno de los teóricos pioneros de la informática sostenible, la infor-

mática sostenible constituye "el estudio y la práctica de diseñar, fabricar, usar y reciclar ordenadores, servidores y subsistemas asociados –tales como monitores, impresoras, dispositivos de almacenamiento y sistemas de comunicación y redes– de forma efectiva y eficiente con mínimo o ningún impacto en el medio ambiente".

Las cifras afirman que cada ordenador dejará tras de sí una tonelada de CO₂ cada año. Pero, además, se utilizarán otras 25 en el proceso de fabricación con materiales que resultan bastante tóxicos y serán difíciles de reciclar.

"Fabricar ordenadores y varios de sus componentes electrónicos o no electrónicos consume electricidad, materias primas, sustancias químicas y agua y genera residuos nocivos para la salud. Todo esto incrementa las emisiones de CO₂ e impacta de forma directa o indirecta el medio ambiente", explica Murugesan. No en vano el proceso de la fabricación de

ordenadores y otros sistemas vinculados con las tecnologías de la comunicación, desde teléfonos móviles a pantallas y puertos USB, es junto con el del reciclado, uno de los más costosos desde el punto de vista medioambiental.

“Los componentes de un ordenador contienen materiales tóxicos. De forma cada vez mayor, los consumidores se deshacen de los viejos ordenadores, monitores u otro equipamiento electrónico dos o

LA INFORMÁTICA SOSTENIBLE NO SÓLO ABARCA EL PROCESO DE FABRICACIÓN Y RECICLAJE, SINO QUE TAMBIÉN CUBRIRÍA PROCESOS COMO EL DISEÑO DE LOS COMPONENTES Y EL PROPIO GASTO DE ENERGÍA DERIVADO DEL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

tres años después de su compra, y gran cantidad de estos componentes terminan en vertederos, contaminando la tierra y, en muchos casos, el agua”, explica el analista.

Sin embargo, la informática sostenible no sólo abarca el proceso de fabricación y reciclaje, sino que también cubriría procesos como el diseño de los componentes y el propio gasto energético derivado del uso de las tecnologías.

Con todo, las tecnologías verdes informáticas no sólo abarcan el proceso de fabricación y reciclaje, sino una gran multitud de campos que abren infinitas posibilidades: desde el diseño de unos productos más eficientes, sistemas para controlar la energía que consumen los ordenadores o la que se utiliza en un edificio, diseño y puesta en marcha de los centros de procesamientos de datos, hasta uso de recursos compartidos a través de servidores virtuales privados, reciclado responsable, creación de políticas favorables al medio ambiente, herramientas de evaluación y medida de la huella medioambiental, utilización de energía renovable y etiquetaje verde de productos.

Es importante destacar también que la informática sostenible y un mejor uso de la energía podrían, a su vez, ayudar a reducir las emisiones en otros sectores, como el de transporte y el industrial.

Un diseño más verde y ecológico podría ser vital, por ejemplo, en el caso de los centros de procesamientos de datos, una de las partes de las ICT que más contamina.

La expansión de Internet conlleva un rápido crecimiento de este tipo de centros, puesto que cada vez más compañías instalan más servidores o incrementan su capacidad. El número de estos centros se ha multiplicado por seis hasta alcanzar los 30 millones en la última década con cada nuevo servidor utilizando más electricidad que el anterior.

Se calcula, según datos difundidos por la consultora especializada en informática Gartner, que las emisiones procedentes de los centros de procesamientos de datos constituye un cuarto de todo el impacto medioambiental de las ICT. Estos mismos centros serían responsables igualmente del 3% del consumo eléctrico anual de un país como Reino Unido, según cifras de la ONG verde Global Action Plan.

Mucha de esta energía se gasta, por ejemplo, en el enfriamiento de las máquinas. Las compañías informáticas han tratado de solucionar este problema desarrollando nuevas tecnologías como líquidos o sistemas de enfriamiento a través de nanofluidos. Por ejemplo IBM, que fue recientemente catalogada como una de las compañías globales más verdes en Estados Unidos, según una clasificación

realizada por la revista *Newsweek*, lleva a cabo desde hace dos años el programa *Big Green*, que incluye iniciativas como un superordenador refrigerado por agua, el mismo sistema aplicado para *chips* 3D y el lanzamiento de unos datos de centros portátiles para empresas que prometen ahorros de hasta el 50% de la energía que utilizan.

Virtualización

La idea de centros portátiles da paso a otro de los sistemas que se están estudiando para reducir el impacto de los PC: la virtualización o la técnica por la que un solo servidor físico alberga múltiples servidores virtuales.

La virtualización pasa por maximizar el espacio de un ordenador que el usuario medio no utiliza. Y, por ejemplo, en Reino Unido ya hay casos de ONG que ensayan la iniciativa a través de un acceso remoto a los servidores, en el que varias personas se conectan al mismo disco duro de un ordenador.

Las ideas siguen floreciendo y las técnicas se van multiplicando a medida que la industria es cada vez más consciente del potencial de ahorro y de la necesidad de ser menos contaminantes, no sólo por razones prácticas, sino también por su valor en la imagen corporativa de una empresa.

Con todo, parece que todavía hay pocas técnicas que pudieran resultar tan sencillas como la que cae por su peso: apagar el ordenador cuando nos vamos de la oficina.

Una encuesta de la Fundación Nacional de Energía Británica afirmaba que el

Alternativas en la oficina

- Componentes más eficientes.** Los avances en diseños de *chips*, como procesadores multitarea, podrían ahorrar del 30% al 60% de la energía utilizada por los procesadores.
- Mejor gestión de la energía.** Casi todos los ordenadores tienen una modalidad de bajo consumo de energía en la que entran automáticamente tras un tiempo de inactividad. Este tipo de técnicas permite consumir muy poca energía y despertar el ordenador rápidamente cuando es necesario.
- Ordenadores portátiles.** En ocasiones utilizan un tercio de lo que consume un ordenador tradicional. Algunas compañías están reemplazando el equipamiento informático de la oficina con portátiles. Igualmente, las pantallas planas son mucho más eficientes que los grandes monitores del pasado.
- Computadoras clientes.** Son terminales que no procesan, pero que pueden conectarse a un servidor central y mostrar su contenido y que podrían ser hasta dos veces más eficientes que un ordenador de mesa.
- Servicios multifuncionales.** Las ya impresoras incluyen la posibilidad de hacer fotocopias o escanear, lo que es más eficiente que tener tres máquinas distintas.

18% de las personas que trabajan en una oficina nunca apagan el ordenador y otro 13% lo dejaba encendido alguna noche a la semana. El gasto de ambos comportamientos se estima en la emisión extra de 700.000 toneladas de CO₂ anuales, justo las que gasta una contaminante gran estación de generación de electricidad.

El ser humano, ya lo sabemos a estas alturas, es menos racional de lo que se presume. En algunos casos, la imposición de la práctica de apagar siempre el ordenador antes de abandonar la oficina reveló a los jefes informáticos algunas de las leyendas y prejuicios en torno a este tema. Algunas personas estaban convencidas de que su ordenador se estropearía antes si lo apagaban todas las noches; otros mantenían el monitor encendido para dar calor a las plantas de su mesa, y otros muchos, simplemente, se negaban a hacerlo por una doble vagancia, la de apagarlo todo antes de irse y la de esperar unos minutos a la mañana siguiente a que el sistema "se despierte".

Detección de puntos calientes

Por eso más que tratar de luchar contra prejuicios y mover la pesada muralla de inducir el cambio del comportamiento, muchas empresas ya trabajan en otros ámbitos: el de crear sistemas que controlen el consumo general de energía en una oficina (incluyendo teléfonos, faxes y otros aparatos) y que apague de forma automatizada los ordenadores o detecte, al menos, los puntos calientes por los que se pierde más electricidad.

También es posible imponer las cosas por la fuerza, a través de la ley. Muchos Gobiernos han impuesto legislaciones que obligan a las compañías a portar una etiqueta que muestra lo ecológico que resulta realmente el producto que están vendiendo tanto con relación a lo que costó fabricarlo como a la energía que consume y en Europa existe desde 2005 una directiva del Parlamento Europeo para promover un diseño y fabricación más favorable al medio ambiente.

Y, por último, siempre queda el recurso del incentivo económico. La empresa Intel resultó galardonada recientemente con un premio en Estados Unidos por ser una de las empresas que más ha hecho para reducir su huella medioambiental.

Entre muchas otras políticas puestas en marcha destacaba una. Los directivos lo vieron claro: vincularon los bonos de los ejecutivos y empleados de la compañía a la reducción de las emisiones de CO₂. Y funcionó.



SHUTTERSTOCK

Otras áreas que podrían beneficiarse de una informática más 'verde'

Según la ONG de conservación medioambiental global WWF, existen posibles usos de las tecnologías de la comunicación que podrían aprovecharse en otros sectores para reducir al menos 100 millones de toneladas de CO₂ de aquí al año 2020.

- **Planificación de ciudades inteligentes.** Despliegue de software de simulación para mejorar el diseño urbano y optimizar la eficiencia energética de las ciudades.
- **Aplicaciones inteligentes.** Utilizar la informática en otras aplicaciones para – Industria inteligente. Despliegue de programas que pueden predecir, simular y analizar la energía utilizada en procesos industriales.
- **Redes inteligentes.** Puesta en marcha de contadores inteligentes y tecnologías de la comunicación en la red de transmisión eléctrica.
- **Trabajo inteligente.** Utilizar la tecnología para trabajar desde casa o remotamente y evitar el transporte en las ciudades o viajes al extranjero.
- **Edificios inteligentes.** Uso de sensores y controles en los edificios para mejorar su gasto energético.
- **Servicios de desmaterialización.** La informática podría ayudar a sustituir los productos físicos y las interacciones, por ejemplo, en la compra a través de internet.
- **I-optimización.** Uso de la informática en procesos de producción para ahorrar energía.
- **Integración de energías renovables.** Utilización de herramientas de simulación, analíticas y de gestión para permitir un mayor uso de energías renovables.
- **Transporte inteligente.** Despliegue de sensores avanzados, modelos analíticos y comunicaciones ubicuas para permitir formas de transporte menos contaminantes.

Cultura-In

Cotec, fundación para la innovación tecnológica, acaba de publicar un informe sobre *La cultura de la innovación de los jóvenes españoles en el marco europeo*. Es una investigación pionera en nuestro país sobre los condicionantes culturales de la innovación en España y una llamada a la necesidad de introducir cambios en nuestra cultura para hacer realidad la cacareada necesidad de innovar, y no seguir perdiendo trenes. Muchos piensan que la creatividad tecnológica determina históricamente el progreso económico. Pero para que ésta se dé hay que derribar los muros que la impiden y en los que se sigue pintando el "que inventen ellos".

Las principales conclusiones de este informe son dos. La primera se refiere a que las mayores tasas de innovación, medidas en patentes por millón de habitantes, se dan en los países en los que más se observa un síndrome cultural caracterizado por el cultivo de la inteligencia, incluyendo la dimensión artística, la confianza en uno mismo y la ecuanimidad en el trato con los demás, una reducida aversión al riesgo, la confianza generalizada en los demás, una corta distancia entre la ciudadanía y las élites políticas y económicas y una gran amplitud de horizontes vitales.

La cultura innovadora, igual que las escalas de valores que maneja el ser humano, tiene siempre un gran trasfondo social que la avala o la rechaza. La creencia en las posibilidades de uno debe estar en consonancia con una sociedad que también cree en ellas. Algo debe de fallar en España, ya que la segunda conclusión de este informe apunta a que nuestro país presenta todavía tasas bajas de innovación, y ello puede deberse, en parte, al escaso desarrollo de ese tipo de rasgos culturales, algo en lo que se ve acompañada por otros países de la Europa mediterránea, y que les separa del resto de países de la UE, especialmente de los del norte de Europa.

"LA CULTURA INNOVADORA, IGUAL QUE LAS ESCALAS DE VALORES QUE MANEJA EL SER HUMANO, TIENE SIEMPRE UN GRAN TRASFONDO SOCIAL QUE LA AVALA O LA RECHAZA. LA CREENCIA EN LAS POSIBILIDADES DE UNO DEBE ESTAR EN CONSONANCIA CON UNA SOCIEDAD QUE TAMBIÉN CREE EN ELLAS"

"Los responsables de la política industrial que fomentan institucionalmente la innovación son los mismos que luego permanecen pasivos ante la venta de activos innovadores o la injustificada desatención de las propias Administraciones públicas a la innovación y el valor añadido nacional competitivo. Son muchos los ejemplos de empresas que alcanzan fuera de nuestro país éxitos tecnológicos que en España no son posibles por razones ajenas a su probada competitividad internacional. En una economía abierta y globalizada, los pequeños innovadores suelen encontrar más problemas a su establecimiento y a su acción exterior que sus competidores", escribe Jesús Banegas, presidente de Aniel, en un artículo.

Cotec cree que el hallazgo de ese síndrome cultural abre una



CARDIEL

nueva vía para el entendimiento de los sistemas nacionales de innovación y plantea nuevos retos para su mejora. Por una parte, no basta con dotarse de los recursos económicos y las instituciones adecuadas, sino que es necesario preocuparse por la calidad de esas instituciones y la cultura subyacente. De hecho, a pesar de los últimos 30 años de economía de mercado, de vida democrática y de expansión del sistema de enseñanza no parece haber mejorado sustancialmente la cultura de la innovación de los españoles.

"La exigencia de innovar se extiende a los paradigmas básicos de una cultura cuando la profundidad de los cambios del entorno hacen imposible la adaptación dentro de los viejos paradigmas", afirma José María Gasalla, profesor titular de Organización de Empresas de la Universidad Autónoma de Madrid.

"Para facilitar, pues, el fluir del pensamiento creativo que desemboque en una actuación innovadora hace falta que aprendamos a funcionar (después de desaprender lo que ya sabemos por nuestra propia experiencia) con un pensamiento sistémico que, además, posibilitará el visualizar y comprender las realidades del nuevo milenio. La innovación es, en un sentido estricto, una exigencia de supervivencia para cualquier sistema cuando el entorno es cambiante. La exigencia de innovar se hace más crítica, más urgente, cuando el entorno cambia más rápido y más profundamente", dice el profesor Gasalla. "La sensación de inseguridad, de pérdida, de angustia ante el futuro e incluso de vértigo ante el movimiento continuo, hace que tendamos a apegarnos a los viejos paradigmas aunque sepamos que ello no nos ayudará".

La necesidad es la madre de muchas cosas y, tal vez, con esta crisis en España se ha puesto en evidencia la necesidad de introducir cambios en nuestro sistema productivo. Como dice Jared Diamond en su libro *Armas, gérmenes y acero*, no es cierto (a lo largo de la historia) que haya continentes en los que las sociedades hayan sido de tendencia innovadora y otros donde hayan sido conservadoras. "En cualquier continente, en determinada época hay unas sociedades innovadoras y otras conservadoras. Además, la recepción a las innovaciones varía con el tiempo dentro de la misma región". Así que, si tenemos en cuenta esta opinión todavía podemos tener esperanza. Tal vez en el futuro España sea un país innovador.

>> Vidrios con una capa metálica que les confiere propiedades de reflexión y control solar

La amplia variedad de productos de vidrio o cristal arquitectónico e industrial de Vitro se emplea en interiores y exteriores de edificios comerciales y residenciales. Vitro cuenta con tres hornos para producir vidrio flotado con tecnología punta y un horno para la fabricación de vidrio impreso. Adicionalmente, Vitro cuenta con instalaciones productivas dedicadas a la transformación del vidrio y cristal flotado, como hornos de templado, líneas de fabricación de espejo y para fabricación de vidrio aislante y reflejante. Isolar Solarlux (marca registrada) es un vidrio con la propiedad de filtrar la luz solar reduciendo la cantidad de radiación que lo atraviesa. Está formado por una luna incolora o de color a la que se le ha aplicado una fina capa de óxidos metálicos que le confiere una apariencia más o menos reflejante. Desempeña una función muy importante en el aislamiento térmico de un edificio, ya que atenúa el flujo de energía y luz solares que inciden sobre un edificio. Esto es básico a la hora de proyectar un edificio y analizar el gasto energético total del mismo. La gama de vidrios Solarlux se divide en dos importantes grupos. Una parte está compuesta por vidrios poco transmisores de luz (muy reflejantes) y la otra por vidrios con una elevada transmisión luminosa (poco reflejantes). Las diferencias entre ambos tipos de Solarlux radica en el tipo de capa usada, el vidrio base sobre el que se aplica y la tecnología utilizada. Isolar Solarlux se define como el acristalamiento aislante en el que en la luna exterior hay instalado un vidrio Solarlux, bien como una luna simple o bien como parte de un vidrio laminado. La extensa gama Solarlux permite la total adaptación e integración del acristalamiento en cualquier proyecto arquitectónico y dota al edificio en cuestión de una estética única y de unas prestaciones luminosas y térmicas inmejorables.

Vitro Tel. 912 778 500

Correo-e: infocristalglass@vitro.com

Internet: www.vitro.com

>> Sistemas para desinfección de aguas residuales mediante canal UV abierto

El sistema ha sido diseñado específicamente para tratamiento secundario de hasta 95.000 m³/diarios (aprox. 4.000 m³/hora) en una amplia gama de transmitancia UV.

Berson, empresa especializada en sistemas de desinfección UV, ha lanzado al mercado su nueva gama de sistemas OpenLine de tratamiento de aguas residuales mediante canal UV abierto. El sistema OpenLine ha sido diseñado específicamente para tratamiento secundario de hasta 95.000 m³/diarios (aprox. 4.000 m³/hora) en una amplia gama de transmitancia UV. Para este fin, usa un nuevo tipo de lámparas amalgamadas de baja presión y alta intensidad que ofrecen estabilidad de emisiones en toda su vida operativa de hasta 14.000



horas. Gracias al diseño flexible y modular del OpenLine, se ha facilitado la instalación y mantenimiento del sistema, por lo cual el sistema de canal UV abierto es ideal para ser aplicado en municipios con bajos requerimientos de flujo. El OpenLine, cuya inspiración ha sido la gama Berson InLine+ de sistemas UV con cámara cerrada, constituye el primer sistema *plug and play* con canal UV abierto que se ofrece en el mercado.

Es fácil su instalación: simplemente se coloca la unidad en una superficie plana, se conectan los conductos de entrada y salida, y ya está listo para ser utilizado. Con esta unidad completamente autónoma, no es necesario instalar cables para lámparas, pasando por los conductos, ni conectar sistemas de alimentación de productos químicos. Los limpiadores automáticos Viton, de larga vida útil, impulsados por un compresor de aire autónomo, mantienen limpias las camisas de cuarzo que rodean las lámparas UV, garantizando así una óptima producción de luz UV en todo momento, y, por otra parte, es fácil ajustar la frecuencia de acción de los limpiadores. Es fácil el acceso a los balastos del sistema, que tienen regulación de entre 50 y 100%. Además, el usuario puede adaptar la interfaz del sistema de control del PLC, según sus requerimientos. También es fácil cambiar las lámparas y realizar otros trabajos de mantenimiento rutinario, que generalmente pueden ser realizados por el personal de planta.

Berson Tel. 91 640 3462

Correo-e: mdelrio@mejoras-energeticas.com

Internet: www.bersonuv.com

>> Sensores con haz de luz compacta y estable que permite la detección fiable del producto

Sick ha desarrollado una nueva gama de sensores bajo el estándar de 25,4 mm (1 pulgada): la serie Sensor Global G6. Estos sensores ofrecen muchas mejoras en cada fase, comenzando con el montaje y terminando con la fiabilidad durante el funcionamiento. Los agujeros roscados metálicos permiten una fácil y muy robusta fijación sin necesidad de utilizar tuercas de bloqueo. Ni siquiera los tornillos fuertemente apretados suponen un problema. Una vez que el sensor está montado, un haz de luz muy visible facilita una rápida instalación y una correcta alineación mediante la tecnología PinPoint. Este led mantiene un haz de luz compacta y estable que permite la detección fiable del producto y ayuda a configurar el sensor. En caso de tener que realizar ajustes en el sensor, la necesidad de emplear herramientas especiales puede ocasionar retrasos. Por este motivo, Sick ha diseñado un potenciómetro giratorio compatible con los destornilladores de estrella convencionales.



Tras la instalación, la supervisión del sensor es un paso esencial para controlar la detección fiable del producto, ya sea mediante la alineación con el reflector o mediante ajustes de configuración para detectar el producto. Dos indicadores led situados tras la

cubierta semitransparente de la carcasa del sensor muestran su estado y son fácilmente visibles desde cualquier posición. Durante el funcionamiento, la fiabilidad viene dada principalmente por las piezas ocultas dentro del sensor: un completo paquete de elementos ópticos y electrónicos. El nuevo chip ASIC integrado en el sensor G6 es el resultado de más de 50 años de experiencia de Sick en el desarrollo de sensores fotoeléctricos. Su software inteligente evita la influencia de la iluminación ambiental, como la radiación solar, luces parpadeantes y la iluminación propia de la sala. Debido a su fuente de luz modulada, el sensor no interactúa con otros. Finalmente, la interferencia de campos electromagnéticos circundantes no afecta al rendimiento del Global Sensor G6. Cumpliendo con las condiciones del estándar de montaje de 25,4 mm (1 pulgada), las mejoras ofrecidas por el G6 generan un claro beneficio para los consumidores en todas las fases de la instalación y establecen una nueva referencia en cuanto a la fiabilidad de los sensores fotoeléctricos.

Sick Optic Electronic Tel. 93 480 31 09

Correo-e: Christian.Flaschka@sick.es

Internet: www.sick.es

>> Nueva pila que amplía la flexibilidad de uso de los detectores de gases Triple Plus+

Ya está en el mercado la nueva pila LIBRA (ensamblado para cambio de pilas de litio) de Crowcon, que puede ser aplicada a todos los modelos actuales y nuevos de detectores de gases Triple Plus+ (TRP+) y Triple Plus +IR (TRP+IR). Gracias a esta pila, se han aumentado las posibilidades de aplicación y fiabilidad de los detectores, habiéndose ampliado su vida útil y ciclos de carga.

La pila LIBRA es más que una simple pila de litio. Cuenta con un microprocesador y circuitos que repiten el sistema del conjunto anterior de pilas de plomo Lead Acid. Por tanto, el usuario puede simplemente cambiar sus pilas Lead Acid por un sistema LIBRA sin tener que modificar su TRP+/TRP+IR ni cambiar el cargador, a pesar de que la tecnología que se usa en las nuevas pilas es mucho más avanzada. Además, con el sistema LIBRA se provee energía de 20 a 30 minutos después de la señal de aviso de pila descargada, permitiendo al usuario terminar su trabajo y, después, cambiarla.

Un factor clave que ha influido en el diseño de esta nueva tecnología es la necesidad de ofrecer a los usuarios actuales alguna solución que pueda responder a sus procedimientos operativos actuales. Por ejemplo, no influye en el requerimiento de tener un voltaje mínimo de operación de 6,3 V.

Crowcon también ha incorporado una señal más potente de aviso de descarga de energía de la pila, con lo cual se demuestra el compromiso de la empresa de ofrecer apoyo a decenas de miles de usuarios de los sistemas TRP+/TRP+IR. Este adelanto se ofrece de forma estándar en todos los sistemas fabricados recien-



temente (después de noviembre de 2009), y también en la introducción de un sistema Eprom de optimización que puede instalarse por vía de un servicio de mantenimiento.

Las pilas de litio ofrecen varias ventajas en comparación con otras tecnologías. Primero, suelen pesar menos que las pilas equivalentes de plomo. Segundo, proveen mucho más energía que las pilas de plomo. Tercero, las pilas de litio retienen su carga, aún en el almacén. Se pueden controlar con más efectividad por medios electrónicos, y, finalmente, no tienen el problema de *memoria*, de manera que se pueden recargar en cualquier momento sin reducir su vida útil ni la duración del ciclo, gracias a lo cual extienden su vida útil y los ciclos de carga.

Si se considera una semana laboral de cinco días, un año de 48 semanas y un detector de gases que se recarga todas las noches después de cada día de trabajo, la pila tendrá 240 ciclos anuales de recarga. En estas condiciones, el sistema LIBRA ofrece dos años de ciclos de carga sin ninguna reducción de tiempo de funcionamiento. Al final de los siguientes 240 ciclos de carga, es posible que se experimente una reducción del 25% del tiempo de funcionamiento. Por tanto, el sistema ofrece como mínimo tres años de uso fiable, suponiendo patrones extremos de recarga. Este tiempo se prolongará si la carga de la pila no se usa en su totalidad, o si no se recarga con tanta frecuencia.

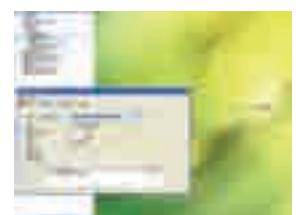
Crowcon

Correo-e: adina.christescu@crowcon.com

Internet: www.crowcon.com

>> Solución de almacén caótico que reduce los costes de almacenamiento

Datisa, compañía española especializada en el desarrollo y comercialización de software ERP, presenta su nueva solución para la Gestión de Almacenes Caóticos GDA 6.4. La misma ofrece a las *pymes* un control total de todo su proceso de gestión de mercancía (entradas, salidas y ubicación) y, además, les permite aprovechar las ventajas del método de gestión de almacén por multi-ubicación, que permite conseguir hasta el 25% más de espacio en almacén, frente a los métodos de gestión tradicionales.



De cara a la recepción de la mercancía, el programa permite obtener etiquetas de los artículos señalados incluyendo un código de barras EAN-13. Despues, se procede a la verificación automática de la mercancía y, si todo está correcto, se elabora el albarán de entrada en el almacén que se transmite posteriormente a administración. Si se produjera alguna discrepancia, el programa puede confeccionar un documento de regularización.

Más tarde, el aplicativo recomienda una determinada ubicación para los artículos recibidos. Para confirmar la localización real de los mismos en el almacén, se puede grabar en el programa un histórico, sugiriendo para cada artículo una ubicación, fecha, entrada, cantidad y operarios determinados.

CIENCIA

España participará en el nuevo centro europeo de investigación en física nuclear

En el programa científico de FAIR participan 2.500 investigadores de todo el mundo. En España, el profesor Benlliure coordinará a más de 120 científicos de 10 Universidades, de tres institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y del Centro de Investigaciones Energéticas, Tecnológicas y Medioambientales. El centro, que se emplazará en la ciudad alemana de Darmstadt, surge para dar respuesta a preguntas tan fundamentales como cuál es el origen de la masa de la materia o dónde y cómo se crean en el universo los elementos químicos presentes en la Tierra, así como entender la menos conocida de las cuatro interacciones fundamentales presentes en nuestro universo: la interacción fuerte. Permitirá, además, desarrollar aplicaciones en el campo de la física médica, la energía y los nuevos materiales. El centro estará equipado con un moderno sistema de aceleradores para producir núcleos exóticos que permitirán estudiar la estructura de la materia en el aspecto subatómico.

Transmisión mecánica sin contacto entre piezas mediante fuerzas magnéticas

Investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) coordinan el proyecto internacional MAGDRIVE, que trata de desarrollar un nuevo concepto de transmisión mecánica sin contacto entre piezas basada en fuerzas magnéticas, que evita la fricción y el desgaste y hace innecesaria la lubricación de las piezas. "Además, este tipo de mecanismo, que es el encargado de transmitir potencia entre varios elementos dentro de una máquina, debe ser posible de llevar al espacio y hacer que pueda operar durante años sin tener ningún tipo de avería o incidencia semejante", explica el profesor José Luis Pérez Díaz, del Departamento de Ingeniería Mecánica de la UC3M, que es el coordinador de este proyecto de tres años. Las características básicas del diseño que están planteando los investigadores para conseguir que no haya un contacto físico entre las partes móviles de la transmisión se basa en la utilización de fuerzas magnéticas.

Impulso a los chips ópticos más baratos mediante el proyecto Paradigm de la UE

Los chips ópticos funcionan con pulsos de luz en lugar de mediante señales electrónicas. Aunque los datos ya se transmiten de forma óptica a través de cables de fibra de vidrio, hay un enorme potencial para un empleo mayor de chips ópticos en ordenadores y procesadores. Su tecnología posee una gama extensa de aplicaciones. Por ejemplo, los sensores de fibra pueden utilizarse para medir la tensión en puentes, aeroplanos o álabes de aerogeneradores y emitir alertas antes de que la estructura se sobrecargue. Los chips ópticos pueden utilizarse también en equipo médico y ordenadores. El equipo de Paradigm calcula que podrían suponer en un futuro casi el 10% del mercado de la microelectrónica. Europa mantiene una posición de liderazgo en el desarrollo de chips ópticos gracias, en parte, a proyectos comunitarios en marcha para estandarizar la integración tecnológica de la óptica.

En cuanto a las operaciones relacionadas con la salida de los artículos del almacén, GDA 64 determina los albaranes que se van a servir e informa de qué mercancías tienen mayor prioridad de salida. A continuación, el programa efectúa la emisión de etiquetas de envío por bultos incluyendo código y descripción, cliente y dirección de entrega. Después, se procede a realizar el informe de carga y a la verificación de la salida de los artículos.

Asimismo, GDA 64 ofrece otras funciones adicionales, como la reubicación de los artículos y la realización de inventarios y de informes de discrepancias. También ofrece la función *cross docking*, para cuando el material pasa por el almacén tan sólo para el proceso de distribución, en cuyo caso el material se tralada de los muelles de entrada del material a los de salida. Así, se asigna automáticamente el material recibido de los proveedores a los pedidos de los clientes. GDA 64 es un módulo complementario al programa de gestión comercial de Datisa, Gesda, así como al programa para la gestión de establecimientos especialistas en neumáticos, Giranda. De manera integrada a estas soluciones, GDA ofrece una solución completa para la gestión de almacén y la posibilidad de conectarse a un módulo complementario de PDA para facilitar la movilidad dentro del almacén.

Datisa Tel. 91 715 92 68

Internet: www.datisa.es

>> Piezas mecánicas y rodamientos para el sector agroalimentario con cualidades específicas

El grupo NTN-SNR, uno de los líderes europeos del sector de los rodamientos y el tercer fabricante más importante del mundo, acaba de lanzar su nueva gama de rodamientos



diseñados especialmente para el sector agroalimentario. Sea cual sea la calidad y características de los ingredientes utilizados en un proceso alimentario, éstos resultan a menudo «indigestos» para las piezas mecánicas y, especialmente, para los rodamientos. Los problemas físico-técnicos se concentran: materias adherentes y pulverulentas, requisitos sanitarios, higienización frecuente, variaciones de temperatura y presencia de humedad. Las piezas mecánicas y los rodamientos deben, por tanto, presentar cualidades específicas como: ser resistentes a temperaturas extremas, sean altas o bajas, afrontar de manera satisfactoria los ambientes húmedos o con proyecciones de agua, soportar eventuales vibraciones, rectificar los defectos de alineamiento de las instalaciones y garantizar óptimos niveles de higiene y seguridad.

Para ello, NTN-SNR dispone de varias gamas de productos muy adecuadas a las necesidades de los industriales más exigentes:

- Rodamientos de bolas Topline: esta gama responde a problemas de funcionamiento muy precisos en productos adaptados. La diferencia de temperatura, la velocidad y la seguridad son criterios fundamentales para la óptima elección de la serie.

- Rodamientos de rodillos a rótula (UA o EF800): especialmente concebidos para las aplicaciones vibrantes o bancos de clasificación, como jaula maciza monobloque para una excelente resis-

tencia a los choques, jaula centrada sobre cuerpos rodantes para evitar cualquier bloqueo de ésta en caso de variaciones térmicas.

- Rodamientos de rodillos a rótula estancos: pensados para reducir el número de operaciones de mantenimiento y aumentar la vida útil de los equipos. Esta gama limita la penetración de impurezas en el rodamiento y retrasa el deterioro de la grasa y del rodamiento.

- Soportes autoalineantes en acero inoxidable o en material termoplástico que presentan resistencias excepcionales a la corrosión y a los agentes térmicos.

- Rodamiento con lubricación sólida: en este caso, el reengrase no es necesario. Ofrece una gran resistencia a la contaminación y evita las fugas de grasa. Estos rodamientos han sido, sobre todo, diseñados para ser empleados en caso de fuerza centrifuga y vibraciones.

SNR-Rodamientos Ibérica Tel. 91 671 89 13

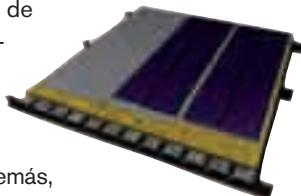
Correo-e: marianne.guillot@snr.es

Internet: www.ntn-snr.com

>> Amplia gama de sistemas y acabados para cubiertas industriales y edificios logísticos

La empresa Acieroid goza de una gran experiencia en la realización de cubiertas singulares, tanto por la complejidad geométrica requerida como por los materiales utilizados. Ofrece, además, una gama muy amplia de sistemas y acabados para cubiertas industriales, edificios logísticos y centros comerciales. Cuenta con un gran abanico de sistemas y acabados para cubiertas planas e inclinadas y su catálogo incluye cubiertas Deck, con acabado bituminoso o sintético, cubiertas sándwich in situ, cubiertas de panel prefabricado, sistemas de iluminación y ventilación y una amplia gama de colores y revestimientos. La cubierta Deck es un sistema laminado de silicio amorfo sobre FPA. Con un rendimiento de unos 100 kWp (por cada 2.300 metros cuadrados), la inclinación es la misma de la cubierta. Ofrece una resistencia al viento ilimitada y una eficiencia del 4,4%. Por otra parte, ejerce una carga sobre cubierta de menos de 5,5 kg por metro cuadrado.

Asimismo, se puede aplicar en obras de rehabilitación, sobre cubiertas ya existentes, ofreciendo un refuerzo de la estanqueidad y captación solar en un mismo producto por cada 2.800 metros cuadrados. Esta cubierta no repercuta cargas de viento y es muy ligera, no requiere perforar la impermeabilización y se adapta a la forma de la cubierta. Tampoco necesita estructura de orientación y no crea obstáculos en la cubierta. Además, puede formar parte de la única impermeabilización y ampliarse con más lámina adherida sobre la existente. Asimismo, presenta menos pérdida de rendimiento por calor, capta bien la luz difusa, es irrompible y presenta poca sensibilidad a los daños concretos. Por otra parte, cabe destacar que no es visible desde el exterior, es resistente al robo y al vandalismo y ofrece una mejor optimización del espacio por orientación libre. También cubiertas acristaladas



Nuevo recubrimiento plástico resistente al rayado para vehículos y electrodomésticos

El Instituto Tecnológico del Plástico (Aimplas) ha participado en el desarrollo una nueva tecnología que crea un recubrimiento resistente al rayado, a un precio competitivo y respetuoso con el medio ambiente. El nuevo material es aplicable a vehículos y electrodomésticos. Este nuevo recubrimiento soluciona el problema de la mayoría de los materiales plásticos, que en comparación con otros materiales como los cerámicos, el vidrio y metales, se rayan con más facilidad, lo que limita su uso. Según los expertos de Aimplas, esta novedosa tecnología, basada en autoensamblaje molecular, para plásticos convencionales y de altas prestaciones, aportará a las empresas grandes beneficios, tanto desde el punto de vista de costes como de calidad, ya que se sustituyen materiales por otros más baratos y se mejoran sus propiedades. Una de las principales ventajas de esta innovadora tecnología, enmarcada en el proyecto Nanoscratch, es su mejora de la sostenibilidad medioambiental.

El CDTI se reorganiza para ser centro de referencia estatal en innovación

La ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, ha asistido a la presentación de la reorganización funcional del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) en la que han participado el secretario general de Innovación, Juan Tomás Hernani, y el director general del CDTI, Arturo Azcorra. En esta nueva etapa, el CDTI se constituye en un centro clave dentro de la estrategia estatal de innovación y tendrá como misión principal contribuir a transformar la actual economía española en una economía sostenible basada en la innovación que habrá de concretarse en el desarrollo de productos y servicios tecnológicos orientados a los mercados internacionales. Esta nueva organización, que se vertebraliza por áreas tecnológicas y sectores de actividad, prevé un cambio de filosofía en la relación con las empresas y en la prestación de servicios a las mismas.

Nuevo acercamiento para conseguir la computación cuántica

Un equipo internacional de investigadores dirigido por científicos de la Universidad de Bristol (Reino Unido) ha desarrollado un nuevo método de computación cuántica que podría utilizarse en breve para realizar cálculos complejos imposibles para los ordenadores actuales. La investigación recibió fondos del proyecto Quantip (fotónica integrada cuántica), financiado, a su vez, con algo más de dos millones de euros a través del séptimo programa marco de la Unión Europea. El estudio se presentó en la revista *Science*. Estos científicos desarrollaron un chip de silicio que podría emplearse para realizar cálculos y simulaciones de gran complejidad gracias al empleo de partículas cuánticas y confían en que su dispositivo abrirá un nuevo camino hacia la computación cuántica, un tipo de ordenador de gran potencia que emplea bits cuánticos (qubits) en lugar de los bits empleados en la actualidad.

MEDIO AMBIENTE

Proyecto de la Fundación Entorno para reforzar el compromiso con la sostenibilidad

Fundación Entorno-Consejo Empresarial Español para el Desarrollo Sostenible es una organización privada al servicio de las empresas que desean reforzar su compromiso con el desarrollo sostenible. Desde marzo de 2006 pertenece a la red regional del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) de España. El Grupo de Trabajo sobre Responsabilidad Corporativa y Desarrollo Sostenible de Fundación Entorno-BCSD España ha lanzado RC Outlook, un proyecto que trata de cuantificar la aportación real de las empresas a la sostenibilidad. Representa un compromiso de comunicación de su contribución conjunta en materia de responsabilidad corporativa. El sistema tiene como objetivo informar a la sociedad de esa contribución a través de indicadores cuantitativos en grandes áreas: desarrollo económico, empleo, personas, capital humano, medio ambiente y buen gobierno y comunicación.

Lubricantes con ecoetiqueta para sistemas hidráulicos móviles como para estacionarios

Los productos BioSafe HO, tanto del género SE como del XE, fabricados por la empresa finlandesa Binol BioSafe Oy, han sido certificadas con la Ecoetiqueta Ecológica Europea en la sección de "lubricantes". Los BioSafe HO SE son aceites hidráulicos basados en esteres sintéticos, producidos a partir de recursos renovables, como son los aceites vegetales. Estos productos son recomendados tanto para sistemas hidráulicos móviles como para estacionarios. BioSafe HO SE tiene un gran nivel de viscosidad, una alta estabilidad al cizallamiento y buenas propiedades de lubricación. BioSafe HO SE posee gran variedad de productos, clasificados en cuatro grados diferentes. La correcta elección del mismo depende de su aplicación, la temperatura del ambiente y las condiciones de trabajo. Generalmente, HO 15 SE y HO 32 SE son recomendados para trabajar a bajas temperaturas, mientras que HO 68 SE es recomendado para altas.

Ladrillos de lana y arcilla, nueva fórmula para conseguir una construcción más sostenible

Investigadores españoles y escoceses han añadido fibras de lana al material arcilloso con el que se fabrican los ladrillos y las han unido con alginato, un polímero natural que se extrae de las algas. El resultado son unos ladrillos más resistentes y ecológicos, según acaba de publicar la revista *Construction and Building Materials*. Las fibras de lana se han añadido al material arcilloso del ladrillo, que utiliza como conglomerante el alginato, un polímero natural de las paredes celulares de algas marinas. Según los tests mecánicos realizados, el compuesto es el 37% más resistente que otros ladrillos de tierra estabilizada, sin cocer. Los suelos arcillosos han sido proporcionados por fabricantes de ladrillos escoceses, de donde también proviene la lana, ya que la industria textil local no consume toda la que produce. El enfoque es obtener un material adecuado para condiciones climáticas adversas, como las específicas de Reino Unido.

responden a exigencias simultáneas de transparencia y estanqueidad tanto en realizaciones de gran tamaño (atrios) como en formatos reducidos (lucernarios). El diseño y construcción de cubiertas acristaladas se basa en sistemas de muros cortina de montantes y travesaños, y el vidrio utilizado es siempre de doble acristalamiento con la hoja interior laminada para prevenir posibles caídas por rotura de la hoja exterior.

Acieroid dispone también del sistema Aczip, que es un cerramiento metálico realizado a partir de bandejas que, si la longitud lo requiere, pueden ser perfiladas a pie de obra. Las bandejas se ensamblan entre sí y a los clips de anclaje mediante un rebordeado a máquina que genera una unión por cierre a presión, de tal manera que el producto final resultante es un elemento continuo, sin uniones abiertas. Esto permite obtener una estanqueidad absoluta y reforzar el aspecto estético del acabado.

Acieroid Tel. 932 616 300

Correo-e: informacion@acieroid.es

Internet: www.acieroid.es

>> Botellas estériles para recogida de aguas para su posterior análisis físico-químico

El grupo Deltalab posee una experiencia de más de 30 años fabricando y comercializando materiales de laboratorio para análisis clínicos, químicos e industriales y productos para el sector del packaging.



Las botellas estériles para la recogida de aguas de Deltalab tienen el cuerpo y el tapón fabricados en polietileno. El cuerpo es rectangular, con los lados estrechos ranurados para un mejor agarre. Los lados de mayor superficie son planos para el etiquetado y el tapón es rojo con precinto y anillo interno de seguridad. Llevan cierre hermético y son estériles por radiación. Cada botella se etiqueta con indicación de descripción, código, lote, y fecha de caducidad. Las botellas pueden ser de 500 y 1.000 ml, con un diámetro interno de la boca de 28 mm y están disponibles con y sin tiosulfato de sodio. Con tiosulfato líquido (24 mg/l) son ideales para el análisis de aguas de consumo humano, piscinas y aquellas aguas en que la presencia del cloro pueda modificar la composición de la muestra durante el transporte (legionella o residuales). Vacías, sin tiosulfato, son ideales para la recogida de agua para el análisis físico-químico, así como para otros análisis que requieran un envase estéril. Deltalab cuenta también con una gama de bidones en polietileno de alta densidad, disponibles en color blanco. Estos bidones incorporan asa y visor graduado de molde en uno de los laterales, lo que permite ver el contenido. Se suministran con tapón de seguridad a prueba de niños a rosca con precinto y con junta interna y estriado para una mejor manipulación. Son aptos para uso alimentario y se suministran sin roscar.

Deltalab Tel. 936 995 000

Correo-e: marketing@deltalab.es

Internet: www.deltalab.es

>> Film extremadamente técnico construido en varias capas mediante técnicas de extrusión

Propack, compañía italiana, ofrece servicios a las empresas que necesitan conservar la calidad de sus productos en el tiempo. Los cambios de temperatura y grado de humedad pueden causar daños a los productos terminados. Las líneas Propack se han desarrollado para prevenir estos daños, proporcionando y actualizando los instrumentos necesarios para controlar y neutralizar los posibles agentes nocivos. Entre ellas está Stirofilm, que es un *film* extremadamente técnico, construido en varias capas. Mediante técnicas de extrusión y una particular mezcla de resinas poliolefínicas de última generación, Stirofilm presenta buenas características en cuanto a resistencia, tanto mecánica como a la perforación. Adecuado para cubrir y forrar cajas para el transporte y/o el almacenamiento, también es muy efectivo en caso de sobreposición de cajas o cajones y es muy resistente a la fricción, muy frecuente durante el almacenamiento. El embalaje de jaulas o cajas con Stirofilm garantiza un óptimo grado de protección contra los elementos a la intemperie, incluso en caso de repetidas sobreposiciones y elevada fricción.

A pesar de su notable resistencia, es un material fácil de manejar y no es agresivo, por lo que sustituye con gran eficacia las chapas que se usan para cubrir los cajones y jaulas de madera y puede ser utilizado también para forrar paredes internas y externas en estos mismos cajones y jaulas. Además, no se oxida, protegiendo de la mejor manera su embalaje hasta su llegada a destino, incluso después de prolongados almacenamientos.

Es totalmente recicitable y fácil de usar; basta una simple grapadora para fijarlo a la caja de madera. De ser necesario, Stirofilm también puede ser termosoldado. Tratamientos especiales tales como el tratamiento anti-UV confieren al producto una gran resistencia a los elementos. Además, constituye una excelente barrera contra la humedad ambiental y es totalmente impermeable al agua. Óptimo para efectuar almacenamientos a la intemperie. Puede suministrarse en bobinas con altura máxima de ocho metros y también está disponible en hojas.

Propack

Correo-e: export@propack.eu
Internet: www.vci-propack.com



>> Solución portátil para una medición clara y detallada de la vibración triaxial mediante USB

FastTracer es la solución moderna y portátil para la medición y análisis triaxial de las vibraciones. Puede ser utilizada en diversos campos de aplicación, como programas de mantenimiento predictivo y periódico, en ensayos, en el análisis estructural, en el diagnóstico funcional de máquinas y en la asistencia técnica y didáctica, además de constituir un eficaz soporte en proyectos de investigación y desarrollo.



tural, en el diagnóstico funcional de máquinas y en la asistencia técnica y didáctica, además de constituir un eficaz soporte en proyectos de investigación y desarrollo.

FastTracer, se conecta directamente a un puerto USB del PC donde es posible asociar a cada punto de medición una identificación única e inmediata de las eventuales fallas. El diagnóstico de las máquinas bajo inspección puede realizarse utilizando el sistema de umbrales y mensajes. Éstos pueden ser ajustados previamente de forma individual, permitiendo, de esta manera, efectuar revisiones que podrán ser ejecutadas por personal no necesariamente experto y garantizar así una intervención muy rápida y precisa además de una sustancial economía en los costos de mantenimiento.

El FastTracer está dirigido al operador experto interesado en el conocimiento completo del procedimiento de análisis. Sin embargo, un amigable software de aplicación lo convierte en un sistema sumamente simple de operar para el técnico de mantenimiento, interesado solamente en la comparación de los umbrales durante las tareas de control y verificación. Gracias al poderoso software es posible examinar los datos adquiridos y obtener una noción completa y profunda de la vibración con el análisis en el tiempo, de frecuencia y con la medición automática de RMS, aceleración, velocidad y desplazamiento. La utilización del PC como interfase permite la visualización de datos y señales para el análisis de fallas en tiempo real, además de simplificar el registro y archivo de los datos adquiridos, usados para la creación de reportes automáticos.

Los archivos generados por el software pueden ser enviados a través de Internet para el soporte a distancia como comparación con archivos centralizados o para el simple resguardo de datos o para el posprocesamiento de los mismos. Una operación necesaria para el funcionamiento correcto de las máquinas y plantas, que, a menudo, no se cumple debido a su complejidad, es ahora simple e intuitiva aún por el personal menos experto.

La tecnología de adquisición de datos usando un sensor capacitivo tipo MEMS ha conferido al dispositivo un elevado grado de miniaturización. Para aquellos casos en los que la instalación con tecnologías tradicionales se dificulte, existe la opción de comunicación inalámbrica.

FastTracer no necesita una calibración periódica porque está equipado con un sistema de autodiagnóstico que verifica el correcto funcionamiento del instrumento y puede dar aviso al operador en caso de fallas garantizando la certeza en las mediciones efectuadas durante toda la vida operativa del dispositivo.

Las destacadas características técnicas del FastTracer lo convierten en la solución óptima para cualquier análisis, tanto en el sector industrial como en el área de investigación y análisis estructural. En industria se usa en aplicaciones en motores, turbinas, engranajes, cojinetes, ventiladores y sistemas complejos, para una rápida visualización de la carga y del desgaste de piezas mecánicas analizadas. En investigación y análisis estructurales se usa en la supervisión de edificios, puentes y estructuras en general gracias a su elevada sensibilidad a las vibraciones en baja frecuencia.

Sequoia

Internet: www.sequoia.it

EMPRESAS

Soluciones para ahorrar en los costes de suministros eléctricos

La subida gradual del precio de la energía eléctrica, más del 23% en dos años, ha supuesto un aumento de los costes energéticos de las empresas y, por tanto, una pérdida de competitividad. Desde Ipsom, consultora especializada en el ahorro de costes energéticos, se dan una serie de sencillas pautas que pueden poner en marcha las empresas con el fin de disminuir los costes en suministro eléctrico. Por ejemplo, la nueva tecnología existente en sistemas de iluminación reduce los costes de mantenimiento y aumenta la vida útil de las instalaciones. Tal como se destaca desde Ipsom, en el caso de la tecnología de iluminación leds, se pasa de 50.000 horas de funcionamiento frente a las 10.000 o 15.000 que se tienen con sistemas tradicionales. Así, la sustitución de los fluorescentes por la tecnología led, aunque supone una inversión, tiene como resultado una disminución de hasta el 80% en el coste energético.

Ladrillos de lana y arcilla, nueva fórmula para conseguir una construcción más sostenible

Investigadores españoles y escoceses han añadido fibras de lana al material arcilloso con el que se fabrican los ladrillos y las han unido con alginato, un polímero natural que se extrae de las algas. El resultado son unos ladrillos más resistentes y ecológicos, según acaba de publicar la revista *Construction and Building Materials*. Las fibras de lana se han añadido al material arcilloso del ladrillo, que utiliza como conglomerante el alginato, un polímero natural de las paredes celulares de algas marinas. Según los tests mecánicos realizados, el compuesto es el 37% más resistente que otros ladrillos de tierra estabilizada, sin cocer. Los suelos arcillosos han sido proporcionados por fabricantes de ladrillos escoceses, de donde también proviene la lana, ya que la industria textil local no consume toda la que produce. El enfoque es obtener un material adecuado para condiciones climáticas adversas, como las específicas de Reino Unido.

Premios que reconocen el liderazgo industrial ejemplar y destacan la innovación

Cuatro compañías españolas de energía están entre las provenientes de 21 países que han sido escogidas como finalistas en los Premios de Energía Global Platts, un programa anual que reconoce el liderazgo industrial ejemplar. Los finalistas de 2010, seleccionados entre más de 200 nominaciones, han sido anunciados esta semana por el programa anfitrión Platts, el proveedor líder global de información sobre energía. Los directores ejecutivos Antonio Brufau, de Repsol, y Rafael Villaseca, de Gas Natural Fenosa, se encuentran entre los 12 finalistas de la competencia para el Premio Director Ejecutivo del Año. También se encuentran dentro de la lista de preseleccionados: Repsol para Operaciones Línea Abajo del Año, Fomento de Construcciones y Contratas, S.A. (FFC) por Innovación en Tecnología Sostenible del Año e Iberdrola en Programa de Eficiencia Energética del Año- Proveedor de Energía.

>> Medidor que analiza las concentraciones de partículas en polvo y granulados

Labopolis Instruments, dedicada a la distribución y comercialización de material fungible y equipos de laboratorio, ofrece soluciones integrales a las necesidades de laboratorios.



DustMon L es un medidor de partículas que mide la cantidad de partículas en polvo y granulados. Es un nuevo sistema de medición basado en técnicas de medición existentes. Su robusto diseño garantiza al usuario una larga durabilidad con resultados fiables. Disponible en dos versiones, se compone de un sistema de control de dosificación con válvula de mariposa, tubo desmontable fácil de ajustar dentro y fuera del cuerpo, colector de muestra, fuente de luz y detector. La muestra se introduce en el vaso situado encima del tubo. Tras iniciar la medición, la válvula se abre y la muestra baja por el tubo al colector de muestra. El polvo de la muestra se eleva hasta el área de medición entre la fuente de luz y el detector. Dependiendo de la concentración de polvo la intensidad de la luz disminuye, indicación directa de la cantidad de polvo de la muestra. Hay dos versiones: en la que el usuario obtiene los resultados a través de una pantalla integrada, y la versión PC, que incluye software para Windows que permite guardar los resultados, la información de la muestra, el tiempo y el día de la medición, gráficos en pantalla, hasta seis superposiciones de mediciones, exportar datos a una base de datos externa o Excel, seleccionar diferentes rangos de medición y establecer límites.

Labopolis Instruments Tel. 931 858 877

Correo-e: info@labopolis.com

Internet: www.labopolis.com

>> Módulo para realizar análisis completos de datos basados en nubes de puntos

La disponibilidad de sensores basados en láser u ópticos (escáneres en 3D) ofrece la oportunidad de obtener altas densidades de puntos con buena precisión y de esta manera incrementar significativamente las capacidades y funcionalidades de los instrumentos de medida. Metrologic Group ha desarrollado su nuevo módulo de nubes de puntos y está completamente integrado como parte de la línea de productos de Metrolog, software para satisfacer sus siempre crecientes necesidades de medición. El módulo de nube de puntos se ofrece hoy como un nuevo módulo opcional a todos los usuarios de Metrolog. Tiene la posibilidad de captar y realizar análisis completos de datos basados en nubes de puntos, que vengan de fuentes externas o de escáneres en 3D conectados directamente a Metrolog. Esta nueva función puede usarse en conjunto con equipos portátiles o más convencionales sistemas de medición basados en láser manual



o DCC. La perfecta y extensa integración de este módulo de captación de datos y análisis junto con las ya disponibles y renovadas funcionalidades de Metrolog nos permite ofrecer hoy la herramienta más capaz y versátil disponible en él. Metrologic Group también ha desarrollado un kit de Retrofit completo adaptable a cualquier máquina de medir 3D y capaz de integrar la mayoría de los sensores ópticos existentes en el mercado, permitiéndole elegir la mejor combinación posible de actualizar su CMM.

Metrologic Tel. 945 291 089

Correo-e: infosp@metrologicgroup.es

Internet: www.metrologicgroup.es

>> Alimentadores led convertibles que funcionan con distintas fuentes de alimentación

GlacialTech, proveedor de soluciones ecológicas y económicas en los ámbitos de refrigeración y recarga, productos led, tanto para aplicaciones industriales como comerciales, presenta ahora cuatro nuevas series de alimentadores led convertibles: GP-LS100P(A) y GP-LS150P(A), bajo la marca de GlacialPower y que pueden utilizarse como fuentes de alimentación para equipos industriales.

Todos los modelos de estas series pueden funcionar en modo de regulación de voltaje constante (CV) o modo de regulación de corriente constante (CC) para alimentadores de led o fuentes de alimentación industriales. La integración de los modos de regulación CV y CC permiten a estos modelos matar dos pájaros de un tiro.

Cuando se trata de alimentadores led, están disponibles las series no regulables GP-LS100P/GP-LS150P y las series con temporizador GP-LS100PA/GP-LS150PA distinguibles en estos dos formatos dependiendo de si incluyen en su nomenclatura el sufijo "A". Incluyendo un microcontrolador inteligente para llevar a cabo una temporización específica, los GP-LS100PA y GP-LS150PA tienen su salida de corriente individual fijada al 100% durante las primeras siete horas y luego se reduce al 50% para un mayor ahorro de energía.

Las series LS100P(A) y LS150P(A) están específicamente diseñadas para trabajar conjuntamente con productos led de alto brillo, como las farolas, faros de gran altura, focos, etcétera, así como para regular el voltaje y la corriente de salida de la manera más eficiente. Merece especial atención la innovadora tecnología de microcontroladores basados en temporizadores para ahorrar energía, incluida en las series LS100PA y LS150PA. Estas series han sido estrictamente fabricadas con componentes de circuito de gran calidad, superando los más rigurosos controles de calidad y pruebas de fiabilidad e incluyendo una conciencia de protección ante posibles quemaduras, transmitiendo así la máxima tranquilidad y seguridad a los usuarios.

GlacialTech

Internet: www.GlacialTech.com



>> Inversores con transformador que permiten la conexión directa a la red de distribución

Los inversores HP 250 HV de Rielo con transformador permiten la conexión directa a la red de distribución de baja tensión garantizando su separación galvánica del equipo de corriente continua. El dimensionamiento amplio del transformador y de los demás componentes del inversor permite una elevada eficiencia de conversión y garantiza un rendimiento que se sitúa entre los más altos de los aparatos de la misma categoría.

El algoritmo de búsqueda del punto de máxima potencia (MPPT), implementado en el sistema de control de los inversores HP, permite aprovechar completamente, en cualquier condición de radiación y de temperatura, el generador fotovoltaico haciendo que el equipo trabaje constantemente con un rendimiento máximo. En el caso de ausencia de sol, el convertidor se sitúa inmediatamente en *stand by*, retomando el funcionamiento normal cuando vuelve el sol. Esta característica permite reducir al mínimo el autoconsumo y maximizar la producción de energía. Todas estas características, junto con una cuidadosa selección de los componentes y de la producción con calidad garantizada, de conformidad con los estándares ISO9001, hacen que los inversores trifásicos con transformador de la serie HP sean extraordinariamente eficientes y fiables, garantizando una producción de energía al máximo nivel.

Los inversores de la serie HP disponen de una interfaz intuitiva hombre-máquina, constituida por una pantalla y un teclado integrados, a través de los cuales es posible tener bajo control los principales parámetros del sistema fotovoltaico e interactuar con el mismo controlando su funcionamiento. La pantalla y el teclado facilitan el diagnóstico y la resolución de los eventuales problemas de funcionamiento local; además es posible interactuar con el inversor a distancia a través de los medios habituales (conexión local de serie, *local area network*, GSM, etcétera) por medio de puertos de comunicación RS232/RS485 para conocer el estado del equipo y efectuar valoraciones y estadísticas sobre su funcionamiento.

El volumen es muy reducido. En efecto, no es necesario prever espacios laterales o posteriores en el aparato dado que se puede acceder completamente de forma frontal a la electrónica y los complementos. El funcionamiento, completamente automático, garantiza una considerable sencillez de uso y de instalación, así como una puesta en funcionamiento facilitada que permite evitar errores de instalación y configuración que podrían generar averías o reducción de la productividad del equipo. Los inversores HP con transformador de aislamiento en baja frecuencia responden plenamente a las normas europeas de seguridad LVD, EMC y a la normativa italiana e internacional relativa a la conexión en paralelo a la red pública de distribución.

Rielo Solar Tel. 902 026 654

Correo-e: info@rielosolar.es



ALMERÍA

» El sector de las energías renovables se cita con la innovación en la nueva feria Renueva

Las energías renovables tienen una cita imprescindible con la innovación en Renueva, la feria del sector que se celebrará en el Palacio de Congresos de Almería, el 16 y el 17 de febrero de 2011. El evento, que sustituye a la anterior Feria de Energías Renovables y Tecnologías del Agua (Feryta), persigue convertirse en centro de referencia de la industria, nacional e internacional en el sur de España en un entorno como Almería, una provincia que cuenta con una media de 320 días de sol al año y más de 30.000 hectáreas de invernaderos, y que demanda aplicaciones de este tipo de tecnologías para aprovechar las cubiertas de plástico o la instalación de sistemas geotérmicos.

HANÓVER

» Hasta 13 sectores clave presentan las tecnologías más relevantes globalmente

La ciudad alemana de Hanóver acogerá del 4 al 8 de abril de 2011 una nueva edición de Hannover Messe, la muestra de innovaciones más importante del mundo en la que empresas de 13 sectores clave internacionalmente presentarán las tecnologías más relevantes de la cadena industrial.



La feria, que aspira a convertirse en la plataforma de cooperación entre los sectores e industrias participantes, se centrará en las innovaciones –sus responsables confían en poder mostrar más de 4.500– y los desarrollos, pero también en los productos y tecnologías y en los materiales y procesos eficaces.

Este foro, claro indicador de la situación económica de la industria, hará especial hincapié en temas como la automatización industrial, las tecnologías energéticas, el suministro industrial y las nuevas soluciones de movilidad. En concreto, esta feria, que pretende facilitar la creación de sinergias y tender puentes entre tecnologías afines, concentrará en un mismo lugar la oferta de 13 salones monográficos sobre la automatización de procesos y soluciones de sistemas para la producción y los edificios; las tecnologías motrices y de fluidos; la generación, suministro, transporte y dis-

tribución de energías renovables y convencionales; la planificación, construcción, operación y mantenimiento de centrales eléctricas; las instalaciones, servicios y componentes de la energía eólica; las tecnologías de tracción híbrida y eléctrica, acumuladores de energía portátiles y tecnologías de movilidad alternativas; los procesos integrados y soluciones TI; las tecnologías de aire comprimido y vacío; las soluciones de subcontratación industrial y construcción ligera; la fabricación de bobinas, motores eléctricos, generadores y transformadores; los tratamientos de superficies; la microtecnología, nanotecnología y láser en el tratamiento de micromateriales, y la investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías.

MÚNICH

» Intersolar 2011, el mayor escaparate mundial de la industria solar térmica y fotovoltaica

El recinto ferial de Múnich acogerá del 8 al 10 de junio de 2011 una nueva edición de Intersolar, la feria internacional más importante del mundo sobre la energía solar y sus sistemas. En esta muestra, que en su última convocatoria consiguió reunir a 1.800 expositores procedentes de cerca de medio centenar de países y a más de 70.000 visitantes, se mostrarán las últimas novedades y tendencias del sector en sus dos vertientes, la energía solar térmica y la fotovoltaica.

Bajo el lema *Conectando el negocio solar*, Intersolar aspira a conectar gente y mercados facilitando el intercambio de información sobre productos, tecnologías, mercados y servicios entre todos los actores de la industria solar: fabricantes, proveedores y mayoristas. Acumuladores de energía, células fotovoltaicas, colectores, componentes solares, equipamiento de control, maquinaria de producción solar, sistemas de alineamiento solar y termas solares serán algunos de los equipos y materiales que se podrán ver en esta importante feria que refleja el gran dinamismo y empuje de la industria solar en Europa.

ZARAGOZA

» Las nuevas soluciones de automatización industrial y robótica, presentes en Matic 2011

La automatización industrial y robótica tienen una nueva cita en Matic 2011, feria internacional en la que se exhibirán las soluciones más novedosas que ofrece este sector en todas sus especialidades y segmentos, desde el componente hasta la instalación llave en mano. Matic, que se celebrará en el recinto ferial de Feria Zaragoza, del 10 al 12 de mayo, presentará toda la oferta industrial internacional destinada a hacer más eficaces, rentables y seguros los procesos industriales mediante la aplicación de las innovaciones de la automatización. En este escaparate tecnológico, que cumple su tercera edición, estarán representados los subsectores de automatización industrial, material eléctrico para la industria, control industrial y sistemas, entre otros.

¡Auxilio!

Cuando, hace ya unos cuantos años, comenzó el proceso de liberalización del sector eléctrico, el entonces presidente del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Juan Manuel Kindelán, advirtió del peligro de que disminuyeran las inversiones en el apartado de seguridad de las centrales nucleares, siempre tan vulnerables a cualquier tipo de desidia especulativa. Ha pasado un tiempo (el *boom* económico y esas cosas que casi hemos olvidado) y de la liberalización hemos ido avanzando hacia la desregulación, y de aquí a la ley de la selva, a la desfachatez y a la cara dura, por no decir palabras mayores. ¿O es que no ven cómo se están riendo en nuestra cara aquellos que los Gobiernos salvaron de la quiebra con dinero público y ahora nos hacen cortes de manga cuando esos mismos Gobiernos tratan de aprobar medidas que eviten sucesivos descalabros? (Vale expresarlo así, sin señalar demasiado para que nadie me tache de imprudente).

¿Por qué razón lo que ha ocurrido con la economía no iba a suceder con el medio ambiente? ¿Quién, en medio de esta crisis espantosa, se atreverá a ser muy riguroso con la legislación ambiental, en el caso de que la haya? La tragedia del golfo de México con ese gigantesco vertido causado desde uno de los pozos que British Petroleum (BP) explota a grandes profundidades marinas y, unos meses después la de Hungría, tras la rotura de una balsa de residuos procedentes de una fábrica de aluminio, no es más que un dramático preludio de lo que está por venir. Por supuesto que estos sucesos desgraciados pueden producirse en cualquier momento (ahí está el recuerdo de la balsa de Aznalcóllar derramada sobre Doñana), con o sin crisis, y aun teniendo una legislación correcta e incluso unos Gobiernos vigilantes y exigentes con quienes la incumplan.

Puede ocurrir, en efecto, pero ocurrirá con mayor probabilidad en las actuales circunstancias cuando, además de lo dicho, se impone la prepotencia y la chulería de los responsables. ¿Se acuerdan de las primeras declaraciones de los directivos de BP o las

“¿POR QUÉ RAZÓN LO QUE HA OCURRIDO CON LA ECONOMÍA NO IBA A SUCEDER CON EL MEDIO AMBIENTE? ¿QUIÉN, EN MEDIO DE ESTA CRISIS ESPANTOSA, SE ATREVERÁ A SER MUY RIGUROSO CON LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL, EN EL CASO QUE LA HAYA?”

de los dirigentes de la húngara MAL, que trataron de desentenderse del asunto y ofrecieron a los que han perdido sus casas poco más de 300 euros de ayuda? (Luego pidieron perdón reconociendo que habían sido poco considerados con las víctimas). Pero ¿cómo se atreven a hacer y a decir esas cosas? ¿Cómo la Unión Europea envía a Hungría a un experto de Boliden, la empresa sueca responsable de las minas de Aznalcóllar? ¿Qué nos queda de vergüenza, de sensibilidad, de pudor, de un mínimo sentido de la justicia? ¿Adónde nos llevan? Y, sobre todo, ¿por qué nos dejamos llevar?

Cada vez se oye con mayor frecuencia la cantinela de esos expertos en naderías que suelen consultar los medios de comunicación que aconsejan a los españoles y, por extensión, a los europeos, que aprendamos de los chinos. Por supuesto que podríamos aprender mucho de China y de los chinos, pero no precisamente lo que ellos están pensando y no se atreven a verbalizar, pues ¿qué pretenden si no que volvamos a ser esclavos, a trabajar jornadas infatigables por 200 euros, a vivir en ciudades infernales, a respirar el aire envenenado y a renunciar a los más elementales derechos democráticos? ¡Cuánto nos admiramos de lo que ha conseguido China y qué poco lamentamos cómo lo ha conseguido y a costa de quién y de qué! Y ello es así porque, en el fondo, ése es el modelo que muchos anhelan y, a lo peor, nos acaban imponiendo. Faltan todavía unos años, pero qué confianza podemos tener en que los recursos energéticos del Ártico, que ahora son más accesibles por mor del cambio climático, vayan a ser explotados con ciertas garantías para que esa zona relativamente virgen no acabe como un basurero más.

Permitaseme un ejemplo que no tiene demasiado que ver con lo ambiental (¿o sí?). Mucha gente entiende que la evolución de la pirámide poblacional aconsejaría alargar la edad de jubilación hasta los 67 años o hasta donde sea, pero es más difícil de asumir esa medida en un país como el nuestro, donde se sigue expulsando del mercado laboral a miles de personas en torno a los 50 años o antes, y no hay razones de peso para pensar que eso vaya a cambiar. ¿Qué va a hacer uno desde los 50 hasta los 67? ¿De qué va a vivir?

Hasta en la tele he oído decir a alguien lo mismo que yo he afirmado unas líneas más arriba: las medidas de recortes sociales aprobadas a lo largo de los últimos meses en medio mundo no son más que el preludio de lo que va a ocurrir con las ambientales. El Estado de bienestar social y el Estado de bienestar ambiental (pregunto de nuevo si no son lo mismo) van a quedar hechos unos zorros, ya lo verán. Y nosotros con estos pelos. ¡¡Auxilio!!!



A medio gas

La demanda de gas en España empieza a dar síntomas de cierta recuperación tras el desplome de 2009. Considerado el combustible fósil menos contaminante, el sector defiende su papel crucial para el cumplimiento de los objetivos del Paquete Verde de la Unión Europea y como garante del sistema energético por su capacidad de entrar en funcionamiento inmediatamente para suplir la intermitencia de la generación de origen renovable cuando no sopla el viento ni brilla el sol. Descolocados por los cambios en las reglas del juego regulador, que priman a estas tecnologías limpias y han abocado a las centrales de gas a funcionar al 30% de su capacidad, la industria reclama al Gobierno que asegure las millonarias inversiones realizadas por el sector durante esta última década y que les retribuya, por tanto, no solo por las horas de funcionamiento de mercado, sino, además, por su servicio de respaldo a las renovables. Y también que cierre de una vez un pacto de Estado de energía que contribuya a la estabilidad del sector energético, en general, y del gasista en particular.

Manuel C. Rubio

La industria del gas no acaba de entrar en calor en España, aunque empieza a dar síntomas de cierta recuperación. Después de un 2009 para olvidar, el sector tiene previsto cerrar este ejercicio con una caída de su demanda cercana al 2%, según datos avanzados recientemente por Gas Natural Fenosa.

Las empresas gasistas añoran ahora los años dorados de principios de la actual década, en los que el consumo de este hidrocarburo incoloro e inodoro, más ligero que el aire y compuesto principalmente por metano crecía a ritmos de dos dígitos anuales.

Eran tiempos –inicios de 2000– en los que, según recuerdan los expertos, nuestro país tuvo que afrontar tal falta de capacidad de generación eléctrica que incluso bordeó el abismo del desabastecimiento. Entonces, la apuesta, y también la solución, fue el gas. Con él, llegaron las inversiones millonarias que permitieron superar con éxito este episodio crítico derivado de nuestra secular dependencia energética del exterior.

El resultado de este ingente esfuerzo, que la industria ha cifrado en más de 10.800 millones de euros durante estos 10 últimos años, se ha traducido en más de medio centenar de centrales de ciclos combinados, 22.000 megavatios de potencia instalada, seis plantas de regasificación de gas natural licuado (GNL) en funcionamiento –Barcelona, Sagunto, Cartagena, Huelva, Murgados y Bilbao– y otras tres en construcción –Asturias, Tenerife y Gran Canaria–, cerca de 10.000 kilómetros de gasoductos de distribución, dos almacénamientos subterráneos operati-

vos y otros dos en fase de ejecución, tres yacimientos, dos conexiones de importación desde Argelia y otras cuatro bidireccionables –dos con Francia, por Larrau e Irún, y otras dos con Portugal, por Badajoz y Tuy–, amén de numerosas instalaciones auxiliares, estaciones de compresión y plantas satélite de GNL.

Posición de liderazgo

Supone todo un complejo entramado de infraestructuras que hoy permite que más de la mitad de la capacidad regasificadora europea se desarrolle en España, pero, sobre todo, que nuestro país sea hoy uno de los mejores sistemas y mercados de gas del mundo, tal como destacan desde la Asociación Española del Gas (Sedigas).

Aunque nadie cuestiona este protagonismo internacional la industria del gas prefiere, por si acaso, sacar pecho y no hay día en que no destaque el papel trascendental que el sector desempeña en la economía nacional.

Y no solo porque la industria gasista aporte 8.500 millones euros al PIB, muy por encima de los 4.780 del textil, o los poco más de 4.800 millones de las renovables, o por los más de 52.700 empleos que genera, sin contar los miles de puestos de trabajo que ocupan los instaladores de gas. Ni siquiera por los 6.373 millones de euros en valor agregado.

Los galones que reclama el sector se basan, fundamentalmente, en sus ventajas competitivas estrictamente energéticas, las mismas que, por otro lado, impulsaron a partir de este siglo su crecimiento geométrico: la eficiencia, la flexibilidad y la seguridad en el suministro.

Así, Enagás, el gestor técnico del sistema y principal compañía transportista de gas natural en España, afirma que se trata de una fuente de energía segura, que dispone de tecnologías ya maduras y muy probadas y que es el combustible fósil menos contaminante, tanto en la fase de extracción, acondicionamiento y transporte como en la de utilización.

En este sentido, un reciente estudio realizado por la firma especializada Garrigues Medio Ambiente y la Universidad Pontificia de Comillas con la colaboración de Sedigas, destacaba el papel crucial del gas natural en la reducción de gases de efecto invernadero (GEI). En concreto, este documento, titulado *Contribución del sector gasista a los objetivos del Paquete Verde de la Unión Europea*, cifra en entre el 76,9% y el 84,2% el potencial de esta fuente de energía al cumplimiento del objetivo marcado para España en 2020 por la UE de reducir en un 20% las emisiones de gases contaminantes, mejorar en otro 20% la eficiencia energética y alcanzar una participación también del 20% de las energías renovables en el consumo final de energía.

El más flexible de Europa

Junto con sus beneficios medioambientales, la patronal del sector resalta que el aprovisionamiento español es el más diversificado y flexible de Europa, lo que reduce los niveles de incertidumbre de aportación de energía.

Y es que, a diferencia de lo que ocurre en la mayoría de países europeos, que reciben gas fundamentalmente de uno o pocos mercados, en España la seguridad en el suministro está garantizada con el aprovisionamiento desde 12 países diferentes, tras



la reciente incorporación de Estados Unidos a una lista de proveedores que encabeza Argelia.

Además, el mayoritario abastecimiento de gas natural a nuestro mercado mediante buques metaneros en forma de GNL (durante los seis primeros meses del año, el 79% del gas natural ha seguido esta vía, mientras que el 21% restante lo ha hecho a través de gasoducto), junto con el hecho de que España cuente con el mayor número de plantas de regasificación del continente, proporcionan al sistema español una elevada flexibilidad a la hora de planificar o modificar el origen de entrada del gas.

Alternativa en todos los sectores

Todo ello, determina que el gas natural en España sea hoy reconocido como una alternativa ventajosa en todos los sectores de actividad (eléctrico, industrial, residencial y transporte), según se refleja en el estudio *La industria del gas: una garantía actual y de futuro*, elaborado por Mercados EMI (Energy Market International).

Así, el informe señala que el gran potencial del gas natural en el sector industrial se encuentra en la cogeneración, la sustitución de combustibles y, en menor medida, el biogás.

Asimismo, destaca que al gas se le abre, igualmente, un amplio abanico de posibilidades en el sector residencial, comercial e institucional, nichos de mercado en los que cuenta con buenas expectativas de desarrollo, principalmente, como sustituto de combustibles más contaminantes en climatización y agua caliente sanitaria, microcogeneración y respaldo a la energía solar en casos de escasa radiación.

Finalmente, el estudio de mercados EMI recuerda que en el sector del transporte los vehículos de gas natural ofrecen ya las mismas prestaciones que los de gasolina y gasóleo, si bien generan menos emisiones y menor gasto económico de combustible.

Los analistas de esta consultora especializada en el sector energético opinan, además, que la demanda de gas natural crecerá a una tasa promedio del 3,4% anual hasta 2030 y que este combustible fósil, del que se estiman que existen reservas mundiales probadas de cerca de 181.000 millones de metros cúbicos (bcm), lo que equivale al consumo de los próximos 60 años, seguirá siendo la fuente energética más utilizada en el mundo (en la actualidad representa el 20,9% del consumo de energía primaria) y supondrá el 30% del mix energético de la UE en 2030, el 4% más que ahora.

Sin embargo, desde el pasado año esta potente y fiable industria ha visto cómo se resquebrajaban todas estas expectativas

por culpa de la crisis económica y la consecuente caída de la demanda, el *shale gas* –un gas no convencional procedente de pizarras que está viviendo un importante boom en Estados Unidos, aunque no así en Europa, donde su desarrollo aún es controvertido por el impacto medioambiental que genera y la gran cantidad de agua que se necesita para su extracción–, y la entrada masiva de las renovables, sobre todo de la eólica y la solar fotovoltaica, pero también de la hidráulica, que en 2009 desplazaron al gas como la vedette del sistema.

Para el sector, la participación cada vez más destacada de las llamadas energías verdes en la generación eléctrica han llevado a que en España exista una sobre-capacidad instalada. Además, la industria gasista se queja de que les han cambiado las reglas en mitad del partido, ya que el sistema prioriza en la actualidad la entrada de las energías renovables cuando están disponibles y el gestor, Red Eléctrica Española, marca la puesta en marcha del resto tecnologías hasta cubrir la demanda necesaria.

La rentabilidad, en juego

Esta discriminación positiva a favor de las tecnologías limpias ha descolocado el sector gasista, que, de repente, teme no poder rentabilizar las fuertes inversiones que ha llevado a cabo durante los últimos años en centrales de ciclos combinados e infraestructuras que ahora apenas funcionan al 30% de su capacidad.

Pero no siempre sopla el viento, hay agua o brilla el sol. Cuando esto ocurre, el gas natural se convierte en garante del sistema energético por su capacidad de entrar en funcionamiento inmediatamente y de asegurar así, en cualquier situación de punta de consumo, la demanda de electricidad.

Y el sector del gas quiere cobrar por ello. Sostiene, en este sentido, que sin el gas España tendría riesgo de apagones de luz. Y ofrece datos: asegura que en lo que va de año las centrales de ciclos combinados han estado cuatro días al 90% de su capacidad y otros 11 al 80%, salvando literalmente al sistema eléctrico de un colapso.

Por ello, los gasistas reclaman al Gobierno que tenga en cuenta el papel indispensable que desempeñan dentro del actual mix energético como única tecnología gestionable y de *back-up* del sistema, y les retribuuya en consecuencia no solo por las horas de funcionamiento, sino también por estar de guardia.

Pero, además, demanda al Ejecutivo de Rodríguez Zapatero que se atenga a los objetivos fijados por la Comisión Europea de que el 20% del consumo de energía final

“LA DEMANDA DE GAS NATURAL CRECERÁ A UNA TASA DEL 3,4% ANUAL HASTA 2030. PARA ESA FECHA REPRESENTARÁ EL 30% DEL MIX ENERGÉTICO DE LA UNIÓN EUROPEA, UN 4% MÁS QUE AHORA”

proceda de fuentes renovables en 2020, en lugar del 22,7% que figura en el Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER 2011-2020) que el Ministerio de Industria acaba de remitir a Bruselas.

Para la patronal española del gas, el 20% fijado para España por la UE en el llamado paquete verde es ya de por sí un reto lo suficientemente ambicioso como para plantearse esfuerzos adicionales. Sedigas entiende, en este sentido, que este porcentaje superior es una presión prescindible que el sector no necesita, además de que puede representar, si el origen de esta sobreproducción es termosolar y fotovoltaica, un impacto económico para el consumidor final de unos 3.700 millones de euros en concepto de primas concedidas.

En cualquier caso, el sector explica que la batalla del gas no es contra las renovables, dos tecnologías que en el actual sistema energético define como complementarias y sostenibles. Porque, entre otras cosas, la industria está convencida de que cuanto mayor sea la apuesta por aquellas mayor será el papel que desempeñe el gas natural y, en consecuencia, más necesario será contar con una red de infraestructuras gasistas que garantice el suministro energético.

Pacto de Estado de energía

Lo que realmente tiene preocupada a la patronal del gas es que el Gobierno y los partidos de la oposición no acaben de llevar a buen puerto las conversaciones que mantienen desde hace tiempo para sellar un pacto de Estado de energía que siente las bases de una política energética sólida y a largo plazo que contribuya de manera decisiva a la estabilidad del sector energético, en general, y del gasista, en particular.

Este acuerdo, en su opinión, constituye una oportunidad única para poner fin a los problemas estratégicos generados por una regulación inadecuada y la mala pla-

nificación energética de hace unos años, cuando Industria simplemente se limitó a trasponer las directivas europeas sin tener en cuenta las particularidades de partida del sistema español.

Dicen, pues, que ha llegado la hora de que la política energética hable, de una vez, con claridad y orden y decida por qué *mix* energético apuesta con vistas al futuro. Por-

que, como señala algún que otro analista, de cómo se resuelva esta burbuja dependerá, en buena medida, la manera en que España salga de la peor crisis económica que ha vivido en los últimos 30 años.

Sin embargo, las últimas noticias no invitan precisamente al optimismo. Después de un año y medio de trabajo y de escuchar la opinión de 60 expertos, la subco-

misión del Congreso de los Diputados creada para alcanzar un pacto energético para los próximos 25 años parece que, finalmente, no llegará a un acuerdo sustancial, ni siquiera sobre uno de los pocos puntos sobre los que, en principio, parecía haber un cierto consenso: la necesidad de repartir el sobrecoste de las renovables entre todos los consumidores del sector energético, y no solo sobre los eléctricos, ya que entendían que estas energías benefician al conjunto de la sociedad al disminuir significativamente nuestra dependencia exterior.

Y es que hasta mediados del pasado mes de septiembre, a dos meses de que se cumpliera el plazo fijado para alcanzar un acuerdo, que vencía el 18 de noviembre, los diputados solo habían alcanzado un principio de acuerdo en nueve de las 23 conclusiones que habían debatido, aligerando así de contenido un texto en el que ya no figuran otros temas candentes como es la necesidad de prolongar o no la vida de las centrales nucleares, cuyo debate ha quedado definitivamente apartado hasta la próxima legislatura.

Más capacidad de almacenamiento

Entre los pocos asuntos en los que parece que sí habrá una postura común por parte de los diferentes grupos políticos destacan el desarrollo de la capacidad de almacenamientos del sector gasista español, el aval parlamentario a las medidas en apoyo del carbón autóctono español puestas en marcha por el Gobierno, el impulso al coche eléctrico, el desarrollo de las instalaciones de captura y almacenamiento de dióxido de carbono y el ahorro y la eficiencia energética en el sector de la edificación.

Además, abogaban por incrementar significativamente las interconexiones eléctricas con Francia, hasta alcanzar el umbral de referencia del 10% de la potencia instalada en 2020, porcentaje que se elevaría al 35% en 2035.

Con todo, la industria gasista española no quiere dejar de ser la piedra angular del sistema energético nacional durante las próximas décadas y prefiere poner al mal tiempo buena cara, convencida de que, aunque en la actualidad el sector funcione a medio gas, la demanda, y no solo para el sector eléctrico –en el que resulta innegable su contribución como tecnología de respaldo flexible y segura–, terminará por despegar para dar cobertura a los objetivos establecidos en la Planificación Energética 2008-2016, que cifra en 32.000 megavatios la potencia instalada de ciclos combinados al final del periodo.

La cruz del sistema gasista español

Al igual que su cara –flexibilidad, eficiencia y seguridad de suministro–, el sistema gasista español también arrastra su particular cruz: la escasa capacidad de almacenamiento y de conexiones con Europa.

En la actualidad, España solo cuenta con dos yacimientos subterráneos de gas: los de Serrabio, cerca de Jaca (Huesca), y el de Gaviota, frente a las costas de Bermeo (Vizcaya). La capacidad de estos dos almacenes, localizados ambos sobre antiguos yacimientos de hidrocarburos, unida a la del pequeño almacenamiento no básico de Marismas, ubicado en Huelva y reconvertido a partir de una serie de yacimientos de gas agotados, pueden satisfacer en el mejor de los casos, esto es, si están llenos, 21 días de demanda de gas natural, muy por debajo de los 96 días de Francia, los 89 de Alemania y los 71 de Italia.

Con el fin de aumentar esta capacidad total de almacenamiento con la que hacer frente a necesidades de gas no previstas, fluctuaciones de la demanda o hipotéticos problemas de aprovisionamiento, España ha iniciado la construcción de dos nuevos almacenes en Yela, cerca de Brihuega (Guadalajara) y Vinarós (Castellón).

Mientras que el primero, que se espera que esté operativo a mediados de 2011, destaca por su ubicación estratégica en el centro de la Península y, por tanto, muy cerca de Madrid, comunidad que en 2009 consumió el 6% del gas natural de España, el segundo, que se construye a 22 kilómetros de la costa, despunta por ser el almacén más importante del país y uno de los mayores de Europa.

Esta infraestructura, que forma parte del Proyecto Castor autorizado por el Ministerio de Industria el pasado mes de junio, tiene un presupuesto que ronda los 1.350 millones de euros y utiliza el fondo marino del Mediterráneo como almacén de modo natural, situado a 1.750 metros de profundidad y con una capacidad para 1.300 bcm.

Sus responsables apuntan que este almacén, que aprovecha la misma zona geológica donde hasta 1990 hubo un yacimiento petrolífero del que se llegaron a extraer 57 millones de litros de petróleo, podría abastecer la demanda de gas natural de España durante, aproximadamente, 50 días.

Tras los trabajos de instalación y ensamblaje de la plataforma en el mar que fueron llevados a cabo este verano y para los que fue necesario el concurso de la segunda grúa marina más grande del mundo, con casi 200 metros de eslora y 87 de manga, capaz de levantar hasta 14.000 toneladas (el equivalente a una fragata de guerra), la empresa encargada trabaja ya en la perforación de los 12 pozos que, junto con una plataforma terrestre, forman el Proyecto Castor.

Si todo marcha según los plazos estimados, este almacén podría entrar en funcionamiento en mayo de 2012 y apuntalar aún más la posición geoestratégica y la capacidad de nuestro país para convertirse en la gran puerta de entrada de gas por el sur de Europa.

A este objetivo, por otra parte, sin duda también contribuiría la apertura de una tercera conexión con Francia, vía Cataluña, entre Figueres (Girona) y la frontera francesa. La construcción de este gasoducto, conocido como Midcat, uno de los más grandes y estratégicos, permitiría incrementar hasta 7,2 bcm la interconexión con el país galo e injectar en las venas de la UE el 5% de su demanda. Prevista inicialmente para 2015, esta infraestructura todavía se encuentra pendiente de aprobación.

Antonio Llardén Carratalá

Presidente de Enagás

“Conectar nuestro sistema gasista con Europa, a través de Francia, es ahora más importante que nunca”

Ana P. Fraile

En la década de 1970, el gas natural desembarcaba en España para hacer frente al creciente consumo de energía. Desde entonces y gracias a las millonarias inversiones realizadas en infraestructuras, esta fuente de energía ha demostrado que puede contribuir a reducir nuestra dependencia del exterior y garantizar la seguridad de suministro. Su apoyo ha sido decisivo en el desarrollo alcanzado por las renovables en nuestro país y lo será para cumplir con los objetivos fijados por Europa con vistas a 2020, afirma Antonio Llardén Carratalá, presidente de Enagás. El máximo responsable del grupo transportista y gestor técnico del sistema gasista, que tiene previsto invertir 3.500 millones de euros entre 2010 y 2014, sostiene que es necesario incrementar la capacidad de interconexión con Europa y que uno de los principales retos de la compañía es aumentar la capacidad de almacenamiento estratégico, ya que en España representa únicamente alrededor del 10% de la de otros países del entorno europeo.

La industria del gas, relativamente joven en nuestro país, ha logrado crear un sistema de aprovisionamiento fuerte y seguro que mitiga nuestra dependencia energética del exterior. ¿Cómo describiría el papel desempeñado por Enagás en este despegue?

Desde hace más de 40 años, Enagás ha desarrollado las principales infraestructuras de transporte de gas natural en España. Actualmente, cuenta con cerca de 10.000 kilómetros de gasoductos, dos almacamientos subterráneos –Serrablo en Huesca y Gaviota en la costa de Vizcaya– y tres plantas de regasificación en Cartagena, Huelva y Barcelona. También es propietaria del 40% de la planta Bahía de Bizkaia Gas (BBG), en Bilbao. España es el país

europeo con más plantas de regasificación, seis en total, lo que ha posibilitado un alto grado de seguridad de suministro. Estas plantas permiten recibir gas natural licuado (GNL) en buques metaneros desde cualquier lugar, y esto hace posible que nuestro país tenga uno de los aprovisionamientos más diversificados del mundo.

“ESPAÑA ES EL PAÍS EUROPEO CON MÁS PLANTAS DE REGASIFICACIÓN, SEIS EN TOTAL, LO QUE HA POSIBILITADO UN ALTO GRADO DE SEGURIDAD DE SUMINISTRO”

Para realizar estas infraestructuras, Enagás ha realizado inversiones millonarias. ¿Son suficientes o tienen en proyecto ampliarlas y crear otras nuevas? Es necesario continuar desarrollando infraestructuras estratégicas para seguir garantizando la seguridad de suministro de gas natural y dar cobertura a las puntas de demanda. Uno de los principales retos de Enagás es aumentar la capacidad de almacenamiento estratégico, ya que en España representa únicamente alrededor del 10% de la de otros países del entorno europeo como Alemania y Francia. Además de las instalaciones de Serrablo y Gaviota, hay en marcha varios proyectos como el almacenamiento subterráneo Yela, en Guadalajara, y el de Castor, en Castellón. También es necesario incrementar la capacidad de interconexión con Europa.

¿Podría enunciarnos algunas de las actuaciones que prevé Enagás dentro del Plan Estratégico 2010-2014 y qué inversiones tiene previsto realizar la empresa durante ese periodo?

Enagás invertirá un total de 3.500 millones de euros entre 2010 y 2014. Uno de los proyectos clave para la compañía, además de la planta de regasificación de El Musel, en Gijón, es el comentado almacenamiento subterráneo Yela, que tiene prevista su puesta en marcha en 2012 y tendrá un volumen operativo de 1.050 millones de metros cúbicos.

Desde hace tiempo se viene hablando de la necesidad de contar con una red que conecte toda Europa. ¿Qué supondría para España y qué hace falta para que esto se consiga?

La creación de corredores energéticos europeos es clave para aumentar la seguridad y diversidad del suministro de la UE, para la creación de un verdadero mercado europeo del gas y también para fomentar la competitividad energética. Conectar nuestro sistema gasista con Europa, a través de Francia, es ahora más importante que nunca. En este sentido, todavía está pendiente la aprobación de una nueva conexión por Cataluña, el gasoducto de MidCat, que se sumaría a las de Irún (Guipúzcoa) y Larrau (Navarra).

¿Cree que la política energética de nuestro país impulsa el desarrollo del sector gasista o demandan por parte del Gobierno más apoyo a esta actividad?

El gas natural se mantiene como un pilar imprescindible del sistema energético. Además de su propio papel como fuente de energía limpia y segura, el gas es el único compañero de viaje en el desarrollo de las energías renovables, que no son gestionables. Cuando hay falta de viento o de sol

para la generación de electricidad, son necesarios los ciclos combinados que producen electricidad a partir de gas natural. Aquí tienen una función clave las plantas de regasificación, que son capaces de adaptarse con immediatez a las variaciones de demanda.

¿Qué lugar cree que debe ocupar el gas natural en la composición de un mix energético sostenible?

El gas natural es una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente. Reduce fuertemente las emisiones de CO₂ respecto a otras energías. En concreto, su combustión produce entre el 40% y el 45% menos de CO₂ que el carbón y entre el 20% y el 30% menos que los derivados del petróleo. Por otro lado, su papel como *back up* de las energías renovables le aporta una gran importancia en el *mix* energético sostenible.

¿Cómo puede contribuir el gas natural a alcanzar los objetivos del paquete verde fijados por la Unión Europea para 2020?

Sin el gas natural y su papel clave como respaldo de las energías renovables no hubiera sido posible el gran desarrollo que éstas han alcanzado en nuestro país. España se ha situado como uno de los países punteros en el ámbito mundial en el desarrollo de estas energías, en línea con los Objetivos 20/20/20 del paquete verde de la Unión Europea, que prevé que el 20% de la energía total consumida proceda de fuentes renovables y disminuir el 20% las emisiones de CO₂ para el año 2020.

La apuesta por la sostenibilidad es un elemento de creciente importancia para las compañías del sector energético. ¿Hasta qué punto se diferencia Enagás en este campo?

Trabajar por un negocio que sea sostenible en el tiempo es un pilar básico de Enagás. Este compromiso está recogido en el Plan Director de Calidad, Excelencia y Sostenibilidad 2009-1012, que es el instrumento básico para impulsar nuestro modelo de gestión sostenible. Como reconocimiento a este esfuerzo, la compañía ha sido incluida por tercer año consecutivo en el Dow Jones Sustainability Index World, índice que reconoce a las 250 empresas de todo el mundo que son ejemplo de las mejores prácticas en sostenibilidad y responsabilidad corporativa. Únicamente 17 de estas compañías son españolas. Enagás también ha revalidado



Antonio Llardén Carratalá

su presencia en el FTSE4Good, índice que evalúa el compromiso con la responsabilidad social en empresas cotizadas y forma parte del Ethibel Excellence Investment Register.

Enagás ha obtenido un beneficio neto en los nueve primeros meses de 2010 de 254,9 millones de euros, el 17,2% más que en el mismo periodo de 2009. ¿Significa esto que se están recuperando los niveles de consumo y que es previsible un crecimiento de la demanda?

Estos buenos resultados de Enagás han estado motivados, principalmente, por el importante esfuerzo en la reducción de costes operativos y financieros que está realizando la compañía. También han estado influidos por el incremento de ingresos regulados, el 12,4% como consecuencia de la consolidación de los activos puestos en explotación entre 2009 y 2010. En cuanto a la demanda, la convencional, que incluye consumo doméstico, comercial e industrial, se ha incrementado en los nueve primeros meses del año el 8,9% respecto al mismo periodo de 2009 por dos motivos: el efecto de las bajas temperaturas en el comienzo del año y el incremento

del consumo industrial. Sin embargo, la demanda total de gas ha decrecido en este intervalo el 1,4%, debido a que el consumo de gas natural para generación eléctrica ha disminuido el 16,7% por el incremento de la producción de energía eólica e hidráulica.

Cómo máximo responsable del operador de transporte y del sistema gasístico en España, ¿cree que habremos aprendido alguna lección de la crisis económica que estamos viviendo? Y, mirando al futuro, ¿cómo ve el sector a medio y largo plazo?

Actualmente, vivimos un entorno cambiante en el sector marcado por tres factores: crisis económica, ligero estancamiento de la demanda de gas y expansión de las energías renovables. Enagás se ha adaptado a esta situación con una estrategia de mayor prudencia y un importante esfuerzo en la reducción de costes. Al mismo tiempo y de cara al futuro, este entorno cambiante supone también un momento de oportunidades. El gas natural consolidará su propio papel en el *mix* energético, además de ser el único apoyo posible en el desarrollo de las energías renovables.

Electricidad, electrónica de potencia y sostenibilidad

Robert Piqué y Eduard Ballester

Electricity, power electronics and sustainability

RESUMEN

La forma de energía preferida por el usuario final es la energía eléctrica. Su consumo actual es del 33% y se estima que en 2040 será el 67% sobre el total del dispendio energético. Con estas previsiones, para conseguir una sociedad energéticamente sostenible, resulta imprescindible, por un lado, alcanzar rendimientos elevados en la conversión de la energía eléctrica y, por otro, optimizar la gestión de los recursos energéticos. En este artículo se presentan las opciones actuales, desde el punto de vista del consumidor final de energía, para una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles, haciendo especial hincapié en los aspectos relativos a la energía eléctrica. Así se presentan, de forma razonada, las alternativas que, para el consumidor final, sea doméstico, industrial o de servicios, permiten la electrónica de potencia y la gestión inteligente de la energía producida.

ABSTRACT

The form of energy preferred by the end user is electric energy. The consumption of electrical energy is currently 33% of total energy expenditure, and it is estimated that by 2040 this figure will be 67%. With these estimates, to achieve a society which is energetically sustainable, it is essential, both to achieve high yields in the conversion of electrical energy and, to optimize the management of energy resources. This article presents the current options, from the point of view of the end consumer of energy, for greater efficiency in the consumption of available energy resources, with particular emphasis on aspects related to electrical energy. Thus are presented and explained the alternatives for the final consumer, whether domestic, industrial or service based, which permit the power electronics and intelligent management of energy produced.

Palabras clave

Energía, electrónica de potencia, sostenibilidad, electricidad, microrredes.

Keywords

Energy, power electronics, sustainability, electricity, micronetworks.



Foto: Pictelia

En las sociedades avanzadas el consumo de energía crece siguiendo una proporción geométrica (figura 1), lo que plantea un doble problema. Por un lado, algunas fuentes primarias de energía, tales como el petróleo, el carbón y el gas natural, son limitadas y se agotan, por lo que se deben buscar nuevas fuentes energéticas que permitan suplir este déficit. En este sentido, todo apunta hacia la utilización de las denominadas energías renovables (solar, eólica, mareomotriz, etcétera), que se consideran inagotables. Por otro lado, el consumidor final de energía depende, en un porcentaje elevado, de la electricidad, sobre todo por la facilidad a su acceso, lo que implica que en la Unión Europea, en el año 2005, el 25%, aproximadamente, de las necesidades de energía fueron satisfechas mediante el uso de la electricidad (figura 2). De hecho, el consumo actual de energía eléctrica es del 33% y la proyección indica que en el año 2040 dicho consumo será del 67% sobre el total del dispendio energético.

Así, muchas necesidades de consumo, tanto domésticas como industriales, se solucionan alimentando motores y otros sistemas con distintas formas de energía eléctrica: corriente alterna (CA) o corriente continua (CC). Incluso en apli-

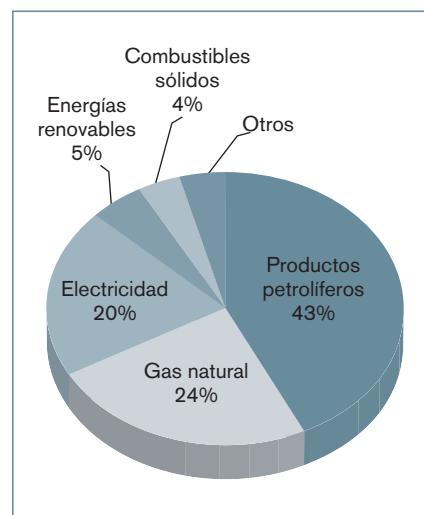
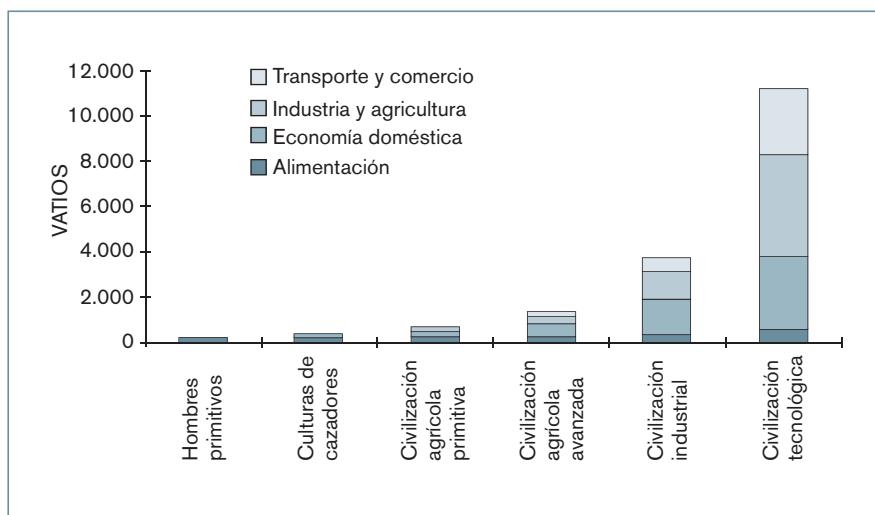
caciones hasta hace poco reservadas a combustibles líquidos como la gasolina, el uso de la electricidad se hace necesario, como es el caso de los automóviles híbridos.

El análisis de la situación comentada permite un planteamiento simple desde el punto de vista del rendimiento implícito a todo proceso de conversión y de la gestión que se puede realizar en función de los recursos disponibles. Efectivamente, cualquier aplicación que requiera de una aportación energética de entrada se caracteriza por que la energía útil disponible a la salida es inferior a la de entrada o, dicho de otra forma, existen pérdidas energéticas que condicionan el rendimiento del sistema. No cabe duda de que es necesario que dicho rendimiento sea lo mayor posible.

La utilización de energías renovables ha impuesto, últimamente, un cambio de paradigma en la generación de energía (sobre todo eléctrica), pasándose de una generación centralizada basada en grandes centrales de producción energética, a una generación distribuida que permite una mayor flexibilidad, robustez y estabilidad de las redes de transporte y distribución. Sea como sea, la generación energética, pero sobre todo en el caso de la electricidad, es inevita-

ble que dicha generación se realice en función de las necesidades de consumo, es decir, que, prescindiendo de los casos en que sea necesaria una acumulación de energía, la cantidad de ésta que se debe producir tiene que ser, idealmente, la misma que se debe consumir. En este sentido, considérese, por ejemplo, un entorno doméstico en el que o bien una compañía de distribución de energía eléctrica suministra electricidad a partir de un contrato basado en un consumo de pico, o bien se genera electricidad a partir de una instalación fotovoltaica que también se debe haber dimensionado en función del consumo de pico. En este contexto el coste (factura mensual o amortización de la instalación, respectivamente) es menor si el consumo se produce repartido uniformemente durante el día (menor consumo de pico) que en el caso de que el consumo se produzca, todo en, pongamos por caso, seis horas a lo largo del día. Además del problema mencionado anteriormente sobre el rendimiento, se hace necesaria una gestión eficiente y efectiva de la energía que se debe consumir.

Así pues, aparecen dos aspectos fundamentales que deben considerarse seriamente para conseguir una sociedad energéticamente sostenible: por un lado, el



rendimiento y, por otro, la gestión de los recursos energéticos. Centrándonos en la electricidad como la forma energética preferida por el usuario final, y teniendo en cuenta los dos aspectos primordiales, durante el presente trabajo intentaremos comentar las aportaciones que realizan la electrónica de potencia, desde la óptica del rendimiento, y el concepto de *smart grid* (red elegante o inteligente) desde la óptica de un entorno en que la generación y el consumo se pueden gestionar eficientemente.

La cadena de producción de energía eléctrica

La figura 3 muestra la denominada cadena de producción de energía eléctrica (etapas de generación, transporte + distribución y consumo) en una visión simple dada por el WEC (World Energy Council) en la que la línea blanca repre-

senta la energía útil en cada una de las etapas consideradas, mientras que la línea verde muestra el incremento en la eficiencia que se podría conseguir en cada una de estas etapas aplicando la tecnología actual (década 2005-2014).

Así, implícita a esta cadena energética se desprenden los siguientes aspectos:

– Generación de energía eléctrica. Las plantas de producción utilizan una determinada energía primaria como puede ser el carbón, la energía potencial de un salto de agua y la energía nuclear. Dichas plantas de producción presentan una eficiencia (rendimiento) media del 30%, parámetro que se podría elevar hasta el 40% o el 45% renovando dichas plantas por tecnologías de última generación. El inconveniente es que esta solución presenta un elevadísimo coste, por lo que habitualmente se opta por mantener las plantas hasta el final de su vida

útil. De ahí que no se incida en la mejora del rendimiento de esta etapa de forma efectiva.

– Transporte y distribución (transmisión). El transporte de la electricidad desde la planta de producción y su posterior distribución hasta el usuario final presenta pérdidas debidas tanto al carácter resistivo de las líneas conductoras utilizadas, como a la gestión del proceso. Dichas pérdidas, en los países industrializados es, en promedio, del 10 %, pero puede llegar a ser de hasta el 50% en países en desarrollo, obteniéndose una eficiencia promedio global del orden del 80 %. La utilización de tecnologías recientes y mejoras en la gestión del proceso permitiría mejorar la eficiencia en hasta el 10%, pero, por diversos motivos, coste de la solución incluido, tampoco se incide, habitualmente, en esta etapa de la cadena, exceptuando el caso

Figura 3. Cadena de energía eléctrica. Eficiencias y mejoras potenciales (Fuente: WEC).

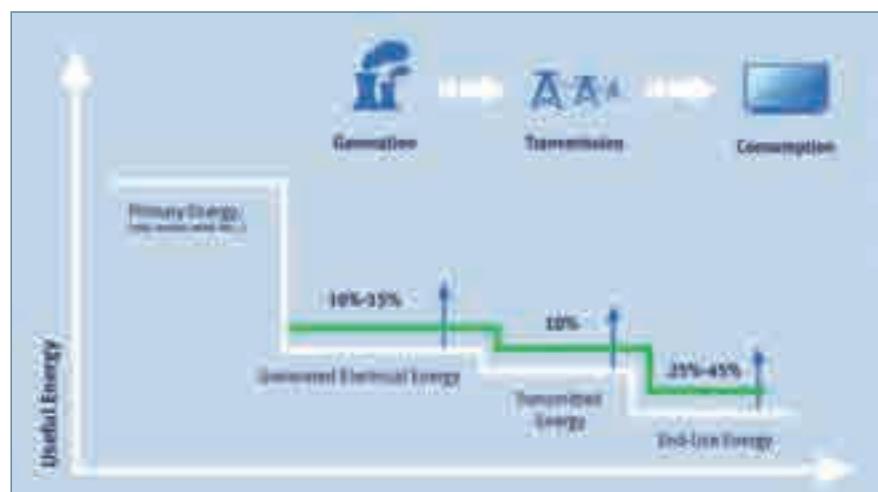
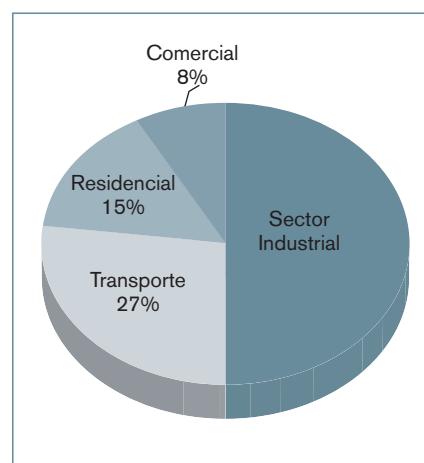


Figura 4. Consumo de energía eléctrica (de producción convencional más renovables) por sectores.



poco frecuente de instalación de nuevas líneas de transporte/distribución.

- Usuario final. El punto final de la cadena es, habitualmente, un punto de consumo de electricidad (figura 4) y presenta una eficiencia promedio del 50%, que puede aumentarse entre el 25% y el 45% aplicando, con cierta facilidad y comodidad, soluciones tecnológicas de fácil acceso. Así, en la actualidad se produce en esta etapa el mayor impacto en el ahorro energético: por un lado, la realización de edificios sostenibles energéticamente y, por otro, la utilización de técnicas de la electrónica de potencia que permiten un rendimiento muy elevado y que serán objeto de comentario en el siguiente apartado de este artículo.

Electrónica de potencia

La electrónica de potencia es una disciplina tecnológica que permite el procesado eficiente de la energía eléctrica mediante el uso de los denominados procesadores o convertidores estáticos de energía. Dichos procesadores permiten cambiar algún parámetro de la magnitud eléctrica (corriente o voltaje) aplicada a su entrada, como puede ser la frecuencia o su valor eficaz, para alimentar una carga determinada de forma correcta. Además, gracias al uso de interruptores estáticos basados en semiconductor, se mejora enormemente la eficiencia de la conversión energética dado que se minimizan las pérdidas en el proceso de conversión. Como muestra la figura 5, un convertidor estático de energía eléctrica necesita una electrónica de control para aplicar a su carga la energía necesaria con su forma adecuada. Esta energía se obtiene de una fuente primaria como puede ser, por ejemplo, la red de 50 Hz o una batería,



Figura 6. Capacidad de ahorro energético mediante técnicas de la electrónica de potencia.

en un esquema de control conocido como de lazo cerrado, en el que a partir de una consigna determinada se aplica a la carga la magnitud con la forma y características deseadas.

Existen cuatro tipos básicos de convertidores estáticos que se pueden utilizar para alimentar cargas a una determinada tensión (o corriente):

- Convertidores CC/CC o troceadores, utilizados en multitud de dispositivos fijos (ordenadores, equipos industriales, etcétera) o móviles (teléfonos móviles, PDA, entre otros) como fuentes de alimentación para aplicar tensiones constantes.

- Convertidores CC/CA u onduladores, (inversores en anglosajón), utilizados para obtener tensiones de alterna a partir de tensiones de continua, como baterías, utilizados en aplicaciones tales como el control de velocidad de motores de alterna o aplicaciones de transporte de energía.

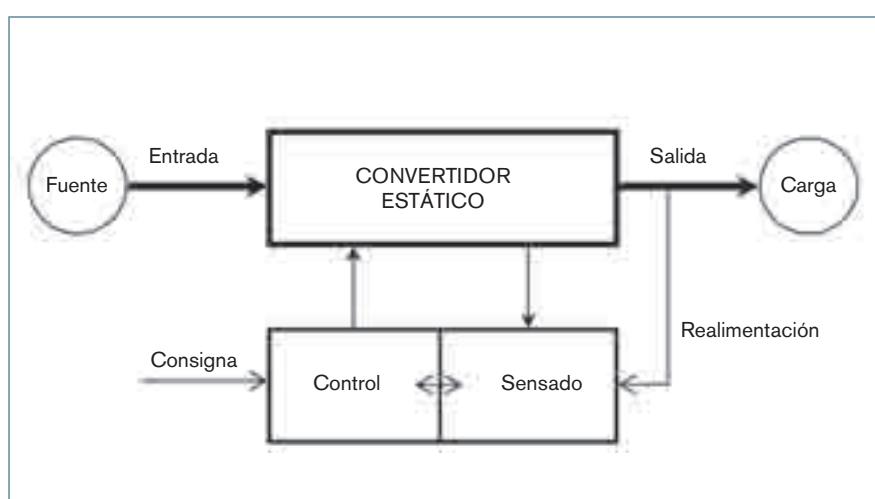
- Convertidores CA/CC o rectificadores, utilizados para múltiples aplicaciones en equipos conectados a la red de distribución de alterna, como cargadores de baterías y variadores de velocidad de motores de continua.

- Convertidores CA/CA, utilizados para cambiar el nivel del voltaje (variadores de alterna) en aplicaciones como los reguladores de intensidad lumínosa, o el valor de la frecuencia (cicloconvertidores) utilizados, por ejemplo, en la alimentación de grandes máquinas síncronas en la industria cementera para moler minerales o rocas.

Son muchos los ámbitos de aplicación de la electrónica de potencia, desde el punto de vista del usuario final, que permiten un ahorro de energía eléctrica, de los que la figura 6 (Infineon Technologies) recoge algunos de los más significativos.

Así, por ejemplo, la utilización de técnicas propias de la electrónica de potencia permite conseguir ahorros energéticos del 25% en sistemas de iluminación (*lighting*) utilizando balastos electrónicos en lugar de los convencionales por reactancia, el 25% en el caldeo inductivo (*inductive cooking*), o un ahorro energético de entre el 30% y el 40% en el control de motores mediante convertidores estáticos que permitan la recuperación de energía (por ejemplo mediante frenado regenerativo) o la utilización de accionamientos (*drives*) de velocidad variable. Son un caso particular de éstos los sistemas de aire acondicionado (*air conditioner*) que utilizan onduladores y que se comercializan mediante la denominada “tecnología *inverter*”, en los que se sustituye el convencional control todo o nada de interruptor bimetálico por un accionamiento de velocidad variable.

Figura 5. Convertidor estático en lazo cerrado.



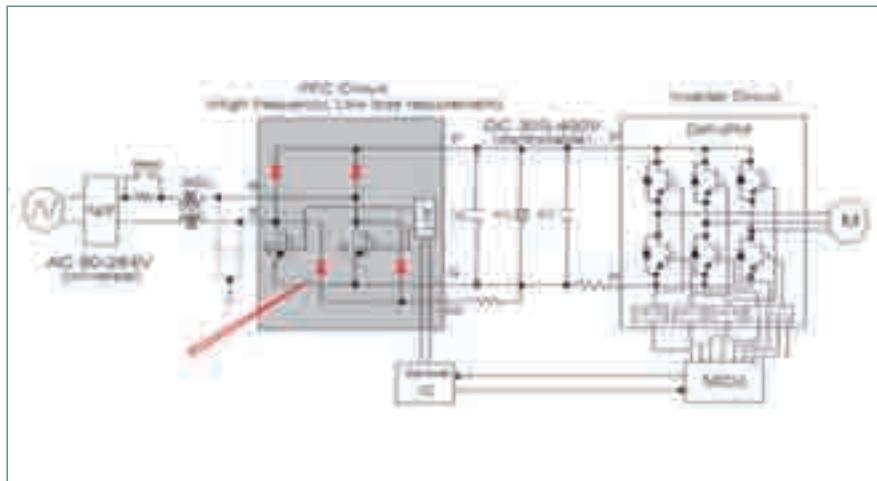


Figura 7. Acondicionador de aire con tecnología inverter (cortesía de Powerex).

Un caso aparte y que merece especial atención es el de los aparatos y sistemas (innumerables actualmente) en estado de espera (*standby*), caracterizados por la omnipresente existencia de un dispositivo led (*light-emitting diode*, diodo emisor de luz) iluminado, como ordenadores personales, televisores, reproductores de DVD y una larga lista. En este caso, la potencia disipada oscila entre 2W y 5W, y aunque unitariamente sea una potencia pequeña, sumados todos los equipos en espera hace que un hogar español medio consuma entre el 5% y el 15% de electricidad (entre 25W y 150W de forma continuada) en equipos que no se usan. Para darnos cuenta de la magnitud global de la energía perdida (*standby power*) en los dispositivos en *standby* únicamente hace falta pensar que en un momento dado en el mundo pueden estar en espera la tercera parte de los televisores y la cuarta parte de los ordenadores personales, sobre un total de unos 1.700 millones de unidades de los primeros y unos 750 millones de unidades de los segundos. ¿Sabría el lector calcular la energía perdida contemplando únicamente estos equipos?

En este caso, la electrónica de potencia permite mejorar la eficiencia de los sistemas en *standby*. Así, los equipos conectados a la red eléctrica tales como televisores, ordenadores, acondicionadores de aire, etcétera, necesitan de la denominada fuente de alimentación, un convertidor estático CA/CC que permite alimentar dichos equipos para su correcto funcionamiento. Globalmente, las fuentes de alimentación instaladas en la actualidad presentan una eficiencia global del 70%. Cuando un equipo entra en espera, muchas partes de la fuente de alimentación dejan de ser operativas y únicamente

lo son las imprescindibles, como por ejemplo la alimentación del sensor de infrarrojos que permite reactivar el equipo a través del mando a distancia. Si la fuente de alimentación no residiese en el equipo, como es el caso habitual en la actualidad, sino que fuese solidario al conector de red ("enchufe") se podría sustituir el concepto de *standby* por el concepto de *instant-on* (activación instantánea) obteniéndose un rendimiento global de entre el 90% y el 95% en esta fuente de alimentación y, además, se suprimiría el gasto inmenso por el concepto de energía perdida en estado de espera. Esta visión se puede conseguir en los próximos años mediante la utilización de técnicas de la electrónica de potencia.

Es, pues, indiscutible que la electrónica de potencia permite mejorar la eficiencia energética y, por tanto, es una disciplina que permite acercarnos a un consumo energético cada vez más sostenible. Y todo ello sin más que considerar

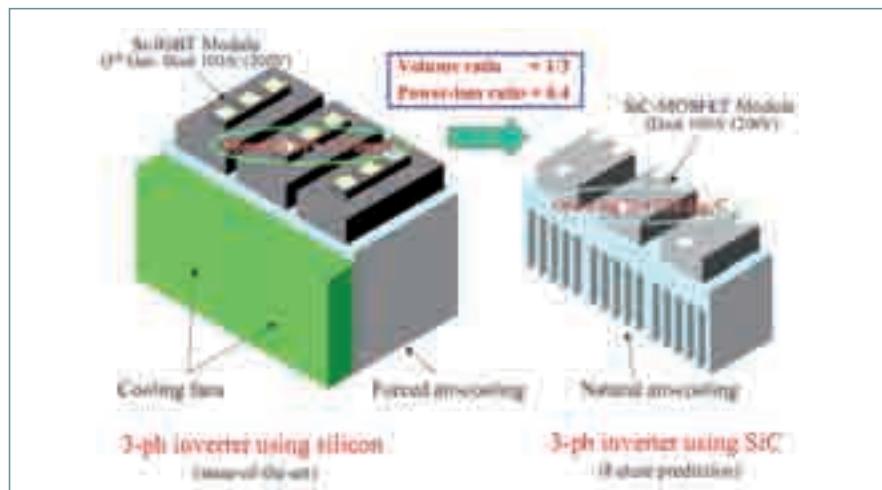
una mejora en el rendimiento de la conversión que permiten los convertidores estáticos. Dicho rendimiento depende de las pérdidas que en forma de calor se producen en el proceso de conversión. Por ello, la tendencia en la investigación sobre electrónica de potencia es doble:

- Por un lado, se prevé el desarrollo de nuevas estructuras de conversión estática que optimicen determinadas aplicaciones, como el desarrollo de convertidores matriciales bidireccionales aplicables a vehículos híbridos o fuentes de alimentación *instant-on*.

- Por otro, el desarrollo de nuevos semiconductores que permitan mayor velocidad de commutación en su funcionamiento como interruptor, menores pérdidas por calor y el funcionamiento a una mayor temperatura. En estos momentos la investigación en este campo se centra en la utilización de nuevos materiales semiconductores como el SiC, que han de permitir, en los próximos años, aumentar drásticamente la denominada "densidad de potencia", es decir, la capacidad de procesar potencias cada vez mayores a igualdad del volumen ocupado por la estructura de conversión estática. Además, se avanza en el concepto denominado "smart power", consistente en integrar junto al interruptor elementos como los circuitos de excitación (*drivers*), sensores de tensión, corriente o temperatura, generación de alarmas o capacidades de comunicación inalámbrica.

En este sentido, la figura 8 muestra el aumento de la densidad de potencia esperado para el año 2015 en un ondulador trifásico para un equipo de aire acondicionado industrial. A la izquierda se muestra el estado actual de la técnica, donde el ondulador está realizado con

Figura 8. Aumento de la densidad de potencia. Tendencia (cortesía de Powerex).



semiconductores de Si que permiten una temperatura máxima de 125 °C, mientras que a la derecha se muestra la previsión para ese ondulador realizado con semiconductores de SiC que permiten una temperatura operativa máxima de 250 °C. El resultado es que las pérdidas disminuyen en un 40% y el volumen se reduce a la tercera parte. Además, se puede prescindir de disipadores por convección forzada mediante ventiladores, ya que la utilización de semiconductores de SiC, con el doble de la máxima temperatura operativa que el Si, permite la utilización de convección natural.

Aproximación a las microrredes y a las redes inteligentes

Sin perder de vista al usuario final de la energía eléctrica, ahora es el momento de expandir el horizonte del mismo más allá del consumo previendo, además, la posibilidad de generación. Efectivamente, por definición, el usuario final es un consumidor de energía, pero la posibilidad de utilizar energías renovables permite considerar al usuario tanto consumidor como productor de energía. Para ello pensemos, por ejemplo, en una granja, una urbanización residencial o un campus universitario, cada uno con unas necesidades de consumo y unas cargas determinadas que obligan a ese consumo. En estos casos no es en absoluto descabellado pensar en generación de energía eléctrica mediante un sistema solar fotovoltaico o aerogeneradores. Es más, en algunos casos (por ejemplo, un portaaviones o un poblado en la selva amazónica) es aconsejable pensar en la cogeneración de energía tanto eléctrica (mediante paneles fotovoltaicos y microcentrales hidráulicas) como térmica (mediante colectores térmicos o combustión de residuos). Concretando, el usuario final puede ser con facilidad tanto consumidor como generador de energía.

En estas condiciones entramos de lleno en el contexto de microrred (*micro-grid*), en el que privan los aspectos esenciales de generación, consumo y almacenaje de energía, entrando de lleno en el cambio del paradigma impuesto por un modelo obsoleto de generación centralizada a un modelo más eficiente de generación distribuida, donde un refinamiento orientado hacia la gestión óptima de los recursos energéticos disponibles permite el concepto de red inteligente o “*smart grid*”.

Microrredes (*microgrids*)

En un contexto como el descrito anteriormente el desarrollo de un modelo de

generación distribuida de energía impone la utilización de microrredes como la indicada esquemáticamente en la figura 9. Dicho sinóptico se corresponde con la primera microrred implementada en la localidad holandesa de Bronsbergen en 2007.

En el caso concreto comentado, la microrred se utiliza para la generación de energía eléctrica en una urbanización vacacional de 208 viviendas unifamiliares, e incluye bloques y prestaciones comunes en estas estructuras de generación distribuida de energía eléctrica que pasamos a comentar sucintamente.

- Por un lado, la microrred se enlaza con la red general de distribución de media tensión a través de un transformador de 400 kVA. Un disruptor (fusible de estado sólido) permite la conexión o la desconexión de la microrred a la red general. El diseño de la microrred permite un flujo energético en los dos sentidos en caso de estar conectada a la red general: de la red general a la microrred (consumo) y viceversa (producción). En caso de desconexión de la red general (“*islanding mode*”, funcionamiento aislado), el dimensionamiento de la microrred permite satisfacer las necesidades de consumo mediante generación solar fotovoltaica de 315 kW de pico (módulos PV en el esquema) y la energía acumulada en unos bancos de baterías que se mantienen en estado de carga.

- Los bloques PQ son sistemas de medida de la potencia activa y de corrección de la potencia reactiva, de los que existen uno general para toda la microrred, y tantos bloques locales como ramas de alimentación existan (podría ser una por cada vivienda). En el caso concreto comentado existe, también, un generador fotovoltaico por cada ramal, y en cada

uno de éstos existe la posibilidad de conectarse o desconectarse del resto de la red.

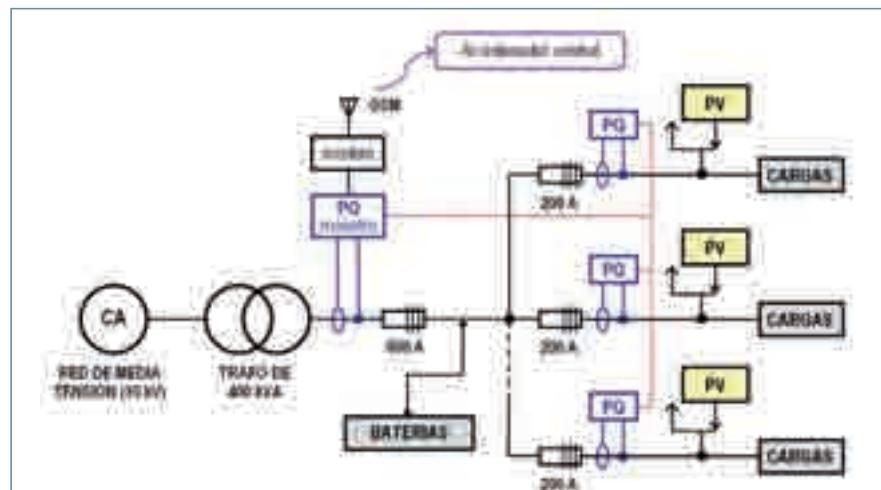
- Un sistema GSM (Groupe Spécial Mobile, Sistema Global de Comunicaciones Móviles) permite un enlace por radiofrecuencia al ordenador central que controla todo el sistema.

Los estudios realizados permiten inferir que el cambio de un modelo de gran generación centralizada (red para todo un país) por un modelo de generación distribuida basado en microrredes confiere mejores prestaciones de calidad de suministro, control, estabilidad y rendimiento global del sistema, por lo que todo apunta a que éste sea el modelo que desarrollar en los próximos años.

Comentario aparte merecen las cargas que alimentar por la microrred. Efectivamente, en una primera aproximación las cargas son las que son, como electrodomésticos, accionamientos eléctricos, sistemas de climatización y de iluminación, etcétera, y se conectan y desconectan según las necesidades de todos y cada uno de los usuarios. No obstante, por regla general, la instalación se dimensiona a partir de un consumo de pico, lo que presenta los inconvenientes indicados al principio de este artículo. Una mejor aproximación al problema de las cargas, impone diversas restricciones en su utilización que, mediante el control y la gestión adecuados, permitan una optimización de los recursos energéticos y, por ende, una reducción del coste de la instalación.

Así, se han realizado diversas propuestas para estudiar la problemática de las cargas de una microrred, de entre las que destaca la solución adoptada por el norteamericano CERTS (Con-

Figura 9. Diagrama esquemático de una microrred.



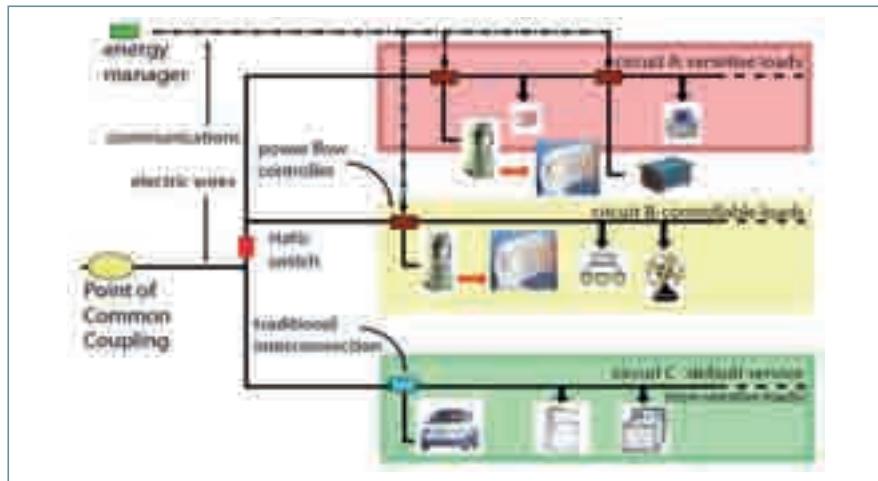


Figura 10. Estructura CERTS de las cargas de una microrred. (Fuente: Lawrence Berkeley National Laboratory.)

sortium for Electric Reliability Solutions, <http://certs.lbl.gov>), que propone una gestión inteligente de las cargas que, según se propone, deben agruparse en diversos tipos, de acuerdo a lo esquematizado en la figura 10. Iniciativas justificadas de esta naturaleza, permiten expandir la gestión tradicional de los recursos energéticos de una microrred al concepto de red inteligente, que se comentará en el siguiente apartado de este artículo.

Las directivas del CERTS definen los ramales de carga tanto en su estructura como en su gestión orientada a la optimización energética y a la facilidad de control. Así se contemplan los siguientes aspectos esenciales:

- Las cargas se estructuran en tres niveles jerárquicos que originan tres circuitos de carga: cargas sensibles o críticas (ordenadores, sistemas de alimentación ininterrumpible, iluminación de emergencia y demás), cargas controlables a discreción por el usuario (como electrodomésticos) y otras cargas no sensibles de conexión tradicional a la red (como una lavadora comunitaria o un punto de recarga de un automóvil eléctrico). Las cargas sensibles y las controlables por usuario se conectan a la microrred mediante un interruptor estático, que permite su conexión y desconexión, mientras que las cargas convencionales se conectan de forma convencional a la subred mediante cableado estándar.

- Los circuitos de cargas sensibles y de cargas controlables disponen de controladores del flujo de potencia que actúan, a su vez, bajo la supervisión de un gestor de energía desde el que se procesan aspectos como los permisos para conectar las cargas controlables, la garantía de funcionamiento de las cargas críticas, la calidad del suministro (control de

armónicos, mantenimiento de la tensión, etcétera) o ciertas instrucciones de emergencia que procesar por el ordenador central de la microrred, como la desconexión de un ramal de cargas del sistema.

Los aspectos de mejora sobre el sistema de gestión, que se orientan a un esquema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition, Sistema de Control por Supervisión y Adquisición de Datos) permiten la transformación de la microrred en una red inteligente.

Redes inteligentes (*smart grids*)

El contexto de red inteligente puede aplicarse tanto a la red global como a una microrred, y se considera tal concepto cuando una red general, microrred aislada o red general que incluye microrredes cumple determinadas especificaciones en tres niveles: usuario o cliente, distribución y transporte.

En el ámbito del usuario final

En este punto de la cadena de energía eléctrica, la apuesta se basa en la denominada medición inteligente (*smart metering*), comenzando por la sustitución de los contadores tradicionales por otros de mayores prestaciones, como los que se han comenzado a instalar en nuestro país a partir de la directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Estos sistemas comportan los siguientes aspectos:

- Utilización de medidores de lectura automatizada, que permitan evitar las visitas de los agentes de las compañías eléctricas y proporcionar una medida exacta del consumo para su facturación mediante un control de dicho consumo basado en la hora del día, para así realizar la facturación de acuerdo con las tarifas reales que se pueden aplicar según la hora del día (discriminación horaria).

- Medidores de parámetros que admitan comunicación con el usuario en tiempo real, con la finalidad de mantenerlo informado puntualmente y proporcionarle información diversa, por ejemplo, de la calidad del suministro.

- Control de cargas en función de la hora del día (filosofía microrred), para permitir que el propio cliente programe el encendido y apagado en el horario que más le convenga según determinado criterio como el de tarifa más económica.

En el ámbito de la distribución

En este caso se imponen dos aspectos esenciales como son la automatización y el control de cargas, según se indica seguidamente:

- Automatización del sistema de distribución. Un primer paso en este sentido es controlar la red de distribución desde un punto de control central, como ya se ha hecho en algunos países. Un segundo paso es cambiar el diseño en árbol de la red por otro en malla basado en generación distribuida (microrredes) y utilizar sensores e interruptores de control remoto con la finalidad de aislar los fallos y minimizar los problemas de los usuarios.

- Control selectivo de las cargas con la finalidad de apagar selectivamente a ciertos clientes para así evitar un apagón generalizado. Este aspecto se puede favorecer muchísimo con la utilización de microrredes con capacidad de *islanding*, lo que, según se ha demostrado, aumenta la fiabilidad del suministro eléctrico.

En el ámbito del transporte

Finalmente, en el nivel de transporte las líneas que hay que seguir para conseguir la tan ansiada red inteligente se basan en la utilización de un control distribuido y una red de comunicaciones adecuada a dicho control:

La utilización de un control distribuido basado en SCADA en lugar de un control centralizado permite mejorar aspectos esenciales de la red de transporte. Por ejemplo, una mejora sustancial se puede conseguir con el solo hecho de medir la fase en diversos puntos de la red de transporte.

El control distribuido supone la utilización de sistemas de comunicaciones en red que permitan realizar acciones localizadas de control como cambiar el flujo de energía en una línea de transporte determinada utilizando, por ejemplo, transformadores de desplazamiento de fase.

Conclusiones

El crecimiento exponencial en la demanda de electricidad hace necesario un planteamiento más sostenibilista en el consumo energético de la misma.

El estudio de la cadena de producción, transporte, distribución y consumo de energía eléctrica permite estudiar la eficiencia de sus distintas etapas y aplicar medidas correctoras en las mismas, las cuales se han comentado sucintamente en este artículo.

Así se ha visto cómo la aplicación de técnicas propias de la electrónica de potencia permite mejorar la eficiencia energética para el usuario o cliente final.

Una generalización del concepto de usuario final donde, además del consumo, se prevea la generación energética, permite desarrollar el concepto de microrred, lo que a su vez permite desarrollar un modelo claro y fiable de generación distribuida de energía eléctrica, en contraposición al modelo actual de generación centralizada y redes energéticas en el ámbito nacional.

La observación de la cadena de energía eléctrica permite, finalmente, el objetivo de la red inteligente, donde la mejora de la gestión en los niveles de transporte

y distribución, y la utilización de tecnologías *smart metering* ha de conllevar al establecimiento de un nuevo paradigma de eficiencia energética.

Bibliografía

- (Varios autores). International Energy Outlook 2007. U.S. Energy Information Administration (EIA), 2007. URL: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/leo/index.html>.

(Varios autores). Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Madrid, 2007.

(Varios autores). Performance of Generating Plant: New Realities, New Needs. World Energy Council. Londres, 2004.

(Varios autores). Pricing Energy in Developing Countries. World Energy Council. Londres, 2004.

(Varios autores). Saving Energy through Innovation and Technology. Infineon Technologies. Milpitas, 2008.

Eduard Ballester y Robert Piqué. Electrónica de Potencia. Principios Fundamentales y Estructuras Básicas. Marcombo. Barcelona, 2010.

Nikos Hatzigaryiou. Microgrids. The Key to Unlock Distributed Energy Resources?. IEEE Power & Energy Magazine. Mayo/Junio de 2008.

Tom Loix. The First Micro Grid in The Netherlands: Bronsbergen. Publicación de Leonardo Energy (www.leonardo-energy.org). Julio de 2009.

Robert Lasseter, Abbas Akhil et al. "The CERTS Micro-Grid Concept". Publicación del Consortium for Electric Reliability Technology Solutions (<http://certs.lbl.gov>). Abril de 2002.

Tom Loix. Micro Grids: Different Structures for various Applications. Publicación de Leonardo Energy (www.leonardo-energy.org). Febrero de 2009.

Chris Marnay and Ryan Firestone. Microgrids: An emerging paradigm for meeting building electricity and heat requirements efficiently and with appropriate energy quality. Publicación del Berkeley Lab. Abril de 2007.

- Francisco Casellas, Guillermo Velasco, Francesc Guinjoan y Robert Piqué. El Concepto de Smart Metering en el Nuevo Escenario de Distribución Eléctrica. Actas del Seminario Anual de Automática y Electrónica Industrial, "SAAEI 2010". Julio de 2009.

M. Granger Morgan, Jay Apt et al. The Many Meanings of Smart Grid. Publicación de la Carnegie Mellon University. Julio de 2009.

Robert Piqué López

Robert.Pique@upc.edu

Doctor ingeniero industrial, adscrito al departamento de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña. Catedrático en la Escuela Industrial de Barcelona y miembro de la Unidad de Investigación y de Transferencia de Tecnología en Electrónica de Potencia y Accionamientos Eléctricos

Eduard Ballester Portillo

Doctor ingeniero industrial, adscrito al departamento de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña. Catedrático en la Escuela Industrial de Barcelona y miembro de la Unidad de Investigación y de Transferencia de Tecnología en Electrónica de Potencia y Accionamientos Eléctricos.

Subproductos generados en la desinfección del agua

Francisco Ramírez Quirós

By-products generated in the chemical disinfection of water

RESUMEN

La desinfección química del agua ha producido riesgos no deseados debido a los subproductos generados al actuar y reaccionar los desinfectantes con determinadas sustancias presentes en el agua sometida a desinfección. Los desinfectantes más utilizados son el cloro, el dióxido de cloro, las cloraminas y el ozono. Todos ellos, al actuar y reaccionar con determinadas sustancias presentes en el agua, producen sus propios subproductos de la desinfección o SPD (en inglés, DBP o Disinfectant by-product). El tipo y la cantidad que se generan depende de diversos factores como la clase de desinfectante u oxidante empleado, la cantidad y la naturaleza de los precursores presentes en el agua, el tiempo de contacto, la dosis aplicada, la temperatura, el pH y la concentración de bromuro presente. La Organización Mundial de la Salud estableció en el año 2004 unos valores límite de concentración para estos subproductos, que deben tener máxima preferencia en el proceso de desinfección, con el objetivo prioritario de que se reduzca la concentración de subproductos.

ABSTRACT

The chemical disinfection of water can produce undesired risks due to the by-products generated by the action and reaction of disinfectants with certain substances present in the water subject to disinfection. The most commonly used disinfectants are chlorine, chlorine dioxide, chloramines and ozone. All of these produce their own specific Disinfectant By-Products (DBP) when acting or reacting with certain substances present in the water. The type and quantity of by-products generated depends on a variety of factors such as the type of disinfectant or oxidant employed, the quantity and nature of the precursors present in the water, the duration of contact, the dosage applied, temperature, pH and concentration of bromide present. In 2004, the World Health Organisation established a set of maximum limits for the concentration of these by-products which must be given maximum priority in the disinfection process in order to reduce by-product concentration.

Palabras clave

Agua, desinfección, cloro, salud, cloraminas, productos de desinfección.

Keywords

Water, disinfection, chlorine, health, chloramines, disinfectants.



Foto: Pictelia

La contribución de la desinfección del agua a la salud pública es un hecho reconocido de suma importancia en el siglo XX. Sin embargo, también es verdad que la desinfección química ha ocasionado riesgos no deseados pero reales debidos a los subproductos generados al actuar y reaccionar los desinfectantes con determinadas sustancias presentes en el agua sometida a desinfección. Cada uno de los desinfectantes más empleados, como el cloro, el dióxido de cloro, las cloraminas y el ozono, producen sus propios subproductos (SPD) en el agua potable.

El nombre de subproductos de la desinfección parece implicar que son inherentes a cualquier proceso de desinfección, pero, en realidad, son subproductos tóxicos que pueden originarse cuando se emplea un oxidante fuerte aunque no se use para desinfectar. Algun autor (R. Trusell) ha llegado a proponer que se usara el término de subproductos de la oxidación. El cloro ha sido el principal desinfectante de los abastecimientos de agua desde hace prácticamente un siglo. Su empleo nunca fue discutido y los beneficios derivados de su empleo han sido evidentes, atajando y eliminando las grandes epidemias y brotes de enfermedades hídricas, hasta que en 1974, algunos investigadores como Rook en

Holanda y Bellar en Estados Unidos, valiéndose de la cromatografía de gases y el espectrómetro de masas, pusieron en evidencia que el cloro reacciona con ciertas sustancias orgánicas conocidas como precursores, que se encuentran en algunas aguas y producen unas sustancias potencialmente carcinógenas, los trihalometanos, (THM), como la suma de cloroformo, clorodichlorometano, dibromoclormetano y bromoformo, y los ácidos haloacéticos (AHA), como suma de ácido monocloroacético, ácido dicloroacético, ácido tricloroacético, ácido monobromoacético y ácido dibromoacético.

En 1975 en Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) tomó cartas en el asunto y se examinaron diversas aguas tratadas de cinco grandes ciudades. Se determinaron todos los compuestos volátiles posibles y se identificaron 72 compuestos; el 53% de ellos contenían uno o más compuestos halogenados. Posteriormente, se hizo un estudio más extenso, abarcando 113 ciudades. A finales de 1976, la EPA publicó una lista con 1.259 compuestos que se habían identificado en diversas aguas naturales y residuales, tanto en Estados Unidos como en Europa. Este estudio concluyó que todos los sistemas de abastecimiento que

utilizaban cloro libre en su tratamiento, contenían al menos cuatro THM en su agua tratada, cloroformo, bromodichlorometano, dibromoclormetano y bromoformo.

Se suelen utilizar las siguientes cuatro expresiones en la terminología de los trihalometanos:

– THM inicial: concentración inicial o instantánea a la salida de la estación de tratamiento del agua.

– THM final: concentración final, medida en los últimos puntos de la red de distribución.

– Formación potencial de THM: diferencia entre la concentración final menos la inicial.

– Formación potencial máxima de THM: concentración máxima de THM que se podrán formar.

La clase y la cantidad de subproductos dependen de varios factores como el tipo de desinfectante u oxidante empleado, la cantidad y la naturaleza de los precursores presentes en el agua, el tiempo de contacto, la dosis aplicada, la temperatura, el pH y la concentración de bromuro presente. Respecto a este último, que está presente en algunas aguas en concentraciones desde menos de 0,1 mg/l, hasta sobrepasar 1,0 mg/l, puede alterar de forma importante la concentración de sub-

productos brominados, a los que se les atribuye mayores efectos cancerígenos que a sus análogos enteramente clorados.

Los subproductos brominados y yodinados se forman por la reacción del desinfectante con el bromuro o yoduro presentes en algunas fuentes de agua. En ciudades costeras es factible el caso de aguas subterráneas y de superficie contaminadas con bromuros y yoduros debido a la intrusión de sales.

Otra sustancia utilizada en la desinfección, como es el ozono y que puede eliminar la materia orgánica precursora de los trihalometanos, puede, a su vez, generar subproductos de oxidación no halogenados, como son aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y bromatos.

El empleo de ozono en la fase final del tratamiento puede dar lugar a la aparición de otros problemas, ya que es bastante habitual que, a pesar de las diversas etapas preliminares del tratamiento del agua, aún queden compuestos orgánicos capaces de ser transformados por la oxidación del ozono en compuestos biodegradables (carbono orgánico disuelto biodegradable, que es un nutriente que favorece el crecimiento bacteriano en la red), lo cual podría inducir a necesitar más cantidad de cloro, con el consiguiente riesgo de producir más subproductos y aumentar los sabores desagradables. Para evitar o remediar este hecho, si se emplea ozono en la posdesinfección, es aconsejable emplear conjuntamente carbón activo, que actuaría como un reactor biológico, eliminando el carbono orgánico disuelto biodegradable.

El ozono no puede producir directamente subproductos halogenados, pero sí

puede oxidar fácilmente los iones bromuro y yoduro para dar los correspondientes halógenos libres que pueden reaccionar con algunos de los compuestos orgánicos capaces de originar trihalometanos.

Otro desinfectante empleado en el tratamiento del agua es el dióxido de cloro (ClO_2), que no forma los subproductos halogenados referidos, pero puede llegar a formar compuestos clorados orgánicos no volátiles. Pueden generar clorito y clorato, ambos perjudiciales para la salud por los efectos hematológicos que producen. La formación de cloritos al emplear dióxido de cloro se correlaciona con la materia orgánica que contenga el agua.

El hecho de que el ClO_2 sea más efectivo que el cloro y, a su vez, no forme THM al reaccionar con los precursores de éstos como son los ácidos húmicos y fúlvicos se explica porque el ClO_2 reacciona principalmente como oxidante, mientras que el cloro reacciona como oxidante y también en reacciones de sustitución originando los THM. Cuando el ClO_2 reacciona con los precursores de THM, les deja en situación de no reactividad para formar posteriormente los THM, de forma que esta propiedad aconseja en el tratamiento de preoxidación-desinfección, utilizar primero el ClO_2 que inhibe la formación de THM y posteriormente, aplicar cloro como desinfectante secundario tras la fase de filtración. No hay que olvidar que la dosis máxima de ClO_2 estará limitada por la formación de cloritos, lo cual puede ocasionar que en algún caso no sea suficiente la dosis máxima de ClO_2 aplicada.

Que no se formen trihalometanos se pone de manifiesto en ensayos realizados

en EE UU por diversos autores, de los cuales reproducimos en la tabla 1 el realizado por Kühn, con diversas muestras de agua destilada a la que se añadió una determinada cantidad de ácido húmico (precursor) y bromuro. Se trató con diversos oxidantes, entre los que figuran el cloro y el dióxido de cloro, y se midieron después los trihalometanos formados.

Hay que indicar que, dado el exceso de cloro requerido en la preparación del dióxido, se pueden formar algunos compuestos organoclorados en función de ese exceso. En la figura 1 se observa la formación de trihalometanos, concretamente cloroformo, al emplear cloro y dióxido de cloro en el tratamiento de un agua que contiene precursores.

Hoy día han de considerarse los conocidos como SPD emergentes, entre los que figuran los iodo-ácidos, los bromonitrometanos y la nitrosodimetilamina (NDMA), (en la formación de esta última tiene un importante papel el empleo de las cloraminas), algunos de estos subproductos emergentes son más genotóxicos que los SPD análogos clorados, más conocidos y regulados.

En cualquier caso, el cloro es el más problemático, ya que puede actuar tanto en reacciones de sustitución como de oxidación.

Los subproductos de la desinfección y, en concreto, los trihalometanos y los ácidos haloacéticos, están siendo muy cuestionados, al atribuirseles distintos efectos, todos ellos perjudiciales para el ser humano.

Para cada uno de los productos de desinfección empleados, se han identificado

Tabla 1. Resultados del ensayo realizado por Kühn.

	Sustancias añadidas (mg/l)	Oxidantes (mg/l)						Trihalometanos (µg/l)		
		Ácido húmico	Br ₂	Cl ₂	ClO ₂	CHCl ₃	CHBrCl ₂	CHBr ₂ Cl	CHBr ₃	TOTAL THM
AGUA DESTILADA	5			5		26,9	0,6	nd	nd	27,5
	5				5	0,2	≤ 0,1	nd	nd	0,3
AGUA DESTILADA	5	2				4,6	6,0	11,1	66,8	88,5
	5	2		5		≤ 0,1	≤ 0,1	nd	nd	0,2
AGUA DESTILADA	10	10				13,7	15,8	19,3	173,6	224,4
	10	10		10	0,2	nd	nd	nd	0,2	
AGUA DESTILADA	10					0,6	0,1	≤ 0,1	0,1	0,9
	10	10				0,5	0,1	0,7	153,7	155,0
nd: no detectable										

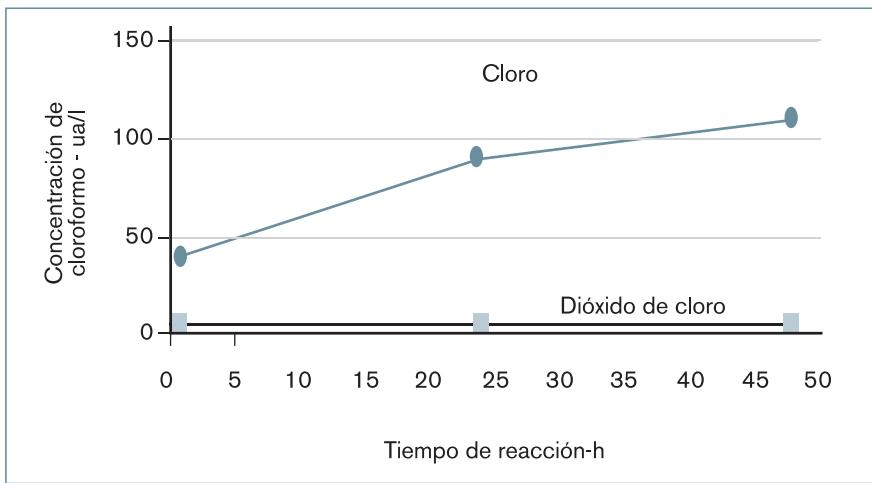


Figura 1. Concentración de cloroformo.

la mayor parte de los subproductos y se ha estudiado sobre animales su efecto tóxico utilizando dosis muy elevadas.

Se considera que los efectos sobre la salud derivados de la contaminación de las aguas destinadas al consumo humano pueden clasificarse en tres categorías:

– Riesgo a corto plazo, que a veces puede deberse al consumo de un solo vaso de agua; este riesgo es, principalmente, de orden microbiológico.

– Riesgo a medio plazo, que requiere el consumo de agua durante semanas o meses; es el caso de un agua con elevado contenido en nitratos, nitratos, flúor, etcétera.

– Riesgo a largo plazo que requeriría el consumo de agua durante toda una vida; sería el caso de la mayor parte de los productos cancerígenos.

La garantía microbiológica del agua (riesgo a corto plazo) es el primero y el más importante de los compromisos de los suministradores del agua. En ningún caso se debería aceptar la reducción de un riesgo a largo plazo frente a otro a corto plazo. Si bien es necesario tomar muy seriamente los problemas derivados de los subproductos de la desinfección, la correlación entre éstos y ciertos riesgos para la salud hay que tomarla con prudencia, ya que intervienen otros muchos factores y, a veces, el hecho de que el agua tenga un elevado contenido en subproductos es una prueba de un mal tratamiento global del agua. Una eficaz coagulación-flocculación, filtración y un replanteamiento del punto de aplicación del desinfectante puede rebajar estos contenidos elevados. No es imprescindible, por tanto, suprimir el cloro como desinfectante, sino someter el agua antes de la cloración al tratamiento más adecuado.

En relación con los subproductos de la cloración, debe quedar suficientemente claro que estos subproductos no sólo son imputables al cloro, sino también a la presencia en el agua objeto de la desinfección de determinadas materias orgánicas (precursores), lo cual nos llevaría a considerar que, junto a la alternativa de sustitución del cloro como oxidante/desinfectante primario, también se debería tratar de eliminar estas sustancias orgánicas en el proceso de tratamiento antes,

a ser posible, de su contacto con el cloro, o bien, si han llegado a formarse, utilizar algún procedimiento que los elimine.

Consideraciones en la selección de un desinfectante

La selección de un desinfectante y los pasos que seguir, antes de su elección dependen de una serie de condiciones propias de cada sistema de abastecimiento, pero siempre habrá que buscar o tender hacia las siguientes finalidades:

Oxidación de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua.

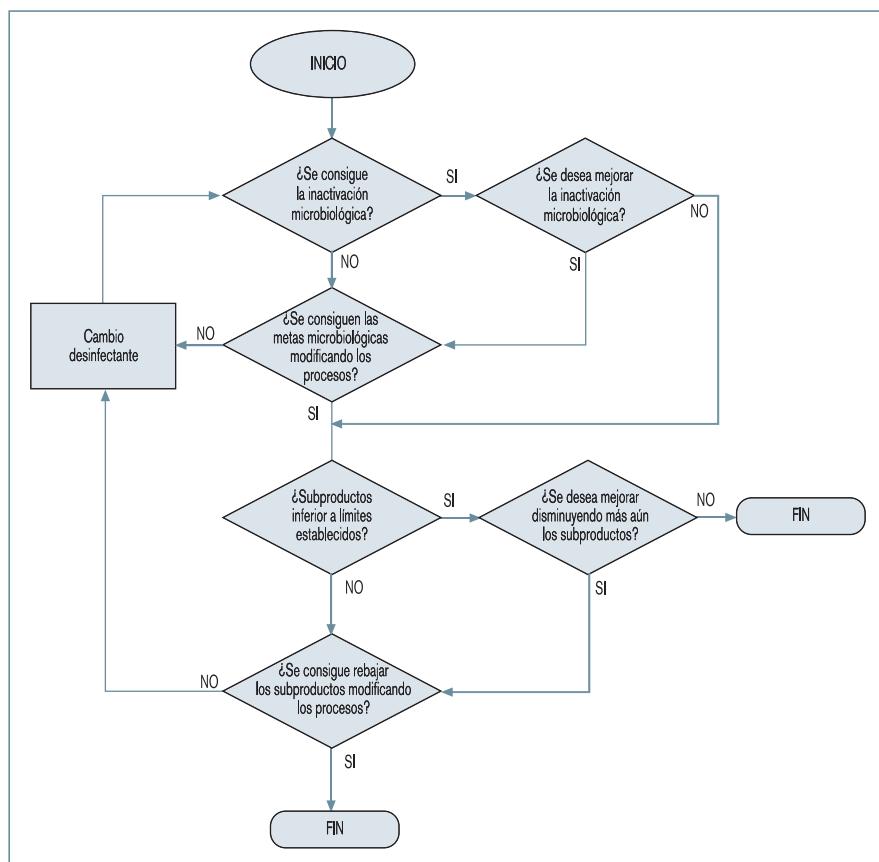
Proporcionar agua libre de patógenos.

Evitar la producción de subproductos de la desinfección.

Mantener una calidad bacteriológica en la red de abastecimiento, evitando los recrecimientos bacterianos.

El proceso de decisión empleado para determinar si el desinfectante consigue la inactivación microbiológica y no supera los límites establecidos de subproductos, se representa en el diagrama indicado en la figura 2, en el que se reflejan los límites microbiológicos y de subproductos que conseguir o incluso mejorar estos límites, también se indican las posibles modificaciones que introducir en el

Figura 2. Diagramas de decisión



proceso (cambio del punto de aplicación, aumento de la dosis y/o tiempo de contacto, cambio del pH, mejoras en la coagulación y filtración, etcétera) e incluso aplicar un nuevo desinfectante si no se consiguen las metas deseadas, tanto microbiológicas como de formación de subproductos.

En la selección del desinfectante es fundamental conocer la concentración del carbono orgánico total (COT), ya que una elevada concentración de COT inducirá a un alto potencial en la formación de subproductos y, en este caso, habrá que seleccionar un desinfectante que no origine subproductos o, al menos, que lo haga en baja cantidad. Por otra parte, es importante conocer también la concentración de bromuros, para descartar en el caso de altas concentraciones de éstos, el empleo de fuertes oxidantes, como el ozono, que originarían bromatos como subproducto.

Desinfectante secundario es el que se emplea en algunos sistemas de tratamiento y abastecimiento con el objetivo principal de mantener un desinfectante residual a lo largo del sistema de distribución; se limita así el crecimiento de microorganismos en las instalaciones de

la red (*biofilm*) y se protege contra la recontaminación procedente del exterior. El empleo de uno u otro desinfectante secundario depende del primario utilizado y de las características de cada sistema de abastecimiento. El seguimiento o monitorización continua del desinfectante residual en varios puntos de la red de abastecimiento nos indica si su concentración se altera, lo cual, a su vez, es señal, por ejemplo, de que han podido entrar sustancias oxidables externas o que se ha podido producir una deficiencia en el proceso de tratamiento. Las concentraciones mínimas que mantener del desinfectante residual suelen ser reguladas por las autoridades responsables para mantener siempre un agua microbiológicamente segura.

En la selección del desinfectante secundario hay que considerar tres parámetros, que pueden estar real o potencialmente presentes en el agua que sale de la planta:

– Concentración de carbono orgánico asimilable (COA): generalmente, se produce cuando el contenido de carbono orgánico total del agua es elevado y ésta ha sido tratada con un fuerte oxidante empleado como desinfectante prin-

cipal, como puede ser el caso del ozono. En estos casos es aconsejable la filtración biológica o con carbono activo en grano del agua antes de salir de la planta de tratamiento.

– Formación potencial de subproductos de la desinfección: son los subproductos que se pueden formar en la red de distribución si se emplea cloro.

– Tiempo de retención en el sistema de distribución: en los sistemas de distribución extensos pueden ser necesarias estaciones suplementarias de desinfección para mantener una concentración deseada del desinfectante residual a menos que se utilicen desinfectantes suficientemente estables como las cloraminas.

El diagrama de flujo correspondiente se muestra en la figura 3.

Valores guía reglamentados sobre subproductos

Se han desarrollado regulaciones o guías para el control de los SPD y minimizar el riesgo a los consumidores.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) fijó en 2004, unos valores guía para algunos subproductos que se indican en la tabla 2.

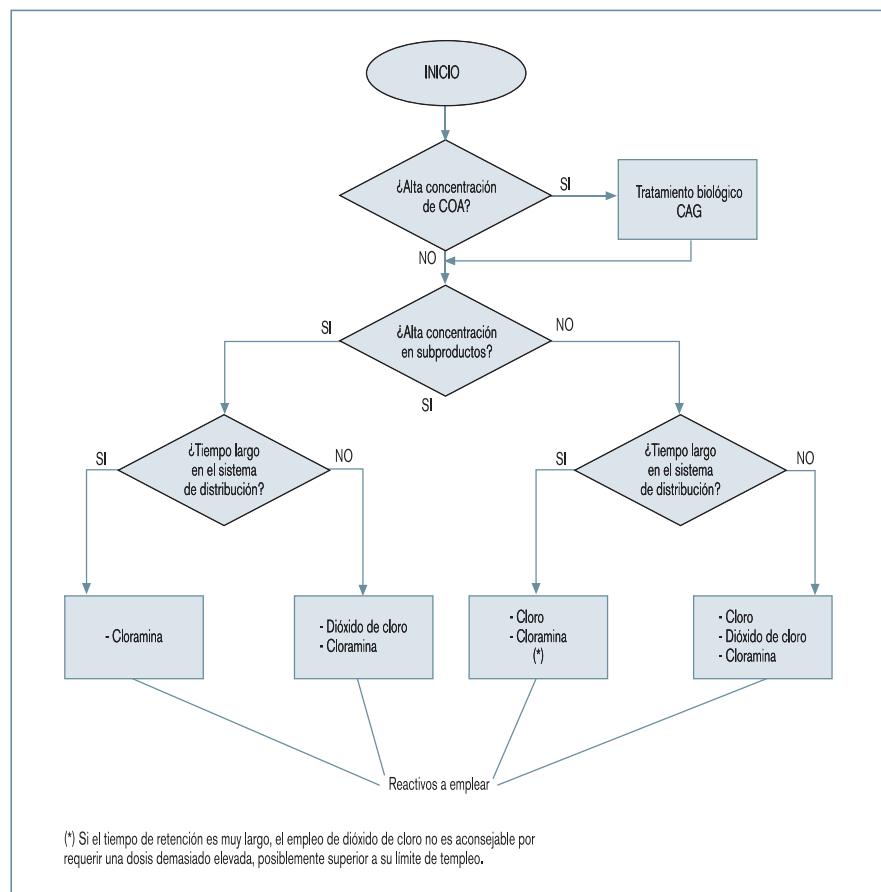
El total de THM representa la suma de la concentración de los cuatro THM (cloroformo, bromodíclorometano, dibromodíclorometano y bromoformo). La suma del cociente de la concentración de cada uno de los THM a su respectivo valor guía no debe exceder de 1.

Estos subproductos han sido presentados por la OMS como la concentración en el agua de bebida asociada a un riesgo de cáncer de 10^{-5} , es decir, un caso adicional de cáncer por 100.000 personas que consumen el agua con la concentración guía del subproducto en 70 años. La UE considera un riesgo de 10^{-6} en lugar del 10^{-5} propuesto por la OMS.

La Directiva Europea 98/83 de 3 de noviembre de 1998 fija un valor paramétrico para el total de trihalometanos de $100 \mu\text{g/l}$, (1 de enero de 2009), si bien para el periodo comprendido entre el quinto y décimo año, a partir de la entrada en vigor, el valor paramétrico se fija en $150 \mu\text{g/l}$, indicando igualmente que los Estados miembros deberán procurar obtener un valor más bajo, cuando sea posible, sin que afecte a la desinfección.

Por su parte, la EPA, en EE UU, fija unos valores máximos: para el total de trihalometanos de $80 \mu\text{g/l}$, para el total de los cinco ácidos haloacéticos $60 \mu\text{g/l}$, para los bromatos $10 \mu\text{g/l}$ y para el clorito $1,0 \text{ mg/l}$.

Figura 3. Diagrama de flujo de reactivos en la selección del desinfectante secundario.



Subproductos para la desinfección	Valor guía (mg l ⁻¹)
Cloroformo	0,2
Bromodíclorometano	0,06
Dibromodíclorometano	0,1
Bromoformo	0,1
Ácido dicloroacético	0,05
Ácido tricloroacético	0,2
Bromato	0,01
Clorito	0,7
Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	0,01
Dicloroacetonitrilo	0,02
Dibromoacetonitrilo	0,07
Cloruro de cianógeno	0,07
2,4,6-triclorofenol	0,2
Formaldehido	0,9

Tabla 2. Subproductos de desinfección, valores guía (OMS).

La EPA también establece en EE UU para el caso concreto del cloroformo, unas concentraciones de 1,90 mg/l, 0,19 g/l y 0,019 mg/l para unos riesgos de 10⁻⁵, 10⁻⁶ y 10⁻⁷, respectivamente.

La correcta desinfección no puede abandonarse ni dejarse en segundo término ante un problema derivado de los subproductos de la desinfección, al igual que la propia OMS establece que los criterios microbiológicos deben tener siempre preferencia y siempre que se pueda la concentración de subproductos deberá reducirse actuando sobre el proceso global de tratamiento.

Formación de los subproductos

Esquemáticamente, la formación de subproductos de la desinfección o DBP es la siguiente:

Desinfectante u oxidante + precursores (materia orgánica natural + bromuros) \Rightarrow subproductos de la desinfección

Puesto que el cloro es el agente desinfectante más utilizado, los derivados orgánicos clorados que se generan en la cloración de aguas, principalmente superficiales, han sido los más estudiados. La materia orgánica precursora de los subproductos de la cloración son esencialmente los ácidos fulvicos y húmicos, los aminoácidos y los nitrofenoles, que dan lugar a diferentes subproductos como los trihalometanos, los ácidos haloacéticos, los haloacetonitrilos, la cloropicrina y los clorofenoles.

Los mecanismos de formación de los subproductos se producen al reaccionar el agente desinfectante, como sería el caso del cloro y la materia orgánica natural presente en el agua bruta (mate-

ria orgánica natural [MON]), formada principalmente por sustancias húmicas.

La formación de trihalometanos puede representarse mediante la "reacción halomorfo" siguiente:

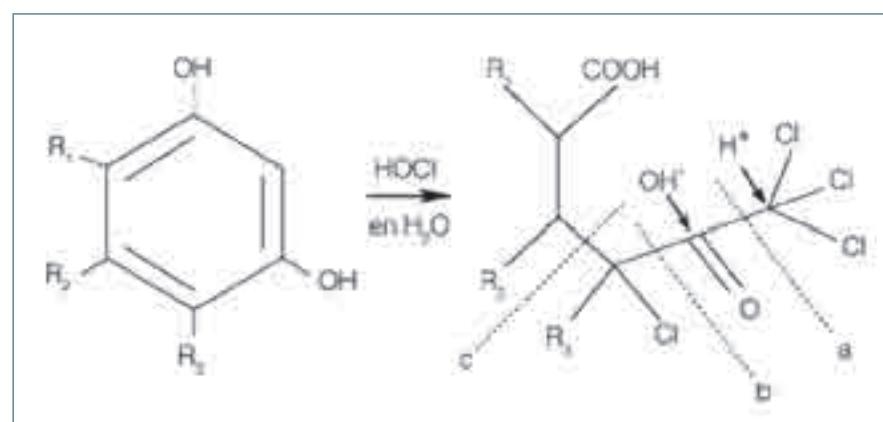
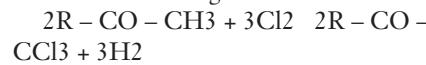


Figura 4. Mecanismo de formación de los THM.

ria orgánica natural [MON]), formada principalmente por sustancias húmicas.

La formación de trihalometanos puede representarse mediante la "reacción halomorfo" siguiente:



La posterior hidrólisis dará lugar a:

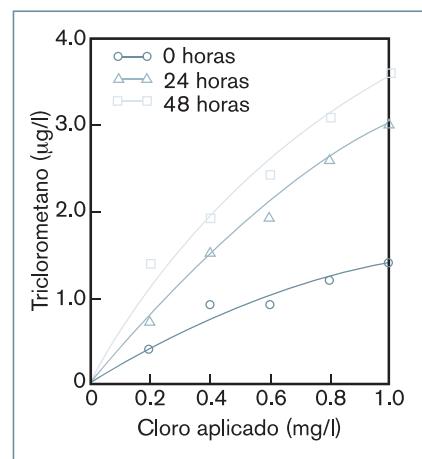


Rook ha propuesto un mecanismo de formación de los THM (figura 4) a partir de las moléculas de tipo resorcinol, de forma que mediante la oxidación por el ácido hipocloroso (HOCl) da lugar a una halogenación y a la iniciación del ciclo aromático. Después una fractura de la molécula (en a) forma los trihalometanos. La fractura por la inserción de un hidróxido (en b) permite la formación de un ácido haloacético, mientras que una tercera fractura (en c) forma halocetona.

La dosis de cloro aplicada a un agua

en una primera fase relativamente rápida y otra posterior más lenta, en todo caso la reacción se completa al 75-80% después de 24 horas de contacto y sigue más lentamente durante los cuatro o cinco

Figura 5. Formación del cloroformo.



días siguientes. Las reacciones pueden considerarse, pues, que son lentas.

Considerando que la cinética de la desinfección por medio de cloro es más rápida que la formación de los subproductos, podemos aprovechar esta circunstancia para, una vez conseguida la desinfección con una precloración, eliminar o estabilizar el efecto subsiguiente del cloro libre ya sea mediante una decloración o mejor aún, formando cloraminas.

Las sustancias húmicas precursoras de la formación de los THM (suelen constituir el 50% de la MON) se originan principalmente por la degradación de sustancias vegetales, por arrastres de sustancias del suelo y por los propios procesos biológicos de las algas presentes en el agua. Son compuestos de anillo aromático que se rompen cuando el cloro actúa sobre ellos y, finalmente, se forman compuestos con uno o dos átomos de carbono (haloformos y, a veces, haloetanos).

En general, la formación de THM se ve favorecida por el aumento de los precursores, del pH, de la temperatura, de la dosis de cloro y del tiempo de contacto del cloro con el agua.

La formación de los haloformos se produce cuando el cloro empleado está en forma de cloro libre, sin formarse, en cambio, con el cloro combinado como si fuera cloramina, ni con el dióxido de cloro.

La MON se considera el mayor precursor en la formación de subproductos de la desinfección y COT. La absorbancia UV a 254 nm se suele utilizar como una cuantificación global de los precursores.

La combinación de los diversos productos empleados en la desinfección, en las distintas fases de ésta, genera, a su vez, distintos subproductos, que de una forma resumida se presentan en la tabla 3.

Factores que inciden en la formación de subproductos

Diversos factores que inciden de manera importante en la inactivación de patógenos influyen también en la formación de subproductos de la desinfección. En la tabla 4 se resumen estas influencias.

Algunos estudios de diversos autores como Clar han llegado a fijar para un agua concreta una relación entre los THM totales y el contenido en COT (determinado por la absorbancia, UV a 254 nm): $THM = 2,056 + 1.648,2 \text{ UV}$.

Otros autores, como Hutton y Cheng, han llegado a predecir la concentración de THM a las 24 horas de contacto por una relación directa con

Proceso			Subproductos	Observaciones
Preoxidación	Desinfectante Primario	Desinfectante secundario		
Cloro	Cloro	Cloro	XSPD*	Máxima formación de XSPD comparada con otra combinación. Principalmente, se forman THM y ácidos haloacéticos (AHA)
			Aldehídos	Formación a muy baja escala
Cloro	Cloro	Cloramina	XSPD Cloruro y bromuro de cianógeno	Formación de XSPD (THM y AHA) en menor cantidad que la combinación cloro/cloro/cloro
			Aldehídos	Formación a muy baja escala
			XSPD	Formación de XSPD más reducido que empleando cloro en preoxidación
Dióxido de cloro	Cloro	Cloro	Aldehídos y ácidos carboxílicos	Formación relativamente baja
			Clorato y clorito	Possible formación de ambos
			XSPD Cloruro y bromuro de cianógeno	Formación de XSPD más reducida que el caso dióxido/cloro/cloro al no emplear cloro libre como desinfectante secundario
Dióxido de cloro	Cloro	Cloramina	Aldehídos y ácidos carboxílicos	Formación a muy baja escala
			Clorato y clorito	Possible mayor formación de clorito
			XSPD	Formación de XSPD principalmente por la desinfección secundaria con cloro libre
Dióxido de	Dióxido de	Cloro	Aldehídos y ácidos maleico y carboxílico	Formación a muy baja escala
			Clorato y clorito	Possible mayor formación de clorito
			XSPD	Formación mínima de XSPD, especialmente THM y AHA, al no usar cloro libre
Dióxido de	Dióxido de	Cloramina	Aldehídos y ácidos maleico y carboxílico	Formación a muy baja escala
			Clorato y clorito	Possible mayor formación de clorito
			XSPD	Formación de XSPD más reducida que empleando cloro en preoxidación **
Permanganato potásico	Cloro	Cloro	Aldehídos	Formación relativamente baja
			XSPD	Formación de XSPD más reducida que empleando cloro en preoxidación **
Permanganato potásico	Cloro	Cloramina	XSPD Cloruro y bromuro de cianógeno	Formación de XSPD en menor cantidad que la combinación Permanganato/cloro/cloro
			Aldehídos	Formación a muy baja escala
Ozono	Ozono	Cloro	XSPD	Formación de ciertos XSPD, que puede ser mayor o menor comparado con cloro/cloro/cloro. Formación de subproductos brominados cuando hay bromuros en el agua bruta

			Bromatos, aldehídos ácidos carboxílicos	Formación de cantidades relativamente elevadas
Ozono	Ozono	Cloramina	XSPD Cloruro y bromuro de cianógeno	Formación de XSPD minimizada al no usar cloro libre
			Bromatos, aldehídos, ácidos carboxílicos	Formación en cantidades relativamente elevadas

* XSPD: subproductos halogenados de la desinfección.

** Puede disminuirse aún esta formación desplazando el punto de adición del cloro.

Tabla 3. Subproductos de la desinfección asociados con los diversos procesos combinados de oxidación/desinfección.

Tabla 4. Influencia de diversos factores en la inactivación de patógenos y en la formación de subproductos de la desinfección

Factor considerado	Impacto en la inactivación de patógenos	Impacto en la formación de subproductos de la desinfección
Tipo de desinfectante	Depende de la eficacia de la inactivación	Depende de la reactividad del desinfectante
Potencia del desinfectante	A mayor potencia del desinfectante, mayor rapidez en el proceso de la desinfección	A mayor potencia del desinfectante, mayor es la cantidad de subproductos formados
Dosis de desinfectante	El incremento en la dosis de desinfectante incrementa la tasa de desinfección	En general, el incremento en la dosis aumenta la tasa de formación de subproductos
Tipo de organismo	La susceptibilidad para la desinfección varía según el grupo del patógeno. En general, los protozoos son más resistentes a los desinfectantes que las bacterias y virus	Ninguno
Tiempo de contacto	Con el aumento del tiempo de contacto decrece la dosis requerida de desinfectante para un tipo de desinfección dado	El incremento del tiempo de contacto, para una dosis dada de desinfectante, aumenta la formación de subproductos de la desinfección
Turbidez	Las partículas que dan lugar a la turbidez pueden proteger a los microorganismos de la acción de los desinfectantes.	El aumento de turbidez puede estar asociado con el aumento en la materia orgánica natural, que, a su vez, supone un incremento de la cantidad de precursores y subproductos de la desinfección, cuando se aplica el desinfectante
pH	El pH puede afectar a la forma del desinfectante y, por tanto, a su eficiencia	El pH influye en gran medida en la formación de subproductos de la desinfección
Materia orgánica disuelta (MOD)	LA MOD origina una mayor demanda del desinfectante, reduciendo la cantidad de éste disponible para la inactivación de patógenos	El incremento de MOD supondrá una mayor cantidad de precursores para la formación de subproductos de la desinfección cuando se aplica el desinfectante
Temperatura	El incremento de temperatura incrementa la tasa de desinfección	El incremento de temperatura conlleva una más rápida reacción de oxidación y, por tanto, un incremento en la formación de subproductos de la desinfección

el carbono orgánico disuelto, COD y la absorbancia UV de un agua: $THM_{24 \text{ horas}} = 2,35 (\text{COD} \times \text{UV}_{\text{abs}})^{0,59}$.

Métodos para reducir la formación de subproductos

La materia orgánica natural se puede eliminar o reducir mejorando los fenómenos de coagulación-flocculación, sedimentación, filtración y adsorción empleando carbón activo. La reducción de la materia orgánica reduce paralelamente la necesidad de agentes oxidantes y minimiza los problemas de sabores y subproductos.

Si los subproductos de la desinfección ya se han formado, se pueden reducir o eliminar algunos, mediante *stripping* con aire y adsorción con carbón activo en grano.

Habrá que tener en cuenta que los subproductos de desinfección pueden volver a formarse en la red de distribución, si se emplea cloro como desinfectante residual y, por otra parte, también habrá que considerar que cuando se regenera el carbón activo granular por el que ha pasado agua clorada, se pueden producir dioxinas y, además, la capacidad de adsorción del carbón activo se agota rápidamente cuando se adsorben THM. Por tanto, es mejor emplear el carbón activo para eliminar los precursores de THM que para eliminar los THM formados.

De lo anteriormente expuesto, se desprende la necesidad de revisar la práctica de la cloración, de manera que se reduzca la formación de estos compuestos orgánicos clorados, actuando en varias direcciones y salvaguardando siempre la calidad del agua.

En primer lugar, lo aconsejable sería que no llegaran a formarse los haloformos, pues cuando ya lo están, es difícil su eliminación con las operaciones convencionales que tienen lugar en el proceso de tratamiento del agua, y es la aireación la técnica que elimina en mayor medida estos THM. La prevención de la formación de subproductos es, generalmente, más eficaz y económica que la eliminación, una vez formados.

Los precursores se reducen dentro del proceso de tratamiento en las fases de coagulación-flocculación y filtración y con el empleo de carbón activo.

Señalamos algunas de las actuaciones que se pueden seguir para reducir la formación de estas sustancias:

– Ajustar durante la cloración el valor del pH, próximo a 7 y no a pH más altos.

– Cambiar el punto de cloración dentro del proceso, con objeto de eliminar

la mayor parte de los precursores antes de entrar en contacto con el cloro, es decir, proceder a una coagulación-floculación y sedimentación parcial antes de la precloración. Unos eficaces procesos de coagulación, floculación, decantación y filtración pueden eliminar gran parte de los precursores de subproductos y, a la vez, reducir la cantidad del desinfectante requerido.

– Ajustar la dosis de cloro y el tiempo de contacto, de forma que atendiendo a las necesidades bactericidas del agua, y después de haber reaccionado el cloro preciso con el amonio (velocidad de reacción rápida), no sobre cloro, que llegaría a formar THM.

– Finalmente, como actuación para disminuir o evitar la formación de THM, debería no emplearse cloro en la desinfección inicial. En este sentido, cabe destacar el empleo de dióxido de cloro, ozono y cloraminas (estas últimas como desinfectante residual o secundario), que no generan THM. En cualquier caso, hay que tener presente que en la desinfección del agua no sólo se generan THM como subproductos de la desinfección, sino que existen otros muchos compuestos o subproductos generados en la desinfección, tanto al emplear cloro, como al utilizar otros de los desinfectantes mencionados.

La reducción de la concentración de cloro aplicada en la desinfección del agua es un hecho en diversas ciudades de Europa (Holanda, Alemania, Dinamarca) a veces por las presiones de los propios consumidores, debido al sabor que produce el cloro como por los nuevos valores exigidos para los THM. En bastantes sistemas esto se conseguirá a muy alto costo y esfuerzo, principalmente en aguas de superficie y extensas redes de distribución y no deberá olvidarse lo ya indicado al comienzo en cuanto a que el riesgo que conllevan los subproductos de la cloración es muy débil frente al riesgo que comporta un agua no desinfectada.

Los datos de la OMS a este respecto son claros. Manifiesta que la desinfección del agua ha reducido el 25% los episodios diarreicos y la mortalidad en el Tercer Mundo. También que aún está presente la epidemia de cólera del 1991 en Perú, extendida a varios países de Suramérica con cerca de 500.000 afectados y unos 4.000 muertos; su origen fue una mala desinfección del agua. Asimismo, menciona el reciente brote de *E. coli*, en mayo de 2000, en una pequeña ciudad de Canadá, que afectó a unas 500 personas y que incluso causó varias muertes; en él se apuntó la posibilidad de problemas en la

desinfección del agua. Por último y más recientemente (en 2008 y 2009), recuerda la epidemia con varios miles de muertos en Zimbabue.

Hay que tener claro cuál es el riesgo de la desinfección y el de la no desinfección. La probabilidad de enfermar e incluso de morir por enfermedades originadas por agua no desinfectada (diarrea, fiebre tifoidea, cólera, etcétera) como puede ocurrir en países subdesarrollados y en zonas deprimidas, es mayor y a más corto plazo que el riesgo potencialmente bajo del agua desinfectada.

Tres suelen ser los tipos de exposición de las personas a los subproductos de la desinfección: ingestión por vía oral, absorción por la piel e inhalación a través de las vías respiratorias. La ingestión de THM por vía oral es consecuencia del consumo de agua tratada con cloro. La absorción cutánea se da, principalmente, en piscinas (en especial, en las cubiertas) duchas, humidificadores, etcétera. La inhalación viene causada al ser los THM componentes volátiles del agua potable desinfectada con cloro, por lo que pueden estar presentes en el aire.

Existen otros productos de uso doméstico como suavizantes, insecticidas, detergentes y blanqueadores a base

de cloro que pueden contener THM. También ciertas actividades industriales como plantas de tratamiento de agua, de fabricación de pasta de papel y centrales nucleares.

En la tabla 5, elaborada por la EPA (1999), se recogen varios tipos de subproductos de la desinfección hallados en el agua potable y sus efectos nocivos.

El cloroformo ha sido clasificado como posible carcinogénico para humanos (grupo 2), basado en una evidencia limitada en humanos, pero suficiente en animales (International Agency for Research on Cancer [IARC], 1999). En un estudio de la OMS (International Programme on Chemical Safety; Ginebra, 2004), se estableció como dosis tolerable diaria (TDI) 0,015 mg/kg de peso corporal por día, calculado así:

$$\frac{12 \text{ mg/l}}{25} \times \frac{21}{64} = 0,015 \text{ mg / kg de peso por día}$$

12 mg/l: intervalo de confianza del 95%, para el 5% de incidencia de quistes hepáticos.

25: factor de incertidumbre en estudios toxicocinéticos

Tabla 5. Información toxicológica de los SPD

Información toxicológica de los SPD			
Clase de subproducto	Compuesto	Clasificación EPA	Efectos nocivos
Trihalometanos (THM)	Cloroformo	B2	Cáncer, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Dibromoclorometano	C	Sistema nervioso, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Bromodiclorometano	B2	Cáncer, hígado, riñón efectos sobre la reproducción
	Bromoformo	B2	Cáncer, sistema nervioso, hígado, efectos sobre el riñón
Haloacetonitrilo (HAN)	Tricloroacetonitrilo	C	Cáncer, efectos mutagénicos y clastogénicos
Aldehídos halogenados y cetonas	Formaldehído	B1	Mutagénicos*
Halofenol	2-Chlorofenol	D	Cáncer, agente de tumores
	Ácido dicloroacético	B2	Cáncer, efectos sobre la reproducción y el desarrollo
	Ácido tricloroacético	C	Hígado, riñón, bazo, efectos sobre el desarrollo
Compuestos inorgánicos	Bromatos	B2	Cáncer
	Cloritos	D	Efectos sobre el desarrollo y la reproducción

A: carcinógeno humano, B1: carcinógeno humano probable (con alguna evidencia epidemiológica), B2: carcinógeno humano probable (evidencia de laboratorio suficiente), C: carcinógeno humano posible, D: no clasificable, *: exposición por inhalación. Modificada de EPA (1999b).

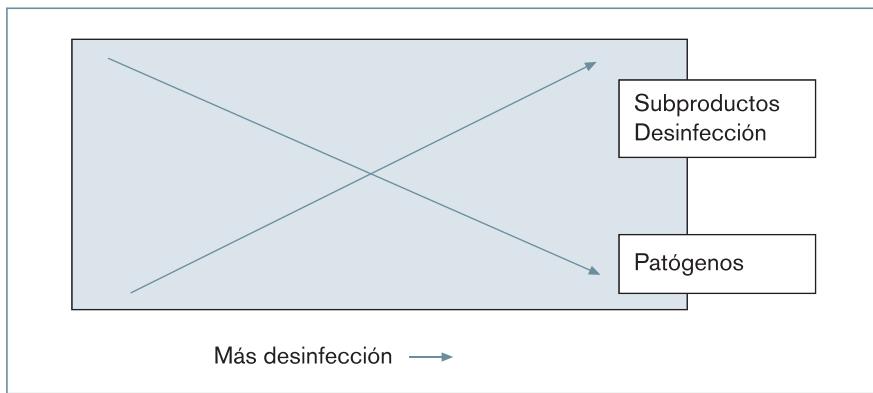


Figura 6. Resultados de la combinación de dos o más desinfectantes.

2 l: es la cantidad de agua consumida por día

64: Peso promedio de un adulto

La parte positiva de la desinfección es, principalmente, la eliminación de organismos patógenos y el lado negativo es la formación de subproductos, ambos contrapuestos.

Se puede concluir que ningún desinfectante reúne los requisitos que lo hagan el desinfectante perfecto, en cuanto a la desinfección y formación de subproductos, si bien la combinación de dos o más puede lograr resultados más satisfactorios que uno solo (figura 6).

Bibliografía

Ramírez Quirós F. *Tratamiento de desinfección del agua potable*. Editorial Canal Educa, Madrid 2005.

Nikolau A, Rizzo L, Selcuk H. *Control of Disinfection By-Products in Drinking Water Systems*. Nova Science Publishers, Universidad de Michigan, 2006. Digitalizado el 4 diciembre de 2007.

Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproduct Rule (Stage 2 DBP rule). United States Environmental Protection Agency (junio 2007). URL: <http://www.epa.gov/safewater/disinfection/stage2/basicinformation.html>

Organización Mundial de la Salud. *Guías para la calidad del agua potable*, 3^a edición.

Francisco Ramírez Quirós

f.ramirez.q@telefonica.net

Ingeniero técnico industrial químico, economista y master en Planificación y Administración de Empresas. Ha desarrollado su carrera profesional en la empresa Canal de Isabel II (CYII), en sus principales estaciones de tratamiento de agua potable, ocupando diversas jefaturas de división en este sector del tratamiento del agua. Gestiona el portal www.elaguapotable.com dedicado al agua potable y a su tratamiento.

Técnica Industrial

Editor: Fundación Técnica Industrial
Consejo General de Colegios de Ingenieros
Técnicos Industriales de España
www.fundaciontindustrial.org

Fecha de aparición: 1952

Difusión: 54.256 ejemplares
(controlados por  en el periodo enero-diciembre 2009).

Tirada: 56.785 ejemplares de promedio en 2009. Distribución directa por suscripción a colegiados a nivel nacional y otras suscripciones (incluye 1.500 de promoción).

Periodicidad: bimestral (seis números al año).

Próximos números:

291 Febrero 11, **292** Abril 11,
293 Junio 11, **294** Agosto 11,
295 Octubre 11, **296** Diciembre 11.

Tarifas de publicidad

Interior
de portada
3.200 €

Interior
contraportada
3.200 €

Contraportada
3.850 €

Página
interior color
2.400 €

1/2 página
vertical color
1.600 €

1/2 página
horizontal
color 1.600 €

1/4 página
color
650 €

- Por emplazamiento preferencial: recargo del 15%.
- La confección del material corre a cargo del anunciante.
- El material se entregará en soporte digital.
(en formato pdf cerrado o tif) en un CD con prueba de color en papel.
- Precios sin IVA.
- Se admiten publirreportajes y encartes (precios a determinar según características).

Ajuste de parámetros PID en lazos de control de procesos industriales

Juan Ángel Gámiz Caro y Javier Gámiz Caro

Adjustment of PID parameter in industrial process control loops

RESUMEN

El comportamiento temporal de un lazo de control constituye habitualmente un tema que ocupa y preocupa al operador de planta, habida cuenta de que una mala determinación de los parámetros que caracterizan las componentes de la acción de control tiene, en muchos casos, un efecto no deseado sobre la respuesta del sistema y la estabilidad de las variables de proceso. Sin profundizar en la abundante literatura matemática que aborda la teoría de control y la dinámica de sistemas, es posible poner en práctica unos procedimientos y apuntar reglas simples que permitan establecer con ciertas garantías el valor de los parámetros que describen el comportamiento del lazo de control. Una de las acciones de control más comúnmente utilizada en la regulación de variables de proceso es la acción combinada P+I+D. Este artículo recoge dos métodos prácticos que permitirán calcular los valores de las componentes básicas de esta acción (la proporcional, la integral y la derivativa) y establecer una aceptable ponderación entre ellas para formar la acción global de control que debe generar el dispositivo de regulación.

ABSTRACT

The temporal behaviour of a control loop, usually constitutes a subject of concern for plant operators, due to the fact that a mis-judgement of the parameters defining the components of the control action can have, in many cases, an undesirable effect on the system response and the stability of the process variables. Without going into any depth on the abundant mathematical literature on the subject of systems dynamics and control theory, it is possible to put into practice certain procedures, and to highlight simple rules which permit the establishment, with certain guarantees, of the value of the parameters which determine the behaviour of the control loop.

One of the most commonly used control actions in the regulation of process variables is the combined action P+I+D. This article includes two practical methods for calculating the values of the basic components of this action (the proportional, the integral and the derivative) and establish an acceptable weighting between them to form the global control action generated by the regulatory mechanism.

Palabras clave

Control de procesos, lazos de control, controlador PID, plantas industriales.

Keywords

Process control, control loops, PID controller, industrial plants.



Foto: Pictelia

Ajuste del lazo de control

Una acción de control PID (proporcional integral derivativo)¹ viene caracterizada por la expresión:

$$S_{\text{salida}} = K_p \cdot \varepsilon + \frac{K_p}{T_I} \int \varepsilon \cdot dt + K_D \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} + N$$

El primer sumando de esta expresión es una componente que participa en la acción global con un peso proporcional a la diferencia entre la consigna y la medida ($\varepsilon = \text{error}$). Al parámetro K_p se le denomina factor proporcional o ganancia y, en muchos casos, viene expresado como la inversa de la denominada banda proporcional (BP).

El segundo sumando, denominado de acción integral, participa en la expresión con un peso proporcional a la permanencia del error en el tiempo. El parámetro T_I es el tiempo integral en minutos por repetición y el cociente K_p/T_I , también llamado factor de acción integral, K_p viene dado habitualmente en repeticiones por minuto, esto es, las veces que la componente de acción integral contiene a la componente de acción proporcional K_p en un minuto.

El tercer sumando, denominado de acción derivativa, participa en la acción global de forma proporcional a la rapidez

de cambio del error. El parámetro T_D es el tiempo derivativo en minutos y el producto $K_p \cdot T_D$, denominado factor de acción derivativa (K_D), aporta una acción anticipativa equivalente a la componente de acción proporcional K_p en un tiempo T_D .

La constante N se corresponde con la acción de control que debe proporcionar el controlador con una señal de error nula.

Caso práctico

Considérese el siguiente caso práctico: se desea acondicionar una determinada zona, regulando el caudal del aire frío de entrada a través de una trampilla (*damper*) sobre la que actúa la acción correctora, de tipo PID, generada por un controlador que toma la señal de medida de un transmisor de temperatura expuesto al ambiente (figura 1).

El controlador dispone de los potenciómetros de ganancia, tiempo integral y tiempo derivativo, que deben ser ajustados de forma apropiada para obtener una diferencia reducida entre el valor de consigna (18,0 °C) y el de medida (24,5 °C) y, además, sin que se produzcan oscilaciones importantes de temperatura en la zona. Inmediatamente surge la pregunta: ¿en qué posición se han de colocar los potenciómetros? Antes de res-

ponder a la pregunta es conveniente conocer algunos detalles:

a) En algunos controladores el potenciómetro que modifica la acción proporcional viene indicado en términos de banda proporcional (BP), en lugar de ganancia (K_p). Si es así, hay que recordar que la banda proporcional es:

$$BP_{\text{prop}} = 100 \frac{1}{K_p}$$

b) Si la temperatura de la zona es, por ejemplo, de 24,5 °C y el *damper* se encuentra cerrado, es previsible que al abrirlo en el instante t_0 , la temperatura que muestra el visualizador del controlador, evolución de cualquiera de las maneras que muestran las gráficas de la figura 2, o de acuerdo a una combinación de ellas².

Si la temperatura evoluciona como se muestra en la figura 2a, puede asegurarse que se trata de un sistema con un retraso puro (tiempo muerto). Habitualmente, este retraso es el tiempo de transporte de materia y/o energía de un lugar a otro y, en este caso, puede entenderse que se trata del tiempo (tm) que tarda el aire frío en llegar al sensor de temperatura, es decir, en recorrer la distancia d . La gráfica indica también que el sistema res-

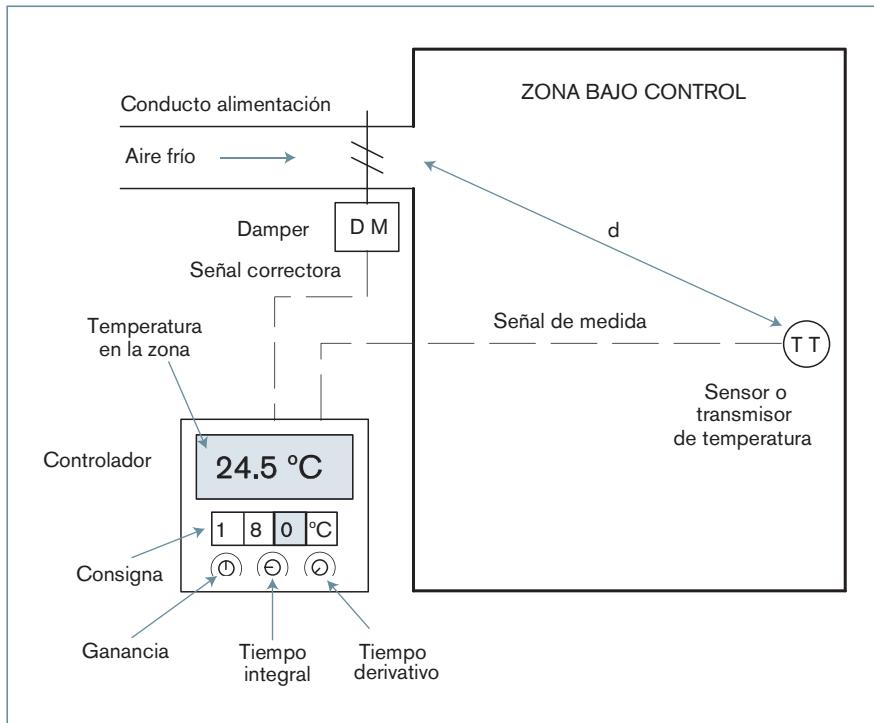


Figura 1. Ejemplo de un sistema para el control de temperatura ambiente

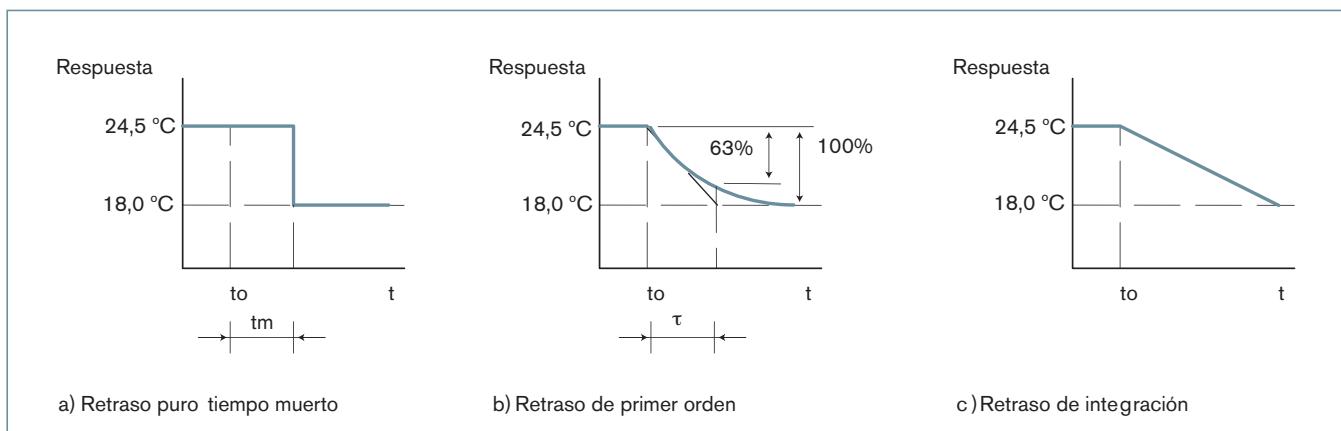


Figura 2. Possible evolución del sistema frente a una entrada en escalón

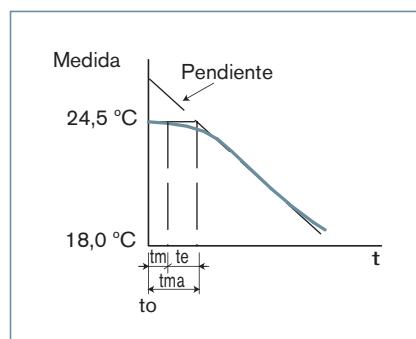
pondería de forma inmediata al contacto del aire frío con el sensor. En la práctica esto no sucede nunca.

Suponiendo una distancia d igual a cero, esto es, el sensor ubicado a la salida del *damper*, y que el sistema responde como muestra la figura 2b, se estaría en condiciones de afirmar que el sistema presenta un retraso de primer orden. En esta situación, se produce el 63% de la respuesta en un tiempo (τ) denominado constante de tiempo del sistema. Habitualmente, este retraso es atribuible, en su forma más simple, a la inercia de respuesta que presenta el elemento de medida.

Si se mantiene una distancia d igual a cero y se observa una respuesta como la que indica la gráfica de la figura 2c, se estará en presencia de un sistema con

retraso de integración producido, en este caso, por la acumulación de energía que se da en los elementos de la cadena de medida (sensor, transductor, etcétera).

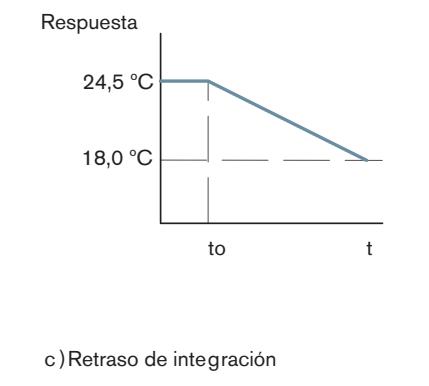
Figura 3. Respuesta esperada del sistema a una entrada en escalón



La respuesta real del sistema (incluidos los retrasos del controlador) al abrir el *damper* se aproximará más a la curva que se muestra en la figura 3. La curva recoge el conjunto de retrasos descritos; el tiempo muerto puro (tm), los posibles retrasos de primer orden (te) y el retraso de integración. A la suma del tiempo muerto puro más la suma de retrasos de primer orden se le denomina tiempo muerto aparente (tma).

Ajuste de parámetros PID en lazo abierto

Supongamos que el controlador de la figura 1 genera una acción correctora en intensidad dentro del rango de 4 a 20 mA, de tal manera que con una salida de 4 mA el *damper* se encuentra totalmente cerrado y con 20 mA el *damper* está completamente abierto. Hay que considerar que el campo de medida del controlador va de 0,0 °C a 70,0 °C (alcance = 70 °C).



Si el controlador se coloca en posición manual (actuando sólo como indicador y con su salida desconectada) y en el instante to se le aplica al *damper* una corriente constante, por ejemplo de 10 mA, que lo lleve desde su posición de cierre completo a cualquier otra posición intermedia, cabe esperar una curva con la forma que se muestra en la figura 4. Imagínese que la gráfica se ha confeccionado a partir de los valores de la temperatura ambiente leída cada minuto.

El valor de tma obtenido es sumamente importante. Es el valor de tiempo leído en el punto de intersección de la pendiente de la curva con la recta horizontal en el origen del ensayo. En este caso, dicho valor es de 4 minutos.

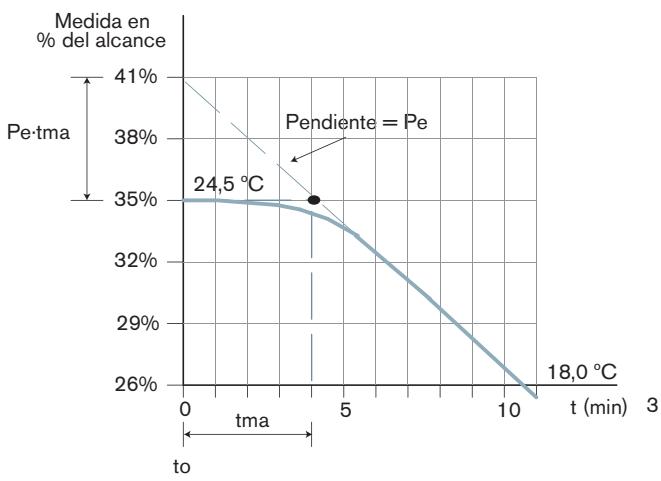


Figura 4. Respuesta real del sistema frente a una entrada en escalón

Con objeto de normalizar los cálculos³, el eje y de la gráfica se tabula en tanto por ciento del valor de medida respecto del alcance de escala del controlador. Así pues, para una temperatura de 24,5 °C y de 18,0 °C se tendrá:

$$\text{Medida inicial} = \frac{24,5}{70} \cdot 100 = 35\%$$

$$\text{Medida final} = \frac{18,0}{70} \cdot 100 = 25,7\%$$

El valor de la pendiente (Pe) se puede encontrar trazando la tangente a la curva entre dos valores cualesquiera lo suficientemente distantes:

$$Pe = \left[\frac{\Delta Y_{\text{real}}}{\Delta t} \right] = \left[\frac{35 - 25,7}{4 - 0,5} \right] = 2,27 \text{ min}^{-1}$$

Ahora será necesario calcular un parámetro que relaciona la entrada y salida normalizadas del controlador:

$$R_{\text{es}} = \frac{P_n}{\Delta Y_{\text{real}}}$$

Tabla 1. Parámetros PID calculados mediante la técnica de lazo abierto. Es conveniente aplicar el procedimiento de ajuste en lazo abierto a procesos lentos, tales como temperatura y composición

Parámetro	Fórmula	Valor obtenido
Ganancia	$K_p = \frac{K_u}{2}$	6,58
Tiempo integral	$T_i = P_n$	16 min/rep.
Tiempo derivativo	$T_d = \frac{P_n}{8}$	2 min

método de lazo cerrado para el sistema que se presentaba en la figura 1, ha de plantearse un procedimiento de trabajo radicalmente distinto al anterior. En este caso, el controlador habrá de funcionar en modo automático, esto es, regulando el proceso en todo momento. No obstante, antes de conectar el controlador se le habrá de anular tanto su acción integral ($K_i=0$ o $T_i=\infty$), como su acción derivada ($K_d=0$ o $T_d=0$). También se le habrá de establecer el valor de la consigna deseada, por ejemplo, 18,0 °C.

Arrancado el sistema y el controlador regulando el *damper* de aire frío, se debe ajustar el potenciómetro de ganancia (o banda proporcional en su caso) a un valor tal que se obtenga una oscilación pequeña y sostenida de la variable de medida (este paso es sumamente importante). Si se parte con el *damper* cerrado desde una temperatura ambiente de, por ejemplo, 24,5 °C, y el proceso evoluciona de manera correcta, es de esperar una respuesta parecida a la que se muestra en la figura 5. Aunque en la gráfica se ha dibujado así, la oscilación sostenida de la medida no tiene que producirse necesariamente en torno al valor de consigna.

El valor último de la ganancia (K_u) que ha mantenido la oscilación del proceso debe ser anotado. Este valor interviene en el cálculo de la ganancia que, finalmente, se establecerá en el controlador. Imaginemos que en el ejemplo K_u ha resultado ser 13.

Al analizar la curva de respuesta se observa que el periodo de la oscilación natural (P_n) es en este caso de 16 minutos. Este valor es fundamental, puesto que a partir de él se podrá determinar el resto de parámetros PID.

Se está en disposición de presentar los valores de ajuste de los parámetros PID del controlador. Estos se muestran en la tabla 1.

Ajuste de parámetros PID en lazo cerrado

Si se desea encontrar los valores de ajuste de los parámetros PID por el

Consideraciones finales

Mediante las técnicas de cálculo analizadas, se puede realizar un ajuste aceptable de los parámetros PID del controlador. Sin embargo, en bastantes ocasiones los valores obtenidos deben ser corregidos dependiendo de la dinámica del sistema y de las características del control. En cualquier caso, los valores obtenidos constituyen una aproximación importante a los valores que, finalmente, se establezcan.

A continuación, se exponen una serie de consideraciones, útiles para acabar de ajustar los valores de los parámetros PID a los requerimientos del proceso.

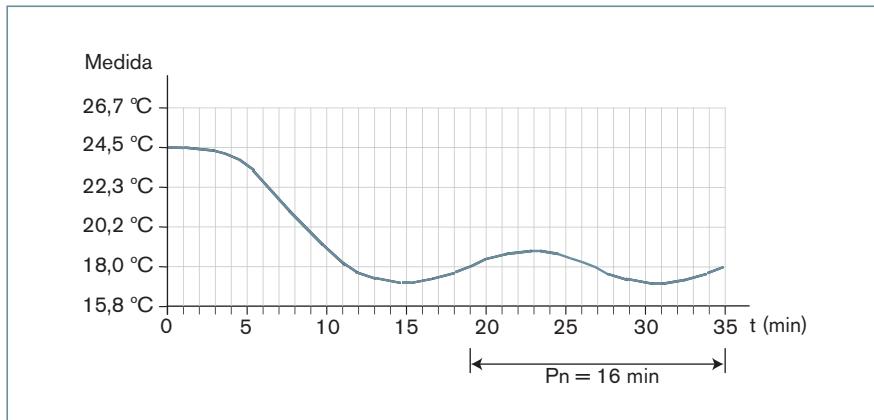


Figura 5. Respuesta del sistema en lazo cerrado con $K_u = 13$, $T_I = \text{valor máximo}$ y $T_D = 0$

Parámetro	Fórmula	Valor obtenido
Ganancia	$K_p = \frac{K_u}{2}$	6,5
Tiempo integral	$T_I = Pn$	16 min/rep.
Tiempo derivativo	$T_D = \frac{Pn}{8}$	2 min

Tabla 2. Parámetros PID calculados mediante la técnica de lazo cerrado. Es conveniente aplicar el procedimiento de ajuste en lazo cerrado a procesos rápidos, tales como caudal, presión y nivel

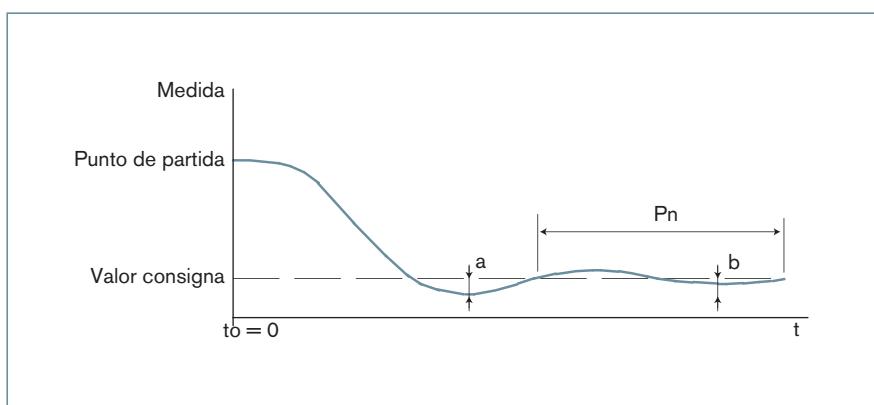


Figura 6. Respuesta prevista del sistema (una vez ajustados los parámetros PID)

a) Si se comparan las tablas 1 y 2 se obtiene una relación importante: $Pn \approx 4 tma$. Dependiendo de la naturaleza del sistema, el periodo natural suele estar comprendido entre 2 tma y 4 tma . Si la respuesta del sistema se caracteriza por un predominio del tiempo muerto y pocos retrasos más, puede resultar conveniente disminuir T_I de Pn a $Pn/2$ y rebajar K_p a $K_u/3$ o $K_u/4$.

b) Si la curva de respuesta denota, únicamente, la presencia de tiempo muerto y retardo de integración, puede que convenga aumentar T_I a $2Pn$ y mantener el valor de la ganancia.

c) Si en el ejemplo analizado anteriormente se ajustan los valores PID mediante los potenciómetros del controlador y se repite nuevamente el ensayo, cabe esperar que el sistema se comporte como muestra la figura 6. La calidad de sintonizado del lazo de control viene dada por la relación entre los valores a y b de la gráfica. El lazo de control se puede considerar ajustado cuando $a/b = 4$.

d) Al aumentar la acción integral, el sistema tiende a oscilar, pero con un periodo Pn mayor.

e) Ajustados los parámetros PID, el sistema regulará con eficacia frente a

perturbaciones con periodos superiores al periodo de oscilación Pn . Si el periodo de la perturbación es menor que Pn , el lazo puede resultar inestable.

f) La acción derivada se debe establecer con cautela, puesto que, si se le asigna un valor elevado, puede peligrar la estabilidad del sistema. Es efectiva cuando este presenta un cierto tiempo muerto, con la condición de que no sea dominante con relación a otros retrasos. Habitualmente, genera una disminución del periodo natural de entre el 10% y el 20%.

Variable regulada	Acción de control
Nivel	P, P+I
Caudal	P+I, I
Presión, tensión, velocidad angular	P, P+I
Temperatura	P, P+D, P+I+D

Tabla 3. Posibles acciones de control en función de la variable por regular

La elección del regulador no es crítica. La tabla 3 recoge las acciones de control que suelen poder ser combinadas para conformar la acción global de control de acuerdo con la naturaleza de la variable que regular.

Bibliografía

- O'Dwyer A. Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules, 2009, Ed. Imperial College Press.
Roca Cusidó A. Control de procesos, 1997. Ed. UPC.
W. St. Clair D. Controller Tuning and Control Loop. 1998, Ed. Straight-Line Control Company, Inc.

Juan Ángel Gámiz Caro

juan.gamiz@upc.edu

Ingeniero técnico en electricidad, especialidad electrónica industrial; ingeniero en electrónica y doctor ingeniero en electrónica. Profesor titular de la Unidad de Electrónica Industrial de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (Universidad Politécnica de Cataluña).

Javier Gámiz Caro

javier.gamiz@upc.edu

Ingeniero técnico de sistemas e ingeniero en informática. Actualmente desarrolla su carrera profesional como jefe de proyectos de Aquatec, empresa perteneciente al grupo AGBAR, labor que compagina con su puesto como profesor titular del departamento de ingeniería de sistemas, automática e informática industrial (ESAI) de la Universidad Politécnica de Cataluña.

TICC®

TERMINAL INDIVIDUAL DE CALEFACCIÓN CENTRALIZADA

Máximo confort individual con el mínimo esfuerzo energético

Qué es el TICC

El Terminal Individual de Calefacción Centralizada (TICC) es un conjunto hidráulico, controlado por un sistema electrónico programable, que a partir de un sistema primario de calefacción centralizada, proporciona a cada vivienda, servicios individualizados de calefacción y de ACS.

Valores de hasta 55 kw en A.C.S.

Valores de hasta 20 kw en calefacción

Solución bioclimática

Mayor rendimiento energético del sistema.

Producción de energía ajustada a la demanda.

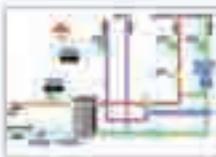
Menos emisiones de CO₂.

Gestión directa de la energía solar térmica, dando solución a las exigencias del nuevo RITE.

Eficiencia energética

- Control individualizado del consumo.
- Control de la temperatura de ACS.
- Regulación climática a través de sonda exterior.
- Reducción de pérdidas en la distribución.
- Óptimo para el cumplimiento de la nueva normativa (RITE).

Telegestión



Mediante un único BUS de comunicaciones permite la telegestión del sistema a varios niveles:

- Nivel usuario.
- Nivel administrador.
- Nivel empresa/mantenimiento.

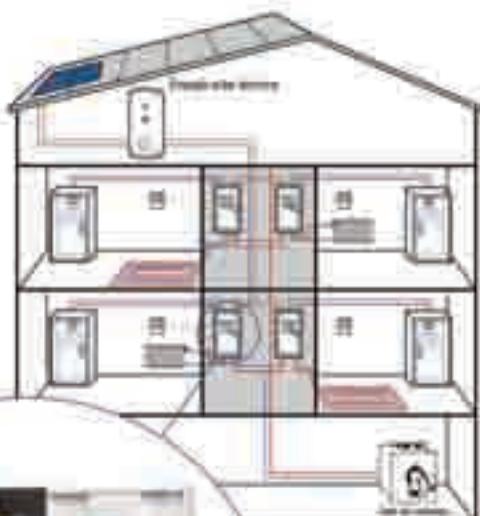
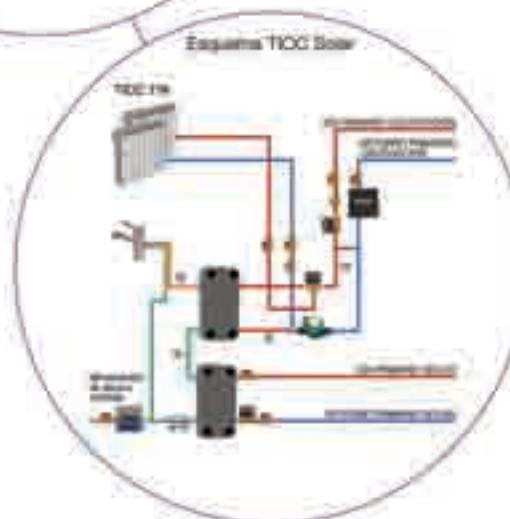


IMAGEN DE TICC STANDARD



San Román de los Infantes, el primer salto del Duero

Félix Redondo Quintela, Pedro Antonio Hernández Ramos, Roberto Carlos Redondo Melchor y Juan Manuel García Arévalo

San Román de los Infantes, the first dam on the Duero

RESUMEN

La expresión *saltos del Duero* suele referirse a la planta hidroeléctrica de Ricobayo, en la provincia de Zamora, que comenzó a producir energía eléctrica en 1934. Pero el aprovechamiento hidroeléctrico del Duero se había iniciado más de 30 años antes con la construcción del salto de San Román de los Infantes, cerca de Zamora y que empezó a funcionar en 1902. Suministraba energía eléctrica a las ciudades de Zamora, Toro, Valladolid y Salamanca, además de a otros pueblos. En 1951 Iberduero adquirió esta planta hidroeléctrica, fue reformada a finales de la década de 1960 y aún hoy, con más de 100 años, sigue funcionando. El ingeniero Federico Cantero Villamil fue el autor del proyecto de esta primera planta hidroeléctrica, conocida también como de El Porvenir de Zamora, por el nombre de la sociedad que se fundó para su construcción y explotación. Cantero contribuyó, además, al aprovechamiento hidroeléctrico posterior del Duero con sus concesiones hidráulicas y con una intensa colaboración técnica.

ABSTRACT

The expression “Saltos del Duero”, or drops of the Duero, usually refers to the hydro-electric plant of Ricobayo, in the province of Zamora, which began producing electricity in 1934. The production of hydro-electric power on the river Duero, however, began more than thirty years earlier with the construction of the San Román de los Infantes hydro-electric project, near Zamora, which began functioning in 1902. It supplied electricity to the cities of Zamora, Toro, Valladolid and Salamanca, as well as other villages. In 1951 Iberduero acquired the San Román de los Infantes hydro-electric plant and, after being modernised at the end of the 1960's, it is still working, after more than 100 years. The engineer Federico Cantero Villamil was the person responsible for this first hydro-electric plant, also known as “El Porvenir de Zamora” after the name of the company which was founded for its construction and operation. Cantero also contributed to the later hydro-electric development of the Duero with his hydro-electric ventures and technical cooperation.

Palabras clave

Energía hidráulica, historia, centrales hidroeléctricas, San Román de los Infantes, Zamora.

Keywords

Hydro-electric power, history, hydro-electric power stations, San Román de los Infantes, Zamora.

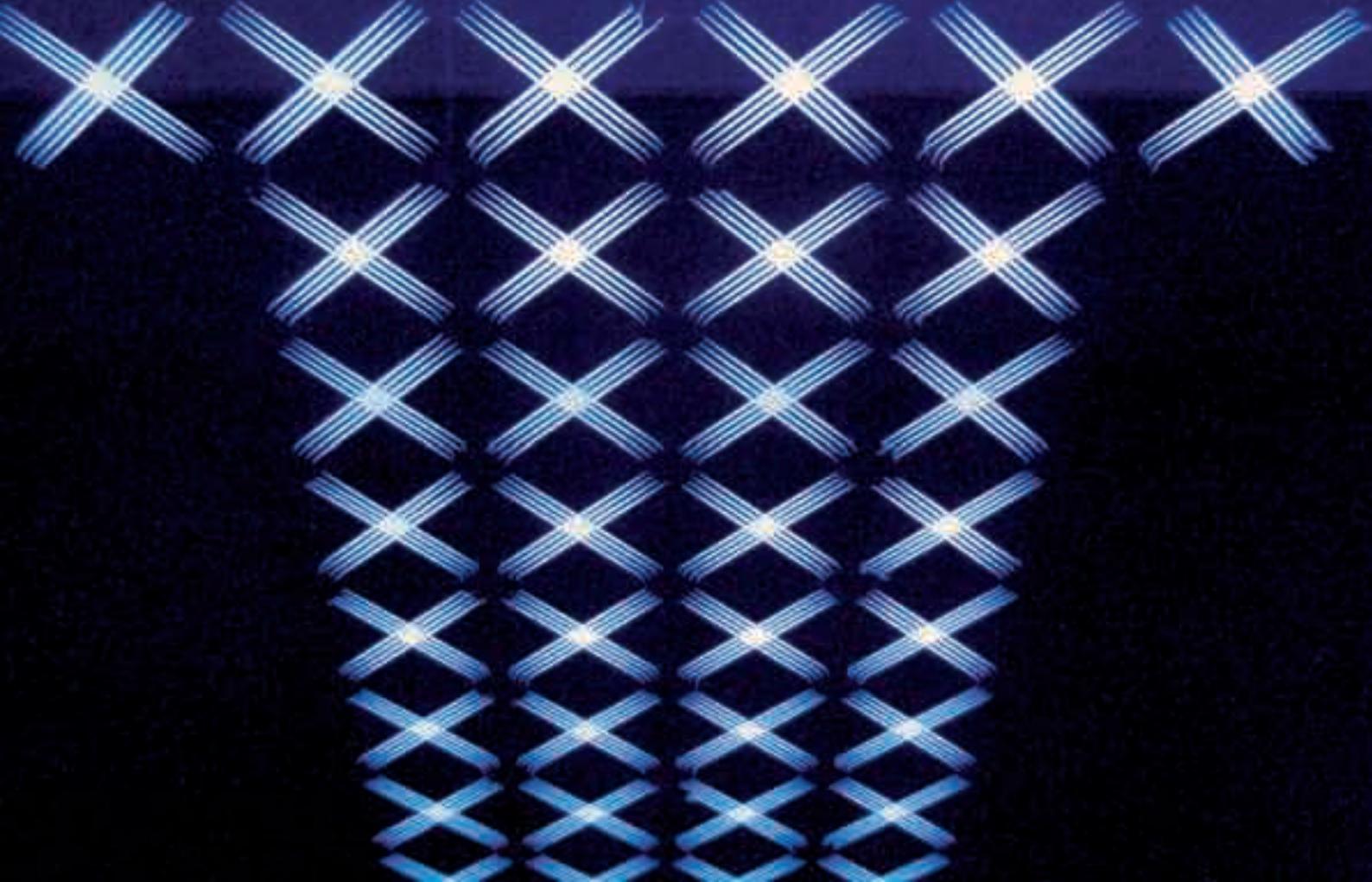


Foto: Pictelia

Por razones principalmente históricas, con la expresión *saltos del Duero* suelen designarse los saltos de Villalcampo y de Castro, en la provincia de Zamora, y los de Aldeadávila y de Saucelle, en la provincia de Salamanca. Sus presas están, en efecto, en el río Duero. Se incluyen, además, los de Ricobayo, en el Esla, afluente del Duero en la provincia de Zamora, y el de Villarino, nombre que se da a la planta hidroeléctrica cuya espectacular presa está en el río Tormes, en el municipio de Almendra, y cuya central está en el pueblo de Villarino, ambos de la provincia de Salamanca. El resto de las plantas hidroeléctricas de la cuenca del Duero, como las del río Tera, afluente del Esla, y la de Santa Teresa, también en el Tormes, y las tres que Portugal tiene en la parte fronteriza del Duero no suelen considerarse relacionadas con la denominación histórica de *saltos del Duero*. Tampoco el casi desconocido salto de San Román de los Infantes, que sí está en el Duero (figura 1) y que fue la primera planta hidroeléctrica de ese río, muy anterior a todas las demás. Comenzó a funcionar en 1902 y desde ella se suministraba energía eléctrica a las ciudades de Zamora, Toro, Valladolid, Salamanca y a otros pueblos, por medio de líneas de corriente alterna. Su diseñador y pro-

motor de empresa hidroeléctrica tan temprana en tierras de Castilla fue el ingeniero Federico Cantero Villamil (figura 2), cuyos conocimientos sobre el río Duero sirvieron, además, a la magna obra posterior conocida como saltos del Duero, por nombrarse de esa forma abreviada las sociedades creadas para llevar a cabo el gran aprovechamiento integral del río.

Luz eléctrica

La luz fue la primera aplicación de la electricidad que se utilizó de forma general. Los intentos para iluminar por medio de corriente eléctrica se sucedieron a lo largo de todo el siglo XIX. Los procedimientos que fueron revelándose más prometedores en ese siglo fueron el arco eléctrico y los filamentos incandescentes. Pero sólo cuando se dispuso de un tipo de lámpara de incandescencia eficaz y de duración aceptable, conseguido por Edison, fue realmente posible tener luz eléctrica de forma relativamente fácil y cómoda. Por eso, se considera el 4 de septiembre de 1882 la fecha del verdadero nacimiento de la luz eléctrica. Ese día, Edison inauguró la primera central eléctrica comercial del mundo, que había construido en Pearl Street, en Manhattan, Nueva York (New York City's Pearl Street Station).

Suministraba energía a 1.400 lámparas por medio de seis dínamos de 100 kW cada una y de 110 V de fuerza electromotriz. Cada dínamo era movida por una máquina de vapor y de ellas partían líneas formadas por hilos de cobre en el interior de tubos enterrados, a las que se conectaban las lámparas, en paralelo con la dínamo (Hochheiser, 2008a y 2008b). El conjunto constituía, por tanto, un sistema de distribución de energía eléctrica en paralelo por medio de corriente continua de 110 V. Esa forma de conectar eléctricamente los receptores, en paralelo entre sí y con el generador, es prácticamente la única disposición que se ha utilizado y se sigue utilizando en todo el mundo para los sistemas eléctricos de potencia.

La baja tensión de 110 V tenía el inconveniente de la mucha potencia que se perdía en las líneas. Y esta pérdida limitaba su longitud. Aumentar la tensión habría disminuido esa pérdida de potencia, pero tensiones superiores a 110 V resultaban más peligrosas para los usuarios. Por estas razones, los sistemas eléctricos se consideraban medios locales para satisfacer necesidades también locales. La forma más económica de iluminar un edificio, una manzana o una pequeña ciudad consistía en situar la sala de máquinas en su centro y hacer partir de ella líneas no



Figura 1. Planta hidroeléctrica de San Román de los Infantes. Un túnel horada la loma rodeada por el meandro del Duero para conducir el agua desde la presa a la central

demasiado largas en direcciones radiales. La máquina de vapor era entonces el único motor realmente útil para mover los generadores eléctricos, pues podía situarse donde conviniera.

Líneas de corriente alterna

No obstante, la exigencia de proximidad entre los generadores y receptores de energía eléctrica desapareció con el empleo de la corriente alterna, con la que se puede usar el transformador. Si en vez de utilizar dínamos como generadores eléctricos se emplean alternadores, los transformadores permiten que la tensión a la salida del generador se pueda elevar y volver a reducirla cerca de los consumidores. Así, la tensión de las líneas que unen los generadores con los centros de consumo puede ser muy alta, y la potencia que se pierde en ellas disminuye. De esta forma las líneas de transporte pueden tener gran longitud y pérdidas pequeñas si se elige la tensión adecuada para ellas. En otras palabras, si conviene, los generadores pueden estar a distancia de los receptores.

La corriente alterna se empleó por primera vez de forma comercial en 1893, 11 años después de la instalación de corriente continua de Edison en Manhattan. Ese mismo año Westinghouse y Tesla iluminaron con corriente alterna la Exposición Colombina Mundial de Chicago (Chicago World's Columbian Exposition), celebrada para conmemorar el cuarto centenario del descubrimiento de América por Cristóbal Colón. En realidad, en la exposición se emplearon y se exhibieron

ambos sistemas, el de corriente continua y el de corriente alterna (Hochheiser, 2008a y 2008b). Pero esa exhibición contribuyó a poner de manifiesto las ventajas de la corriente alterna, que comenzó a ser utilizada en todo el mundo.

Energía hidroeléctrica

Antes de la exposición colombina de Chicago muchos edificios y ciudades del mundo se iluminaban con energía eléctrica. Jerez de la Frontera y Haro pasan por ser las primeras ciudades de España que iluminaron así sus calles. Ambas lo hicieron en 1890. Como en Nueva York, se utilizaban sistemas de corriente continua. Por eso, en general, no era posible emplear saltos de agua distantes para mover los generadores eléctricos.

Pero el empleo de corriente alterna y del transformador hizo posible la explotación de los saltos hidráulicos, incluso los distantes, para generar energía eléctrica. Junto a cada salto se situaba la sala de máquinas o central, que es el edificio que contiene los alternadores y las turbinas hidráulicas que los mueven. Para conseguir ese movimiento no se necesitaba carbón ni ningún otro combustible. La energía gratuita del agua movía las máquinas y la elevación de la tensión permitía llevar esa energía a grandes distancias con pérdidas asumibles.

El proyecto de Federico Cantero Villamil

Algunos habitantes de la ciudad de Zamora tenían alumbrado eléctrico en

sus viviendas desde el 1 de febrero de 1897 (Heraldo de Zamora, 1897a). También desde mayo de ese año había luz eléctrica en algunas calles de la ciudad. El sistema eléctrico era de la compañía Electra Zamorana, de Isidoro Rubio Gutiérrez, uno de cuyos ingenieros era Federico Cantero Seirullo, padre de Federico Cantero Villamil. La instalación eléctrica consistía en una central situada en el edificio que fue iglesia del antiguo convento de San Juan, en el barrio de la Horta, y líneas eléctricas hasta las viviendas y las calles iluminadas. Los generadores de la central eran movidos por máquinas de vapor. Pero en 1898, Federico Cantero Villamil presentó el *Proyecto de una presa sobre el río Duero y canal transversal en túnel, para obtener fuerza hidráulica transportable por medio de la electricidad* (Heraldo de Zamora 1897b, 1898). Al detallar la utilidad de las instalaciones proyectadas, comienza por mostrar el abaratamiento del alumbrado debido a que el nuevo sistema no necesita combustible alguno como fuente de energía, y cómo, principalmente por ese abaratamiento, podría extenderse ese tipo de iluminación a los menos favorecidos económicamente y a las ciudades y pueblos que estuvieran en un círculo de radio de 60 kilómetros con el centro en Zamora. Citaba también las ventajas que podían derivarse del nuevo sistema para la industria, la agricultura, la tracción mecánica y para la minería en la provincia.

El lugar elegido para la ejecución de la obra, la Dehesa de San Julián, a 8 km de



Figura 2. Federico Cantero Villamil

la ciudad de Zamora (figura 1), era idóneo por la relativa facilidad y poco coste de la instalación que se proyectaba, pues esencialmente consistía en horadar un túnel de poco más de 1 km entre dos puntos del meandro que el río forma en ese lugar y situar la central al final del túnel. El desnivel entre extremos del túnel sería de 11,5 m, que daría lugar a un salto bruto de 14 m desde la coronación de la pequeña presa incluida en el proyecto (figura 3). La potencia hidráulica mínima que podría obtenerse en todas las estaciones del año se estimaba en 6.000 cv, suficiente para las necesidades de la población que había que atender en aquel momento, incluso después de restar las pérdidas de potencia.

Una real orden de 11 de diciembre de 1898 le autorizaba a ejecutar el pro-

Longitud del azud 320 m
Canal a cielo abierto de 140 m
Túnel de 1.260 m y 16 m ² de sección libre después del revestimiento
Caudal mínimo 32 m ³ /s
Seis grupos de 1.000 cv cada uno
Potencia instalada de 6.000 cv
Cuatro transformadores de 920 kVA y 6/40 kV
Tres transformadores de 230 kVA y 6/20 kV
Dos transformadores de servicio de 16 y 25 kVA respectivamente, ambos de 6 kV/125 V

Tabla 1. Datos del proyecto de Cantero Villamil. El número de grupos de generación se modificó. Primero se instalaron dos de 600 cv y no uno de 1.000 cv, y después cinco de 1.000 cv, en total siete.

yecto con la concesión de un caudal de 32 metros cúbicos por segundo en el estiaje del Duero y hasta 63 metros cúbicos por segundo en las crecidas (Gaceta de Madrid, 1898).

El Porvenir de Zamora

Para construir la planta hidroeléctrica proyectada, Federico Cantero Villamil necesitó integrar voluntades y recursos en una sociedad que creó el 18 de junio de 1899 con el nombre de El Porvenir de Zamora (Ramos, 1998). Su capital inicial fue de 1,4 millones de pesetas. Los estatutos de la sociedad citan expresamente que su fin es la ejecución del proyecto de Federico Cantero Villamil en el Duero y la posterior explotación industrial de la energía eléctrica generada (Heraldo de Zamora, 1899b). Para ello cedió a la sociedad los derechos de la concesión para la explotación del salto a cambio de 1.540 acciones de la compañía, de 100 pesetas cada una. El 1 de mayo de 1900 El Porvenir de

Zamora adquirió las instalaciones de Electra Zamorana, resultando así la única compañía suministradora de energía eléctrica en la ciudad. El Porvenir de Zamora perduró hasta que fue absorbida por Iberduero el 12 de abril de 1951 y disuelta en diciembre de ese mismo año (Díaz & Suárez, 2007; Consejería de Cultura y Turismo de la JCyL-CCIZ, 2007).

Las obras

En el año 1899 se publicó el concurso para la realización de lo que se llama en el propio concurso “canal de derivación de las aguas del río Duero a 8 km de Zamora” con presupuesto de 686.071,39 pesetas. Se decía que había de constar de un canal de derivación con una parte a cielo abierto de 140 metros y otra en túnel revestido de 1.226 metros con sección libre de 16 metros cuadrados (figura 4), además de otras galerías y pozos auxiliares. En junio de ese mismo año las obras ya estaban en marcha (figura 5). El número de obreros

Figura 3. En primer plano, Federico Cantero Villamil y, a fondo, la presa con su embalse



Figura 4. Obras del túnel



que llegaron a trabajar en ellas simultáneamente fue de 800 (Cortez, 1915), por lo que se proyectaron edificios auxiliares próximos, como una posada y una cantina y se crearon otros servicios, entre otros una cooperativa para el suministro de alimentos, una caja de ahorros y un fondo de ayuda para las necesidades de los trabajadores enfermos (Heraldo de Zamora, 1899a). Las obras de la presa (figura 5) comenzaron el 26 de julio de 1899 (Cortez, 1915). En diciembre de ese mismo año se publicó ya el concurso, firmado por Cantero Villamil como director facultativo, para el suministro, montaje y colocación de los dos primeros grupos generadores: "dos dínamos generatrices de corriente alternatrífásica de eje vertical con sus correspondientes excitatrices que podían absorber 500 cv de fuerza cada una. La fuerza será suministrada por dos turbinas Hercule Progres construidas por Singrün Frères de Espinal (Francia) y que tienen una velocidad de 200 rpm. La energía producida por los dos grupos ha de transportarse a 12 km para aplicarla y transformarla al alumbrado eléctrico y fuerza motriz en la ciudad de Zamora". El concurso se resolvía el 30 de enero de 1900 (Heraldo de Zamora, 1899c). Esos dos grupos fueron los primeros que comenzaron a entregar energía eléctrica en 1902, aunque la inauguración oficial del servicio se celebró el 1 de enero de 1903. A partir de ese momento, la energía hidroeléctrica fue una realidad para la ciudad de Zamora, y poco después lo sería

Azud de escollera de 6 m de altura máxima desde los cimientos
Capacidad del embalse 0,40 hm ³
Salto bruto de 15,33 m
Un solo grupo de generación de 7.000 kVA

Tabla 2. La planta hidroeléctrica de San Román de los Infantes hoy.

para los pueblos y ciudades próximos, pues la central siguió completándose con nuevos grupos, hasta siete, y se fueron construyendo líneas de alta tensión hasta ciudades como Valladolid y Salamanca. Así, de forma progresiva, como tantas pequeñas compañías con sus instalaciones, El Porvenir de Zamora y su sistema eléctrico fueron creando el incipiente sistema eléctrico español, con intercambio de energía con otros sistemas y empresas eléctricos próximos.

Federico Cantero Villamil y los saltos del Duero

Federico Cantero Villamil nació en Madrid en 1874. En 1896, a los 22 años, terminó la carrera de ingeniería de caminos, anales y puertos con el número uno de su promoción (Ramos, 1998), y, al año siguiente, presentó el proyecto de la planta hidroeléctrica de San Román de los Infantes. Su actividad abarcó diferentes campos de las ingenierías hidráulica, eléctrica y aeronáutica, además de puestos en la administración y en la dirección de diversas empresas. Fue parte importante en el aprovechamiento hidro-

eléctrico integral del Duero que siguió a la construcción de la planta hidroeléctrica de San Román de los Infantes. En febrero de 1918, en nombre propio y en el de sus socios, había firmado con Horacio Echevarrieta una opción de compra de todas sus concesiones de saltos en el Duero en la provincia de Zamora a favor de la Sociedad Hispano-Portuguesa de Transportes Eléctricos, que el propio Echevarrieta y el banco de Bilbao crearían el 3 de julio de ese mismo año. No se incluía, por supuesto, el salto de San Román de los Infantes. Esa opción de compra, conocida como "opción Cantero", fue una de las aportaciones de Echevarrieta a la sociedad que se fundaba. Ese mismo día, Echevarrieta y el banco de Bilbao constituyeron otra sociedad con el nombre de Consorcio de los Saltos del Duero, más conocida simplemente como saltos del Duero, con el objetivo de reunir las múltiples concesiones de saltos en el Duero ya otorgadas, y permitir a la Sociedad Hispano-Portuguesa la construcción de los futuros grandes saltos (Díaz, 1.998). A partir de ese momento, la colaboración técnica de Cantero con los responsables de esas compañías, en particular con José Orbegozo y Echevarrieta, para el gran proyecto del Duero, fue de gran intensidad. Los conocimientos que Cantero poseía sobre el río castellano y sus afluentes fueron utilizados en diferentes proyectos y contribuyeron a allanar los múltiples e intrincados caminos que condujeron a la construcción de los grandes saltos citados al principio de este artículo. El primero en construirse fue el de Ricobayo, que comenzó a producir energía eléctrica en 1934, más de 30 años después del primer salto del Duero, el salto de San Román de los Infantes, de El Porvenir de Zamora.

Conclusión

La planta hidroeléctrica de San Román de los Infantes, obra de Federico Cantero Villamil, es el primer aprovechamiento del Duero para suministrar energía eléctrica por medio de corriente alterna. Su construcción se inició en 1899, solo seis años después de que Tesla exhibiera las ventajas de la corriente alterna en la Expo-

Figura 5. Fotografía de las obras. El material se transportaba con los medios de la época, principalmente, carros arrastrados por mulas





Figura 6. El edificio de hormigón de la derecha, con grúas sobre él, es la actual central. A la izquierda, restos del bello edificio de la primitiva central

sición Colombina Mundial de Chicago. Comenzó a producir energía eléctrica en 1902, aunque fue inaugurada oficialmente el 1 de enero de 1903. En 1951 fue adquirida por Iberduero, y reformada entre 1967 y 1969 para adaptarla a los nuevos medios técnicos de generación y control y aumentar, así, su rendimiento. Como consecuencia, un nuevo edificio sustituyó en parte al original, que era de indiscutible belleza (figura 6). Hoy, con más de 100 años, San Román de los Infantes, el primer salto del Duero, sigue entregando energía a la red eléctrica.

Bibliografía

- Catálogo del Museo Etnográfico de Castilla y León. *Comercio e Industria en Zamora*. Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León-Cámara de Comercio e Industria de Zamora. Zamora, 2007.
- Cortez A. *Instalação Hidro-Electrica do Porvenir de Zamora*. Publicações do Laboratório de Física do Instituto Superior Técnico. Lisboa, 1915.
- Díaz de Aguilera-Cantero I, Suárez-Caballero F. Federico Cantero Villamil. Entre la desmemoria y el revisionismo. *Inginería y Territorio* [en línea]. 2007, no. 79 [ref. de 2009-10-25], pp. 64-73. Disponible en Internet: <<http://www.ciccp.es/revistalit/textos/pdf/10-Isabel%20Daz%20de%20Aguilar%20y%20Federico%20Su%20rez.pdf>>.
- Díaz-Morlán P. El proceso de creación de los saltos del Duero (1917-1935). *Revista de historia industrial* [en línea]. 1998, no. 13 [ref. de 2009-11-20], pp. 181-198. Disponible en Internet en: <<http://www.raco.cat/index.php/HistoriaIndustrial/article/view-file/63296/84934>>.
- España. Real Orden de 11 de diciembre de 1898. *Gaceta de Madrid*, 11 de diciembre de 1898.
- Heraldo de Zamora*, Zamora, 20 de mayo de 1897.
- Heraldo de Zamora*, Zamora, 3 de diciembre de 1897.
- Heraldo de Zamora*, Zamora, 14 de diciembre de 1898.
- Heraldo de Zamora*, Zamora, 21 de julio y 26 de julio de 1899.
- Heraldo de Zamora*, Zamora, 13 de septiembre de 1899.
- Heraldo de Zamora*, Zamora, 21 de diciembre de 1899.
- Hochheiser S. Edison's Electric Light and Power System [en línea]. *IEEE Global History Network*. 12 septiembre 2008. <http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Edison%27s_Electric_Light_and_Power_System> [consulta: 13 marzo 2009].
- Hochheiser S. Pearl Street Station [en línea]. *IEEE Global History Network*. 8 septiembre 2008. <http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Pearl_Street_Station> [consulta: 5 marzo 2009].
- Ramos-Pérez Herminio. *Un siglo de Iberdrola en Zamora*. Zamora: Iberdrola, 1998.

cat/index.php/HistoriaIndustrial/article/view-file/63296/84934>.

España. Real Orden de 11 de diciembre de 1898. *Gaceta de Madrid*, 11 de diciembre de 1898.

Heraldo de Zamora, Zamora, 20 de mayo de 1897.

Heraldo de Zamora, Zamora, 3 de diciembre de 1897.

Heraldo de Zamora, Zamora, 14 de diciembre de 1898.

Heraldo de Zamora, Zamora, 21 de julio y 26 de julio de 1899.

Heraldo de Zamora, Zamora, 13 de septiembre de 1899.

Heraldo de Zamora, Zamora, 21 de diciembre de 1899.

Hochheiser S. Edison's Electric Light and Power System [en línea]. *IEEE Global History Network*. 12 septiembre 2008. <http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Edison%27s_Electric_Light_and_Power_System> [consulta: 13 marzo 2009].

Hochheiser S. Pearl Street Station [en línea]. *IEEE Global History Network*. 8 septiembre 2008. <http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Pearl_Street_Station> [consulta: 5 marzo 2009].

Ramos-Pérez Herminio. *Un siglo de Iberdrola en Zamora*. Zamora: Iberdrola, 1998.

Félix Redondo Quintela

felixrq@usal.es

Ingeniero técnico en Electricidad y doctor en Ciencias Físicas. Actualmente, desarrolla su carrera profesional como catedrático de escuela universitaria de la Universidad de Salamanca en el área de Ingeniería Eléctrica.

Pedro Antonio Hernández Ramos

pedrohde@usal.es

Ingeniero técnico industrial en mecánica, ingeniero técnico informático en sistemas e ingeniero industrial. Actualmente, desarrolla su carrera profesional como profesor titular de Escuela Universitaria en el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad de Salamanca.

Roberto Carlos Redondo Melchor

roberrm@usal.es

Ingeniero técnico industrial en electricidad, ingeniero industrial y doctor por la Universidad de Salamanca. Actualmente, desarrolla su carrera profesional como profesor colaborador en el área de ingeniería eléctrica de la Universidad de Salamanca.

Juan Manuel García Arévalo

jumagar@usal.es

Ingeniero técnico industrial en electricidad, ingeniero industrial y doctor por la Universidad de Salamanca. Actualmente, desarrolla su carrera profesional como profesor titular de Escuela Universitaria en el Área de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Salamanca.

Ingeniería y sostenibilidad, una simbiosis necesaria

Rafael Eugenio Romero García

Engineering and sustainability, a necessary symbiosis

Para intentar ver la relación entre ingeniería y sostenibilidad es preciso saber qué significan estas palabras, aunque sea de forma muy liviana, porque cada una de ellas daría para mucho. El otro día oí en la radio cómo un investigador español realizó su tesis doctoral sobre dos palabras del antiguo Egipto. Estoy seguro de que sobre cada una de estas dos palabras, ingeniería y sostenibilidad, se podrían realizar varias y otras cuantas sobre sus relaciones. De esta forma, aunque sea solo para acercarnos, intentemos ver algo sobre ellas y su relación.

La RAE nos dice que ingeniería es el “estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología”. A continuación, añade que es la “actividad profesional del ingeniero”. Por tanto, la ingeniería es una actividad profesional, no de aficionados, y que, además, será ejercida por un especialista en el estudio y aplicación de las ramas de la tecnología, que, como sabemos todos, son muchas y variadas.

Por sostenibilidad se entiende “cualidad de sostenible”, y por sostenible “dicho de un proceso: que puede mantenerse por sí mismo”. Por tanto, buscar la sostenibilidad en la sociedad humana es buscar la forma de que esta sociedad pueda mantenerse por sí misma (cualidad de sostenible). Para eso, es condición necesaria, pero no suficiente, consumir menos recursos de los generados por ella, como

máximo la misma cantidad, aunque no generemos ahorros. El cofundador de Greenpeace Patrick Moore (www.greenspirit.com) la define así en una traducción personal: “La sostenibilidad no se trata de encontrar un estado ideal que durará para siempre. Se trata de la gestión a través del cambio inevitable a fin de satisfacer las prioridades actuales ambientales, económicas y sociales, sin excluir las opciones para que las generaciones futuras puedan hacer lo mismo”.

Desarrollo sostenible o viable

La expresión “desarrollo perdurable, sustentable o sostenible” se aplica al desarrollo socioeconómico y se nombra por primera vez en 1987 en el Informe Brundtland. Esta definición se asumió después en la Declaración de Río en 1992 de la siguiente forma: “Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”.

Cuando la población alcance los niveles previstos, que pueden llegar a 15.000 millones de humanos, el desarrollo sostenible es casi una utopía. Sin embargo, tendrá que ser una realidad si queremos que exista un futuro para las generaciones venideras, ya que no podemos seguir consumiendo a un ritmo mayor que el de reposición, es decir, llevamos ya muchos años hipotecándonos con el futuro para vivir bien, pero ya no hay más crédito y

tenemos que amoldar nuestro gasto a nuestros ingresos. En temas energéticos, por ejemplo, tendremos que vivir de la energía que nos llega del Sol y de los productos radiactivos naturales mientras existan; después solo de la energía solar en cualquiera de sus formas (biomasa, eólica, marina, solar, estaciones espaciales geoestacionarias, etcétera). Mientras se consigue esto, podremos seguir consumiendo la energía solar ahorrada hace mucho tiempo (carbón, petróleo, brea, gas...) y la energía nuclear para que nos ayude a llegar al consumo “sostenible” de energía.

Otro problema igual de complicado es la alimentación de tantas criaturas. Además, conforme las sociedades avanzan, se opta más por comer proteínas (carnes) en vez de cereales, y producir un kilogramo de carne consume varios kilogramos de cereales, lo que agrava el problema del abastecimiento. De la agricultura ecológica ni hablo, según aumente la población desaparecerá por necesidad de esos terrenos para cultivos intensivos, ya que, si solo existiera la agricultura ecológica, ocho de cada 10 humanos de los que ahora comemos también pasaríamos hambre por su baja productividad. La agricultura, de todos modos, se enfrentará a una grave crisis cuando se agoten las minas de fosfato mineral (unos 300-500 años) de donde se extrae la mayor parte del fosfato empleado en la fabricación de fertilizantes. Entonces, los ingenieros tendrán



Foto: Pictelia

que plantear procesos y tecnologías de recuperación de fosfatos de aquellos sitios donde existan (agua marina, cuerpos y vegetales, etcétera), un reto que, sin duda, la ingeniería solventará sin problemas.

Con estos y otros problemas en el horizonte, hablar de desarrollo sostenible suena casi a broma de mal gusto y es mejor hablar, de momento, de desarrollo viable, de buscar la forma de compaginarlo todo de manera que el actual modo de vida cambie a otro que haga viable la humanidad sobre la faz de la tierra.

Soluciones

Para conseguir ese objetivo último, el desarrollo viable, la ingeniería tendrá un papel fundamental porque está llamada a dar solución a la mayor parte de los problemas planteados y de los que se plantearán. Otras disciplinas científicas que no son ingenierías, como la medicina, por ejemplo, ha conseguido la mayor parte de los objetivos que podemos considerar razonables para estas fechas y para un futuro a medio plazo, como son la eliminación (o posibilidad de hacerlo) de las enfermedades históricas que producían enormes pandemias; ha conseguido dominar el dolor y hacernos llevadera la vida a pesar de los achaques. Sin embargo, la lucha por arañar unos días más a la vida, es un desperdicio de recursos, y que alguien se moleste en destinar recursos a que muramos con 95 años en vez de con

82, mientras hay personas que siguen muriendo de sida, sarampión, diarreas... o millones de niños que no llegan a la pubertad... me parece indecente. Evidentemente, la medicina y los médicos no son los culpables, más bien imposiciones geo-político-económicas que limitaciones técnicas, pero creo que la idea que deseaba transmitir ha quedado clara.

La ingeniería será la encargada de dar solución de cómo aprovechar las energías disponibles de forma eficaz y eficiente, cómo conseguir que la agricultura y las técnicas alimentarias consigan alimentar la enorme población (excepto guerras o pandemias) que viene. Del mismo modo que en medicina, me parece indecente gastar recursos en ingenierías de lucimiento cuando hay problemas acuciantes, como los descritos y otros muchos más que están llamando a la puerta no de la calle, sino del salón (estructuras económicas pero sismorresistentes para evitar las enormes catástrofes en los países afectados, tecnologías baratas adecuadas a países para su desarrollo decente y un largo sinfín).

No olvidemos el problema último y principal para la humanidad cuya resolución está en manos de los ingenieros: la Tierra es un arca de Noé con los días contados, los que le quedan al Sol, y, por tanto, para cuando llegue ese día, que llegará, por muy lejano que nos parezca, el hombre (el ingeniero) tiene que saber viajar por el espacio y haber descu-

bierto planetas más jóvenes donde comenzar de nuevo la aventura humana y preparar el siguiente salto... hasta quién sabe si otro universo (teoría no científica del multiverso).

Me gusta repetir la definición del tecnólogo que Felipe II buscaba, "hombre de técnica y experiencia, ciencia y conciencia". Ésa es la definición del auténtico ingeniero; no es un simple técnico, es un hombre que pone la técnica, su experiencia y sus conocimientos al servicio del hombre; es un hombre que hace posible la sostenibilidad, o más bien, la viabilidad. La sostenibilidad (viabilidad) sin la ingeniería no es posible. La ingeniería, si no es mirando hacia la sostenibilidad (viabilidad) no tiene sentido: están abocadas a la simbiosis.

Palabras clave

Ingeniería, sostenibilidad, desarrollo, energía.

Keywords

Engineering, sustainability, development, energy.

Rafael Eugenio Romero García

rafaromerogarcia@gmail.com

www.rafaromerogarcia.blogspot.com

Ingeniero técnico industrial e ingeniero químico por la Universidad de Huelva. Trabaja en FMC Foret como jefe de turno de fabricación en su factoría de Huelva.

TOLEDO

>> Premios y distinciones en el encuentro de Hermandad de la Ingeniería Técnica Industrial

El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Toledo celebró el 19 de junio su tradicional fiesta de hermandad con los colegiados y acompañantes, en el hotel Hilton-Buenavista. Como en ocasiones anteriores, en el acto se impusieron las distinciones honoríficas y se celebró la cena de confraternidad.

Entre las distinciones destacaron el nombramiento de colegiado de honor al ingeniero Ángel Carrero Romero, por su trayectoria y dedicación a lo largo de toda su carrera profesional. Asimismo, se premió a las empresas de ingeniería ASA y Elevalia XXI, la primera de ellas especializada en automatización y la segunda en el desarrollo de proyectos de montaje de estructuras y cubiertas.

En el encuentro, de gran brillantez, pronunció unas sentidas palabras el decano del colegio, Joaquín de los Reyes García, referidas a la ingeniería y sus circunstancias en los momentos actuales. También se refirió a los compañeros y empresas galardonadas. Posteriormente, se continuó con la cena de hermandad, a la que asistieron más de 300 comensales, entre colegiados, acompañantes, representantes de colegios de la Ingeniería Técnica Industrial de España y empresarios del sector.



El decano de Toledo, Joaquín de los Reyes García (primero por la izquierda) hace entrega de unos de los galardones.

En el encuentro de la Ingeniería Técnica de Toledo, presidido por su decano, Joaquín de los Reyes García, y asistido por su junta de gobierno, estuvieron el alcalde de Toledo, Emiliano García-Page, y su homólogo en Talavera de la Reina y presidente de la Federación de Municipios y Provincias de Castilla-La Mancha, José Francisco Rivas. JSA

EXTREMADURA

>> Propuesta de colaboración con la Junta y la Federación de Municipios y Provincias

Los colegios oficiales de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Badajoz y de Cáceres han presentado sendos borra-

dores de convenios de colaboración con la Federación Extremeña de Municipios y Provincias y con la Junta de Extremadura. La firma de estos acuerdos con las Administraciones públicas de la comunidad autónoma de Extremadura es el resultado de la acción de los decanos de estos colegios, Manuel León Cuenca, del COITI de Badajoz, y José Manuel Cebriá Álvarez, del COITI de Cáceres, así como de sus juntas de gobierno.



Manuel León Cuenca, decano de Badajoz, y José Manuel Cebriá Álvarez, decano de Cáceres, acompañados de miembros de sus juntas de gobierno.

La propuesta que prevé el convenio de colaboración con la Federación Extremeña de Municipios y Provincias se refiere a la adhesión voluntaria de los Ayuntamientos de la Comunidad para la prestación de apoyo legal en expedientes de autorización de actividades clasificadas, entre otros aspectos. En el segundo borrador, los colegios presentan su propuesta de convenio marco que establece las bases de colaboración que regirán las relaciones entre los colegios profesionales y las consejerías de la Junta de Extremadura.

La colaboración con la Administración que los colegios han venido demandando desde hace décadas se basa en la configuración de éstos como corporaciones públicas de derecho sin ánimo de lucro, con funciones de Administración delegada y de las que los administrados obtendrían situaciones muy beneficiosas en la tramitación de licencias y, consecuentemente, en la apertura de sus actividades.

Los colegios extremeños vienen dando a conocer desde hace algún tiempo la colaboración que se está estableciendo entre las distintas Administraciones públicas y los colegios profesionales a través de los medios de comunicación locales y autonómicos. JSA

VALENCIA

>> El Colegio y Caja de Ingenieros implantarán el carné digital de colegiado

El Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia y Caja de Ingenieros van a implantar un nuevo carné de colegiado, con tecnología para albergar la firma digital y con la posibilidad de poder utilizarlo como tarjeta financiera.

La firma del importante convenio de colaboración para el desarrollo e implantación de este documento estuvo a cargo del

EL COGITO EN CONAMA



Firmaron el convenio el decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia y Castellón, José Luis Jorrín Casas, y el director general de Caja de Ingenieros, Joan Cavallé Miranda.



Los firmantes y los testigos. De izquierda a derecha, Xavier Fábregas Martori, José Martín-Sierra Balibrea, Joan Cavallé Miranda, José Luis Jorrín Casas, Juan Camarasa Toth y Gonzalo Gregori Gisbert.

decano del COITI, José Luis Jorrín Casas, y del director general de la caja, Joan Cavallé Miranda. El acto se celebró el pasado 27 de septiembre en la sede del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia.

Al evento concurrieron como testigos el secretario y el interventor del COITI, Juan Camarasa Toth, y José Martín-Sierra Balibrea, respectivamente, y el director de la Caja de Ingenieros de Valencia, Gonzalo Gregori Gisbert, y el director de Inversiones de Caja Ingenieros, Xavier Fábregas Martori.

Con este convenio se procederá a la implementación del nuevo carné colegial, que permite disponer en un único soporte físico funcionalidades distintas: además de identificar al titular como miembro del colectivo, se tiene la firma electrónica, ya que está dotado de chip EMV, y se puede usar como tarjeta financiera del banco actual del colegiado.

ARAGÓN

>> El visado será obligatorio para instalaciones reguladas por seguridad industrial

La Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa del Gobierno de Aragón ha dispuesto que el visado será obligatorio en aquellas obras que se consideren edificación, de acuerdo con el contenido de la circular en la que interpreta la apli-

'Ahora más que nunca', lema de la 10ª edición del Congreso Nacional de Medio Ambiente

Ayuntamientos, universidades, organismos públicos y empresas privadas, ciudadanos y asociaciones han vuelto a responder a la convocatoria de Conama, el Congreso Nacional del Medio ambiente que ha organizado este año su décima edición. Su lema ha sido *Ahora más que nunca*, en alusión a la urgencia de intensificar el ahorro energético y de extender en todos los ámbitos sociales las prácticas sostenibles como medio para afrontar la crisis económica.

El interés y compromiso cada vez más generalizados con el medio ambiente han tenido un claro reflejo en la aportación de más de medio centenar de comunicaciones al encuentro y también en la activa participación con que ha contado la convocatoria a lo largo de los últimos meses a través de las redes sociales. Los trabajos han tenido los más diversos enfoques y temas: desde estudios de estrategia de reducción de emisiones de gas de efecto invernadero a la justificación de proyectos de implantación en entornos locales.

Aportación de los ingenieros técnicos industriales

Este congreso bianual, promovido por la Fundación Conama –iniciativa del Colegio de Físicos– cuenta con el apoyo de 500 instituciones y empresas. Su programa se articula en torno a una serie de grupos de trabajo, sesiones técnicas y debates de actualidad, además de las sesiones plenarias de inauguración y clausura. También ha convocado un encuentro local para reunir a representantes de Administraciones locales. Uno de los grupos de trabajo, dedicado este año a *La ciudad como gestora y generadora de energía*, ha estado coordinado por Manuel Nicolás Barba, en representación del Consejo de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales. Los informes elaborados por este grupo han presentado el estado de la cuestión y posibilidades de las *smart grids* en gestión de la demanda y la oferta, la integración de las energías renovables y la cogeneración en redes de generación distribuida.



Brasil, primer país invitado

Un centenar de actividades se han programado en Conama 10 entre el 22 y 26 de noviembre en el Palacio Municipal de Congresos de Madrid. Su desarrollo ha tenido como ejes la energía y cambio climático; economía; retos urbanos (movilidad y edificación); territorio y desarrollo rural, biodiversidad; agua; calidad ambiental; tecnología e innovación, y sociedad. Por primera vez este congreso, que nació hace 18 años, ha tenido un país invitado, Brasil, anfitrión de la gran cumbre de Río de Janeiro, a partir de la que comenzó a celebrarse Conama.

FUNDACIÓN Y CONSEJO

Firma del Cogiti con RedAbogacía para implantar la ventanilla única en 35 colegios

Hasta 35 colegios profesionales van a implantar la ventanilla única de los Ingenieros Técnicos Industriales para poder prestar sus servicios al ciudadano a través de Internet. Con el fin de poner en funcionamiento la infraestructura tecnológica necesaria, el pasado 7 de octubre firmaron un acuerdo de colaboración Vicente Martínez, presidente del Consejo de Ingenieros Técnicos Industriales (Cogiti), y Carlos Carnicer, presidente del Consejo General de la Abogacía Española, titular del portal de servicios telemáticos RedAbogacía. A la plataforma impulsada por el Cogiti se han adherido 35 colegios. A través de ella, los profesionales podrán cumplir con las obligaciones de ventanilla única derivadas de la Ley 25/2009 de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio (Ley Ómnibus).

Los Especialistas en Prevención y Salud Laboral premian la labor del Consejo General

La Asociación de Especialistas en Prevención y Salud Laboral (Aepsal) ha reconocido la labor del Consejo General de Ingenieros Técnicos Industriales (Cogiti) en materia de prevención de riesgos laborales con el accésit de su Galardón Principal a la Implicación en la Prevención de Riesgos Laborales. En nombre del Cogiti recogió la distinción Manuel Nicolás, vicesecretario del Colegio de Barcelona (CETIB). El premio se entregó el 22 de octubre durante el III Congreso Nacional de Prevencionistas, celebrado en Barcelona. El Galardón Principal a la Implicación en la Prevención de Riesgos Laborales fue concedido al Instituto Navarro de Salud Laboral. Junto con el Cogiti recibió otro accésit el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid (IRSST).

El Cogiti renueva su imagen corporativa gráfica

El Consejo General de Ingenieros Técnicos Industriales (Cogiti) ha emprendido el cambio y la adaptación de su imagen institucional, renovando su identidad corporativa gráfica. Su implantación definitiva está prevista para el próximo 1 de febrero. El anterior logotipo, que data de principios de la década de 1990, se sustituye por uno totalmente renovado, pero sin olvidar las ramas tradicionales de la ingeniería técnica industrial: eléctrica, mecánica, química y textil, que aparecen reflejadas, mediante figuras entrelazadas, en el símbolo o anagrama que representa el escudo de los ingenieros técnicos industriales. La nueva identidad corporativa, de renovados colores y grafismo, refleja la evolución de la institución pero sin olvidar las raíces de la profesión a la que representa, con una antigüedad de más de 150 años.



El nuevo logotipos del Cogiti (arriba) que sustituye al actualmente en uso (abajo).

cación del Real Decreto 1000/2010 a la luz de la legalidad vigente.

La decisión está recogida en la Orden de 15 de octubre de 2010, del Departamento de Industria, Comercio y Turismo, por la que se hace pública la circular 04/2010 de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa relativa a la interpretación del Real Decreto 1000/2010, de 5 de agosto, sobre visado colegial obligatorio en el ámbito reglamentario de la seguridad industrial.

La decisión del Gobierno de Aragón responde al esfuerzo realizado por el decano del Colegio de Aragón, Juan Ignacio Larraz Pló, y su junta de gobierno, ejercido para solventar las dificultades de la Ingeniería Técnica Industrial y de los colegios profesionales en el ámbito de la comunidad autónoma de Aragón.

La orden establece: *“Primero. Las instalaciones, aparatos o equipos, afectados por reglamentación de seguridad industrial, en una determinada localización y cualquiera que sea su uso, se consideran edificación y, por tanto, en el ámbito de aplicación de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de ordenación de la edificación. Segundo. Para la ejecución, tanto por obra nueva como por modificación, ampliación o reforma de las instalaciones, aparatos o equipos señalados en la disposición primera, la necesidad de proyectos y certificados finales de obra viene determinada tanto por lo dispuesto en la Ley 38/1999 como por los correspondientes reglamentos de seguridad industrial que les afecten, y de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 1000/2010, se requiere el visado obligatorio de dichos proyectos y certificados finales de obra”.*

El resultado acertado para el ejercicio libre de la profesión en este ámbito territorial puede, a su vez, servir de modelo a otras comunidades autónomas en el ejercicio de sus competencias. JSA

MATELEC

>> La Fundación dio a conocer sus publicaciones al sector de la electricidad en Matelec 2010

La Fundación Técnica Industrial volvió a participar en la última edición del Salón Internacional de Material Eléctrico y Electrónico, Matelec 2010. El encuentro profesional se celebró en el parque ferial Juan Carlos I desde el 26 hasta el 29 de octubre pasado. En esta ocasión, la participación de la Fundación en Matelec estuvo patrocinada Wolters Kluwer España, atendiendo al convenio de colaboración con el grupo empresarial.

La Fundación tuvo nuevamente la oportunidad de dar a conocer al sector eléctrico y a los visitantes de la feria las actividades que ha venido desarrollando en pro de la Ingeniería Técnica Industrial. Estas contaron con la asistencia de decanos de distintos colegios, grupos de profesionales de la Ingeniería y el alumnado de los últimos cursos de carrera de diferentes escuelas españolas.

El stand presentó una muestra del fondo editorial de la Fundación Técnica Industrial, formado por sus publicaciones de carácter legislativo, industrial, tecnológico y divulgativo. El diseño del stand 6N08 de la Fundación se caracterizó por su sobriedad, conservando los colores y aspectos más significativos que iden-

INGENIERÍA Y SOCIEDAD

tifican a la Ingeniería Técnica Industrial a través de sus instituciones.

Entre las ediciones presentadas, que las instituciones de la Ingeniería publican atendiendo a las necesidades del colectivo, se encuentran las referidas a los certámenes de premios y becas y al contenido de las jornadas de Ingeniería y Sociedad celebradas en las ciudades de Salamanca, Tarragona, León, Guadalajara y Cádiz. También forman parte de este fondo los ejemplares de *Técnica Industrial* en sus 58 años de andadura, consolidada como una revista de ingeniería y humanidades representativa de la Ingeniería Técnica Industrial, actualizada en formato papel y electrónico.



Aspecto del stand de La Fundación Técnica Industrial en la última edición de la feria Matelec, que fue visitado por unas 6.000 personas a las que se les entregaron unos 5.000 ejemplares de la revista *Técnica Industrial* y 1.800 folletos.

Seis miles visitantes

El balance de esta edición puede reflejarse en los siguientes datos: visitaron el stand unas 6.000 personas, se entregaron 5.000 ejemplares de los últimos números de la revista *Técnica Industrial* y se distribuyeron 1.800 folletos. Este tríptico de presentación en Matelec recoge, además de los datos más significativos de la Fundación y las actividades que desarrolla, la relación de todos los colegios que integran su patronato. En el folleto también se destaca la presencia de la empresa patrocinadora, Wolters Kluwer España, y la importante colaboración del Consejo General de Colegios y la UAITIE.

Los visitantes, que recibieron material de Wolters Kluwer España, mostraron mayoritariamente su favorable opinión en torno al stand y la revista *Técnica Industrial* en su proceso de innovación y actualización. El stand estuvo atendido eficazmente por el personal adscrito a la secretaría de la Fundación. JSA

Premio de la Confederación de Empresarios de Cuenca para un ingeniero técnico industrial

La Confederación de Empresarios de Castilla-La Mancha ha distinguido al ingeniero técnico industrial Mario Lejarraga con uno de sus premios empresariales CECAM 2010, el de la provincia de Cuenca, en reconocimiento a su trayectoria en la empresa Saneamientos San Antonio SA. La empresa, dedicada a la distribución de material para fontanería y calefacción, es líder del sector en la provincia. El acto, que se celebró el pasado 27 de octubre, contó con la asistencia del presidente de Castilla-La Mancha, José María Barreda, y de la alcaldesa de Albacete, Carmen Oliver.

Málaga podría incluir condiciones específicas para utilizar residuos en la pavimentación

Varias iniciativas que se llevan a cabo en distintos municipios españoles se presentaron en Inmoenergética, el salón de la eficiencia energética de la edificación que se celebró en Málaga el 21 y 22 de octubre. Entre estos municipios se encuentra el de la misma ciudad de Málaga, que presentó los resultados de la utilización de áridos reciclados en pavimentado de calles. El satisfactorio comportamiento de estos materiales va a traer consigo, según se puso de manifiesto en el salón, la inclusión de pliegos de condiciones específicas para el uso de residuos de construcción y demolición en Málaga. El reciclado de estos materiales reduce considerablemente los residuos, frena el agotamiento de las canteras y limita considerablemente el tráfico.

Extremadura elimina las convocatorias para presentar proyectos de energía eólica

El pasado 1 de octubre entró en vigor en Extremadura el nuevo decreto sobre energía eólica que elimina las convocatorias para presentar proyectos de parques eólicos y permite que se haga de forma continua. Según las previsiones de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente de la Junta, las energías renovables aportarán el próximo año el equivalente al 90% del consumo de energía eléctrica de la región, un dato que supera ampliamente los objetivos de la Unión Europea para el año 2020, fijados en el 40% del consumo eléctrico, así como las propias previsiones del Ejecutivo regional. A finales de año, Extremadura contará con 435 megavatios de energía fotovoltaica conectados a la red, otros 300 de energía termosolar y una planta de biomasa.

Dos ingenieros técnicos industriales asumen puestos de responsabilidad en Audi y Seat

José Antonio Moreno Albalat es director de Postventa de Audi en España (Audi Service Manager) desde el pasado 1 de noviembre. Ingeniero técnico industrial por la Universidad de Córdoba, ha ocupado desde 1987 diferentes puestos de responsabilidad en Seat, en la que fue, durante los dos últimos años, responsable mundial de Marketing y Estrategia Posventa. Por su parte, Fernando Salvador, también ingeniero técnico industrial, es el nuevo director de Comunicación de Seat España desde el 1 de octubre.

El Foro Técnica Industrial ofrece respuestas profesionales a 10.000 usuarios registrados

Este espacio en internet ofrece a los todos los ingenieros técnicos industriales la oportunidad de consultar sus dudas con otros técnicos y con expertos cualificados en diferentes especialidades

Los incentivos a la producción de energías renovables o las emisiones de CO₂ son algunos de los asuntos que plantean este trimestre los usuarios participantes en el *Foro del experto*, una de las secciones del Foro Técnica Industrial que se desarrolla en la web de la revista, www.tecnicaindustrial.es. A través de esta sección, los casi 10.000 profesionales registrados hasta ahora tienen la oportunidad de plantear sus dudas a los expertos invitados. El currículo y conocimientos de éstos permiten considerar las respuestas que proporcionan a los profesionales como verdaderos anexos a sus manuales de trabajo. Cualquier usuario registrado puede acceder a este foro.

El mercado de las renovables

Silverio García Cores, consultor especializado en medio ambiente, es el último de los expertos que está colaborando con el foro desde el pasado octubre hasta diciembre. García Cores es el responsable del foro sobre el mercado de las energías renovables. Ésta es la segunda ocasión en la que participa este profesional, dado el interés que despertaron sus consejos ya en el último bimestre del año pasado. La participación de estos expertos comenzó en septiembre de 2009 y ha ido aumentando las expectativas entre los usuarios de la web, dirigida especialmente a todos los ingenieros técnicos industriales españoles.

Protección contra incendios

El experto que inauguró esta sección del Foro TI fue Ramón Fernández Becerra, que aportó sus conocimientos y los de su equipo de profesionales sobre protección contra incendios, materia en la que ha adquirido una amplia experiencia durante los 40 años de dedicación a ella. En su currículo figuran puestos como el de director del Programa de Protección Contra Incendios en la Sociedad Estatal Expo 92, así como su participación en la Comisión de Seguimiento y Redacción de los Documentos Básicos de Seguridad Contra Incendios y de Utilización y Accesibilidad ante el Ministerio de la Vivienda.

La implantación del Plan Bolonia

A lo largo de este año le han seguido como invitados Juan R. Lama, vicesecretario del Copiti de Sevilla y profesor titular de la Universidad Politécnica de Sevilla. Desde ambos puestos ha participado activamente en la implantación del Plan de Bolonia, lo que le permitió contestar directamente todas las cuestiones planteadas sobre Bolonia y la Ingeniería. También participó Josep Solé Bonet colaborador en la redacción del Código Técnico en ámbitos de aislamiento térmico, acústico y reacción al fuego. Trabaja en la empresa Ursa Insulation SA. Él fue el experto invitado para abordar las preguntas de los ingenieros en torno a la certificación y demanda energética.

desde los particulares, que surgen a los ingenieros técnicos a la hora de afrontar un trabajo concreto, a la información sobre servicios a los que se puede acudir en caso necesario. Como ejemplo de uno y otro se puede citar, en el caso de seguridad contra incendios, uno planteado en torno a la instalación de rociadores.

El usuario quería resolver la duda en la instalación de un sistema contra incendios de una nave, ya que él entendía que existían diferentes interpretaciones del RD 2267/2004, incluida la que le había proporcionado su colegio. "Cada vez que leo entiendo una cosa, no sé si esos 1.500 m² se refieren a la superficie del sector o a la del edificio", argumentaba a la hora de plantear su caso concreto.

La respuesta del experto, en este caso, Ramón Fernández Becerra, fue: "la dotación de instalaciones de protección contra incendios se deberá instalar en función de la configuración y el grado de riesgo intrínseco del sector de incendios considerado. En una misma nave tipo B pueden convivir una actividad de almacenamiento y otra de producción, debiendo aplicar a cada uno de los sectores las condiciones que les correspondan. Por el contrario, en el CTE DB SI, la dotación se hace considerando el conjunto del establecimiento, con independencia de la sectorización necesaria".

El mismo experto respondía a otro compañero que demandaba información sobre laboratorios de ensayos de resistencia al fuego: "Me gustaría saber cuáles son los principales laboratorios acreditados por una entidad oficialmente reconocida, que pueden emitir certificados de ensayos de resistencia al fuego en España, de acuerdo con el CTE DB SI". El equipo de Fernández Becerra respondió: "Hasta hace poco sólo existían los de Applus en Barcelona y Licof en Madrid y Toledo. Actualmente, y ante la demanda de trabajo existente, se han creado otros dos, uno en Bilbao y otro en Valencia. Ambos están reconocidos por el Ministerio y pueden emitir certificados de resistencia y reacción al fuego".

LAS CUESTIONES
PLANTEADAS EN ESTE
PRIMER AÑO DEL FORO TI
VAN DESDE LAS DUDAS EN
UN TRABAJO CONCRETO A
LA INFORMACIÓN SOBRE
SERVICIOS A LOS QUE
ACUDIR SI ES NECESARIO

Cuestiones que interesan

Entre los últimos debates que se desarrollan en el foro se encuentra abierto el de las primas fotovoltaicas y la retroactividad de las medidas que podrían aprobarse con el objeto de aplicarlas a las instalaciones construidas al amparo del Real Decreto 661/2007. Opiniones, previsiones y efectos negativos que podría occasionar una normativa de estas características se ponen de manifiesto en el *Foro del experto*.

Las cuestiones planteadas a los especialistas a lo largo de este primer año de funcionamiento tiene múltiples enfoques:

De su proveedor de confianza...

Sistemas de espuma para PCI



Cuando se trata de proteger riesgos en entornos críticos, no se puede hacer concesiones. Es necesario disponer del asesoramiento de profesionales, y de productos de confianza. Viking es la garantía en ambos casos: Con el mejor servicio técnico del mercado y los productos más fiables, usted tendrá la seguridad de que opta por la solución más adecuada a su caso.

Contamos con productos propios, como la prestigiosa gama de equipos de almacenamiento y descarga KCA, y con espumógenos de terceros. Equipos y espumógenos, sometidos a los ensayos más exigentes, han sido homologados por las entidades más prestigiosas, proporcionando así una seguridad adicional en cuanto a su rendimiento ante el fuego.

Contacte con Viking. Sabemos proporcionarle la solución más eficaz para las situaciones más difíciles y comprometidas.

Viking Sprinkler, S.A.
Mar Cantábrico, 10
P.I. San Fernando I
28830 San Fernando de Henares, Madrid

Tel + 916 778 352
Fax + 916 778 498
Email: vikingspain@vikingcorp.com
Web: www.vikingspain.com

Protección Contra Incendios en todo el mundo

VIKING

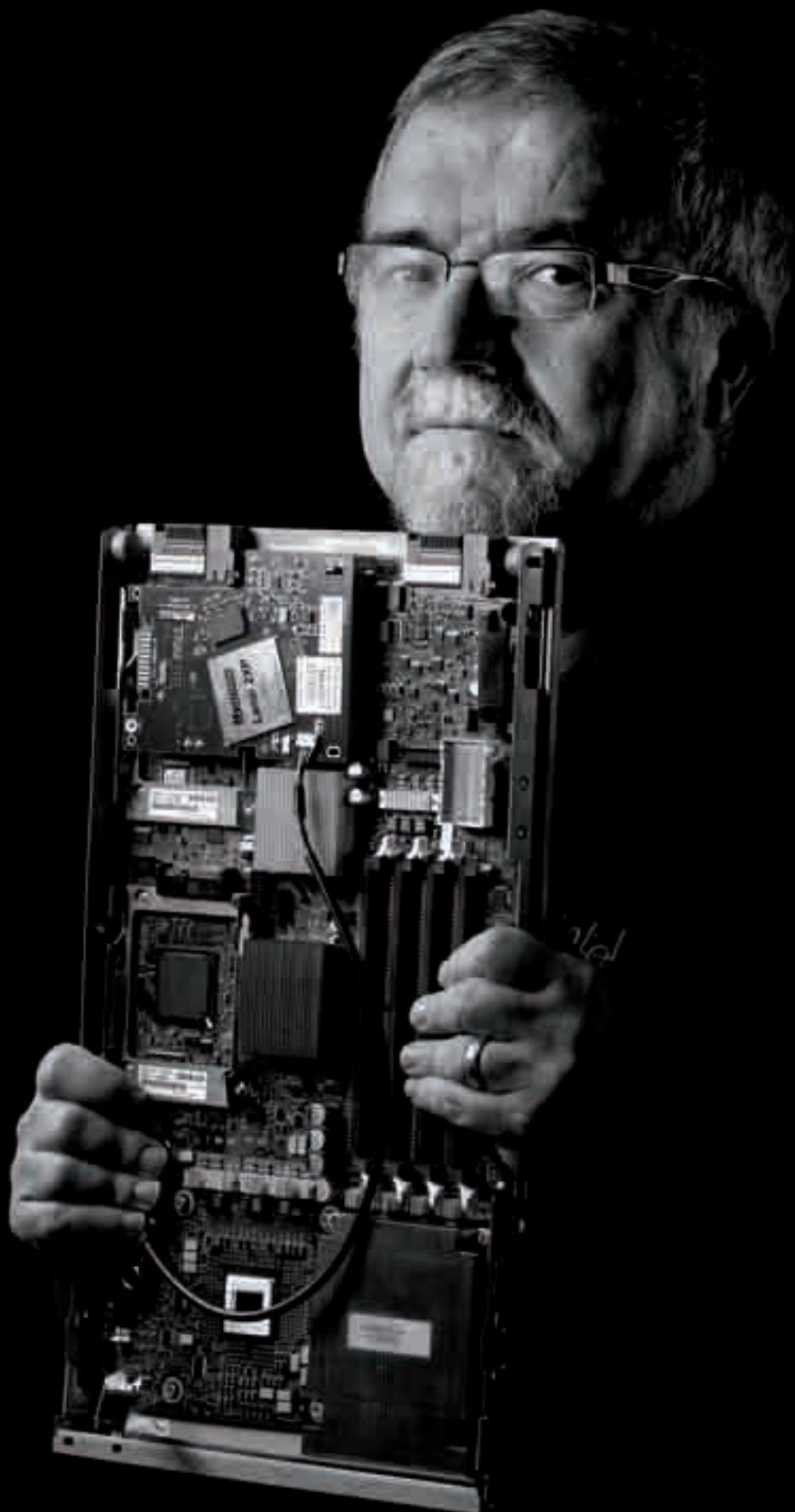


Envíenos sus datos para obtener más información:

Nombre..... Email.....

Empresa..... Teléf..... Fax.....

ENTREVISTA



Mateo Valero Cortés

Ingeniero experto en supercomputación

“HAY QUE PRODUCIR CONOCIMIENTO,
PERO TAMBIÉN IDEAS QUE SIRVAN A LAS EMPRESAS”

A simple vista, nadie diría que Mateo Valero (1952, Alfamén, Zaragoza), ingeniero de telecomunicaciones y catedrático en el departamento de Arquitectura de Computadores en la Universidad Politécnica de Cataluña, consta como uno de los 25 investigadores en activo más influyentes de Europa en tecnologías de la información, lo que le sitúa cerca, muy cerca, de la élite mundial. Basta con navegar un poco por su currículum y su historia personal para descubrirlo —algo que tampoco cuesta tanto—y aprovecharse de su gusto por el trato cercano para entender qué es eso de la supercomputación y por qué es tan importante para cualquier país que se precie de ser moderno. Desde 2005 dirige el Barcelona Supercomputing Center (BSC), desde donde se articula el Centro Nacional de Supercomputación y donde habita el *Mare Nostrum*, un ordenador con 10.000 procesadores que está contribuyendo activamente a transformar la ciencia que se hace en España. “Si a un investigador le das una buena herramienta hará buena ciencia”, dice parafraseando a Santiago Ramón y Cajal y su interés por disponer siempre del mejor microscopio posible.

Texto: Xavier Pujol Gebellí. Fotos: Vicens Giménez

Ya han pasado cinco años desde la inauguración del BSC. ¿Cómo lo ve ahora? ¿Aporta lo que se anunció que aportaría? Siempre he pensado que la investigación es uno de los motores que tiene un país para producir riqueza. Hay otros, obviamente, pero este es fundamental. Sin ideas no hay empresas; sin empresas que produzcan no hay competitividad, y si no vendemos nada, no hay dinero.

¿Y qué es el BSC en esta cadena casi trófica? Para que surjan las ideas que, finalmente, se transformarán en dinero se precisa investigación. Para ello hay que crear un ecosistema del que participan las instituciones públicas, los Gobiernos, las empresas y también los centros de investigación. El BSC es parte de ese ecosistema.

No me ha contestado a la primera pregunta. En el BSC tenemos una máquina muy grande [el superordenador *Mare Nostrum*, con 10.000 procesadores conectados en paralelo]. Para muchos investigadores esto significa que tienen un *juguete* que antes no tenían, una herramienta con la cual pueden hacer unas

investigaciones con las que antes ni habrían soñado. Investigadores con proyectos, capacidad y talento, siempre los ha habido, pero antes del BSC lo que no había era suficiente potencia de cálculo, por lo que muchas investigaciones resultaban imposibles. Y, claro está, si das una herramienta mejor es posible hacer mejor investigación. En cinco años el BSC ha participado en unos 1.500 proyectos de investigación, muchos de los cuales se han publicado en las mejores revistas. Es lo que decía [Santiago] Ramón y Cajal, que se gastaba todo el dinero en el mejor microscopio posible. Sin buenas herramientas, sin buenas infraestructuras, es muy difícil hacer ciencia avanzada. Pasa en biología, en astrofísica y en cualquier otra rama del saber. El BSC y el *Mare Nostrum* aspiran a ser esa herramienta.

Una herramienta que no es solo una máquina instalada en una capilla. Desde ahí se prestan servicios a toda una comunidad que poco tienen que ver con el alquiler de CPU [horas de supercomputador]. En esencia, podríamos decir que el BSC tiene como dos facetas. Una de ellas es que desde Barcelona se articula el Centro Nacional de Supercomputación a través

de una conexión en red por distintos centros repartidos por toda España. La segunda es que somos un centro de investigación que nació con un presupuesto para algo más de 60 personas y ahora mismo ya estamos en 325. De ellos, 250 son investigadores.

¿Para cuánta ciencia? Nuestra actividad incluye cuatro ramas de la ciencia: computación, aplicaciones, clima y, lógicamente, biomedicina. En definitiva, cuatro grandes grupos que investigan pero que tratan de ir más allá de producir buenos artículos en revistas y congresos. Si se tratara de eso, acabaríamos siendo un centro de investigación que trabaja gratis para las multinacionales. Cualquier empresa se puede apropiar de tus resultados de investigación y, con variantes más o menos sofisticadas, acabar haciendo lo mismo a coste prácticamente cero

“PODEMOS INSPIRARNOS EN LA NATURALEZA E INCLUSO IMITARLA OCASIONALMENTE, PERO NO ES PRECISO REPLICARLA. UN ORDENADOR INTELIGENTE, SI LLEGA, NO FORZOSAMENTE DEBERÍA FUNCIONAR COMO UN CEREBRO”

¿Qué significa ir más allá? Hay que producir conocimiento, pero también ideas que sirvan a las empresas, que les sean útiles. En nuestro caso, el 40% de nuestro presupuesto surge de colaboraciones con el sector privado. Hemos firmado por más de un millón de euros anuales con IBM y Repsol, por ejemplo, además de varios contratos cercanos al medio millón de euros para desarrollar proyectos con otras compañías. Hemos colaborado con Intel, con Microsoft, con Endesa, con grandes instituciones. Por otra parte, otro 30% del presupuesto procede de proyectos europeos, con lo que somos el tercer centro español que más retorno obtiene de Europa por detrás del CSIC y el Instituto de Salud Carlos III. Partners y proyectos españoles aportan el 20% y el 10% restante, respectivamente.

En términos objetivos, eso es un caso de éxito. ¿Cuál es la clave? Creo, sinceramente, que una gran parte de nuestro éxito es que producimos buenas ideas que atraen a las empresas, algunas de ellas multinacionales reconocidas en todo el mundo. Una forma de medir ese éxito, además de las colaboraciones, es el potencial de atracción de talento. En el BSC se reúnen ahora mismo un centenar de investigadores de 28 países. Eso significa que Barcelona está en el mapa mundial de la supercomputación y de la arquitectura de computadores.

¿Es replicable ese modelo a otros centros españoles? Hay muchos centros en España como el nuestro, con características y virtudes similares. Nuestro problema es que no sabemos transmitir a la sociedad que con el dinero que nos dan obtenemos un retorno, que generamos riqueza. Y siendo así, me cuesta entender que en tiempos de crisis como el actual no se poten-

cie nuestra actividad. Otros países, como Alemania, así lo han hecho. Nada más constatar la crisis pactaron incrementar sus presupuestos de investigación. Aquí los recortamos o congelamos. Da un poco de pena pensar que si hubiera un centenar de BSC, centros con su filosofía y potencia para codearse con los mejores, podríamos ser una potencia en investigación. Y de ahí saldría el resto.

¿Cuesta tanto poner en marcha ese centenar de BSC que reclama? No, no cuesta. Hay mucha gente con ilusión, con capacidad y talento que podrían hacer esa labor si se les diera la oportunidad. La base, como en la vida, es trabajo y ética. No hay más.

El caso es que las oportunidades son las que son, más bien pocas. ¿Le genera eso sensación de ser como una isla o un oasis en medio del desierto? La percepción que más abunda, desgraciadamente, es la de envidia. Cuando se vuela bajo, cuando no se destaca, no ocurre nada; pero en cuanto vuelas alto te disparan de todas partes. Siempre he pensado que la competencia es buena, pero no la réplica sin más. El Gobierno español, junto con algunas comunidades autónomas, ha hecho una política desastrosa en este sentido. Se han comprado máquinas, supercomputadores, que ni se usan ni se van a usar, con el despilfarro que eso supone. Pienso que lo ideal habría sido potenciar lo que se tiene y darle alas. Hoy por hoy, somos de las pocas grandes instalaciones españolas que constan en Europa. Además, desde aquí se articula el Centro Nacional de Supercomputación, con centros operativos conectados en red por toda España. ¿Por qué no potenciar esa idea en lugar de distraer recursos? Cuesta de entender desde la mentalidad de un científico.

Ese tipo de quejas, en las que sobresale la falta de visión, son recurrentes en el tiempo entre los miembros de la comunidad científica. ¿No le cansan? España necesita producir riqueza, ideas. En Cataluña se está creando ahora mismo un ecosistema en el que domina el sector *bio* con diferencia, seguido por las TIC. En *bio* lo único que falta es encontrar la manera de atraer a las grandes empresas. La fórmula está más que escrita, pero cada ministro, cada secretario de Estado, viene con su librito e intenta empezar de cero una y otra vez. Te acabas convirtiendo en un superviviente al ir y venir de tantos políticos.

Pese a ello, el BSC ya ha logrado visibilidad internacional. **¿Qué pasos son los siguientes?** Nuestras colaboraciones con empresas internacionales y las peticiones de estudiantes y *postdocs* para venirnos nos dan fe de ello, somos, efectivamente, un punto gordo en el mapa de la supercomputación mundial. ¿Por hacer? Cambiar el ordenador, cambiarnos de edificio, aumentar las colaboraciones, seguir investigando en áreas punta... Si mantenemos la línea y hacemos esos cambios, seríamos un centro potentísimo. La máquina nueva tiene un presupuesto de 16 millones de euros que, en parte, se destinaría a prestar servicio a toda España.

¿Hasta dónde nos llevaría esa máquina? Nos daría una enorme potencia, pero no nos situaría en el *top 20* de las máquinas más rápidas del mundo. Los superordenadores tienen que

ejecutar un programa (sistema de ecuaciones) con el que se mide su velocidad. Pero sí entre las 30. En todo caso, ser el más rápido no significa ser el mejor.

¿Se puede estar entre los mejores no siendo tan rápido?

Ser muy rápido, con la tecnología actual, acaba siendo una cosa tan simple como conectar más y más procesadores. El problema es que hay que darle un *software* adecuado para investigar o ejecutar aplicaciones. Ahí es donde hay trabajo de verdad.

Y ahí es donde el BSC se siente fuerte. Es que en los últimos años han cambiado muchas cosas. Por ejemplo, cuando abrimos el centro apostamos por ser el primer supercomputador construido con tecnología común y basado en Linux. Conectamos 10.000 procesadores similares a los de cualquier ordenador. Eso supuso un enorme avance en este campo que luego han seguido otros centros y que todavía se mantiene.

¿Por qué ese cambio? Hasta hace cinco o seis años se cumplía escrupulosamente la Ley de Moore, cada 18 meses se duplicaba el número de transistores por unidad de espacio. Y sacábamos, en consecuencia, procesadores el doble de rápidos. Al ir más rápido, aumentaba la frecuencia y, con ella, la actividad. Por tanto, se generaba más calor. Sabemos quitar el calor pero es extraordinariamente costoso. Dados los costes, a partir de un momento concreto se decidió que ya no se iban a hacer procesadores más rápidos, sino que se iban a replicar en un sistema. La potencia sigue multiplicándose por dos, pero ya no es en un solo procesador. Lo que ocurre ahora es que para sacarle rendimiento hay que generar nuevo *software* que corra en paralelo.

O sea, que para correr más, hay que meterle más procesadores en lugar de mejorar los existentes. Eso es. Los procesadores se siguen mejorando, pero en supercomputación esa es la fórmula válida. Ahora ya hay sistemas con más de 300.000 procesadores y los va a haber mayores. Nosotros mismos estamos participando en la iniciativa de una máquina Hexaflop, capaz de realizar ni más ni menos que 10^{18} operaciones por segundo. Algo así como 300 veces más rápido que la máquina más rápida del momento. En esa máquina creemos que va a haber entre uno y dos millones de procesadores trabajando en paralelo.

Ha cambiado la forma de hacer supercomputadores, pues. Mucho. Y eso complica la programación ya que tienes que generar programas independientes para millones de procesadores; pero también se complica la fiabilidad o el balanceo de carga. Y, sobre todo, cómo gestionas el consumo de energía, uno de nuestros talones de Aquiles. El superordenador más rápido del mundo consume unos 10 megavatios anuales entre su alimentación y los sistemas de disipación de calor. Y 100 computadores de este tipo se comerían literalmente la central nuclear de Vandellòs, que produce un gigavatio. A eso hay que sumarle los costes: un megavatio cuesta un millón de euros. La factura eléctrica del BSC asciende a 1,3 millones de euros anuales. Eso significa que desde hace un par de años el coste de la energía eléctrica es mayor que el coste de operación del superordenador.

MUY PERSONAL



¿Satisficho?

Sí, porque seguimos ahí y están pasando muchas cosas muy interesantes. Hay que inventar nuevas matemáticas, nuevas formas de programar, nuevas arquitecturas, nuevas aplicaciones. Pero nos faltan informáticos.

Cuesta de creer.

Pasa a nivel mundial. Cuantos más se necesitan, menos tenemos. Todos quieren ser economistas o abogados, pero pocos ingenieros informáticos o en telecomunicaciones.

Pues habrá que cubrir huecos.

Eso hacemos, pero en mi caso me está matando mi investigación. Viajes, reuniones, gestión... Ya no me queda tiempo para leer, apenas para estar al día. En España nos falta el perfil del gestor de la investigación. Y que el Gobierno entienda que no nos podemos pasar la vida sobreviviendo a ministros y a secretarios de Estado. Necesitamos estabilidad. Con tanto cambio se pierde gran cantidad de tiempo, ilusiones, ideas, iniciativas y dinero.

¿Qué les recomendaría?

Algo fácil. La gente tiene que tener recursos para poder explotar su talento. Si a Fernando Alonso no le das un buen coche, nunca será campeón del mundo.

Otros, con mucho menos brillan mucho más.

Si me hubiera ido a Estados Unidos tal vez habría brillado de verdad y sería millonario. Pero no lo cambio. Hemos conseguido mucho. Y, además, está la gente, el estilo de vida. Eso también tiene un valor. No lo cambio por nada.

Déme un ejemplo de su día a día.

Cuando me levanto hago algo de bicicleta estática porque estoy gordo; oigo mis rancheras, de las que soy un enamorado; salgo a la calle, compro el periódico y me voy al bar a desayunar y a charlar con alguien.

¿Y luego?

Si no ando de viaje, me meto en mi despacho. Aquí veo a mucha gente, me gusta el trato humano. Luego está el teléfono, las reuniones, las comidas... Mucha burocracia. Cuando puedo leo, aunque sea desordenadamente, y muy de vez en cuando escribo algo. Y para investigar ya no me queda tiempo.

¿Y para la familia?

Procuro estar tan cerca como puedo. Siempre que puedo me escapo a mi pueblo, Alfamén. Y mi debilidad es el Barça. Por lo demás, me encanta leer, tomarme una cerveza con los amigos del barrio los sábados. Me gusta la gente. Soy de los que piensan que la vida son cuatro días y que no merece la pena amargarlos.

Es de suponer que estos costes estarán justificados por el provecho que se les saca. Sobradamente. Tanto en investigación como en aplicaciones. Hay muchísimas áreas de estudio que necesitan una enorme potencia de cálculo. Por ejemplo, para entender el funcionamiento del cerebro [el superordenador *Blue Brain*, en Suiza, está focalizado a la modelización de una columna neuronal], el plegamiento de proteínas [área considerada central en biomedicina], el proceso de cambio climático o aplicaciones industriales en aeronáutica, geología (pozos petrolíferos) u otros ámbitos.

Esa debe ser la gran liga de la supercomputación. ¿Qué papel desempeña ahí el BSC? Uno de nuestros puntos fuertes es el *Science Computing*, en la que trabajan unos 130 investigadores. Entre ellos, especialistas en programación, *hardware*, arquitectura, desarrollo de aplicaciones, bases de datos, *cloud computing*... Cubrimos muchos frentes desde hace muchos años.

¿Mejor ser multidisciplinar que muy especializado? Hay máquinas enormes que hacen una sola cosa; están ejecutando siempre el mismo programa. Las de compañías petroleras, por ejemplo, para ver mejor y decidir cómo y dónde perforar. O lo que hablábamos del cerebro o el plegamiento de proteínas. Pero sin aproximaciones múltiples no serían posibles otras aplicaciones o prestar un servicio a una comunidad científica diversa. Ese es nuestro papel. Por otro lado, la tecnología tira mucho, ya que evoluciona rápidamente y la elevada especialización precisa de un *software* y un *hardware* específicos. Hay que saber escoger muy bien.

Escoger, por tanto, qué áreas van a vivir un futuro en expansión. Sin lugar a dudas, todo lo que tenga que ver con *bio* va a crecer. Áreas como la secuenciación y muchas de las aplicaciones genómicas no serían posibles sin un supercomputador. Y lo más apasionante en estos momentos, además del clásico campo de búsqueda de fármacos, es el plegamiento de proteínas. Estamos hablando de una cuestión de dinámica molecular basada en la presencia de muchos átomos que interactúan entre ellos. Cada átomo, que está en movimiento, tiene que ver con los demás, por lo que es preciso prever su dirección, su velocidad y las consecuencias de su interacción. Y el siguiente, probablemente, vaya a ser el funcionamiento de una célula, un campo en el que ya se ha empezado a trabajar. Conocemos sus componentes y algo de su dinámica, pero no cómo funciona en realidad. La biología de síntesis y de sistemas está en ese campo de acción. Y claro está, ver cómo funciona, en efecto, un cerebro.

¿Servirán esos trabajos para construir un ordenador plenamente inteligente? Pues no necesariamente. Para hacer aviones no imitamos el movimiento de las aves y para hacer coches tenemos la rueda y el motor de explosión y no piernas mecánicas. Podemos inspirarnos en la naturaleza e incluso imitarla ocasionalmente, pero no es preciso replicarla. Un ordenador inteligente, si llega, no forzosamente debería funcionar como un cerebro.

Volvamos al BSC y a su actividad. Desde ahí se articula el Centro Nacional de Supercomputación. ¿Cómo accedo yo como investigador para usar el *Mare Nostrum*? Existe un comité

de acceso formado por 40 investigadores de varias disciplinas que evalúan la propuesta y deciden si se tiene acceso al supercomputador. Pero hay distintas modalidades. Hay quien ya tiene el programa listo y lo único que necesita es *correrlo*; hay quien solo necesita optimizar su propia máquina y, finalmente, hay quien necesita el programa entero, tienen una aplicación y necesitan desarrollarla. Por tanto, desde trabajar con los investigadores hasta hacerlo todo a partir de una idea. Gracias a que los procesadores ya no se quedan obsoletos, los estamos reutilizando con la ayuda de una red que está operativa en Madrid, Santander, Zaragoza, Valencia y el Instituto Astrofísico de Canarias.

“EN EL BSC SE REÚNEN AHORA MISMO UN CENTENAR DE INVESTIGADORES DE 28 PAÍSES. ESO SIGNIFICA QUE BARCELONA ESTÁ EN EL MAPA MUNDIAL DE LA SUPERCOMPUTACIÓN Y DE LA ARQUITECTURA DE COMPUTADORES”

Y si soy una empresa, ¿cómo accedo? La empresa no pasa por este proceso de selección. Con ellas se establecen contratos de colaboración para desarrollar *software* específico que luego ejecutarán en sus máquinas, o para optimizar el suyo y su máquina o para investigar aplicaciones concretas sujetas a confidencialidad. Es así como hemos trabajado con Intel, IBM, Hewlett Packard, Repsol, Iberdrola...

Colaboraciones con el mundo académico y la industria que se fundamentan en cuatro grandes líneas. Nuestro origen son las ciencias de la computación. En esa área podríamos decir que sabemos de todo. Desde programación a arquitectura pasando por desarrollo. Nuestra experiencia en este campo nos ha situado como centro en uno de los cinco primeros de Europa. La segunda es la que llamamos aplicaciones de los computadores. Ahí es donde se sitúa el grupo que ha desarrollado el *software* para Repsol, que simula las mejores condiciones para que cuando se perfore aumenten las posibilidades de encontrar petróleo. Se mandan las ondas en profundidad, rebotan y luego se capturan y procesan, de modo que aumenta la visión de lo que hay en la profundidad. Los responsables de la empresa entienden que han aumentado el 25% las posibilidades de éxito en las perforaciones. De cada ocho pinchazos aciertan uno. Teniendo en cuenta que por cada uno pagan 100 millones de euros...

También trabajamos en la optimización de molinos de viento con Iberdrola, la influencia del hielo en los aviones, *modelizamos* el comportamiento del corazón con objetivos quirúrgicos. El tercer grupo se dedica a las ciencias de la vida, con colaboraciones en busca de fármacos, interacción proteína-proteína y genómica. La última línea corresponde a estudios de cambio climático, en especial, a dispersión de contaminantes. Ahí se trabaja muy estrechamente con las Administraciones.

LIVING NEBRIJA LIVING UNIVERSIDAD



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 El curso comenzará en **marzo de 2011 y terminará el mes de julio de 2011**

Plazo de inscripción **Del 1 de noviembre de 2010 al 20 de febrero de 2011**

Información e inscripciones **gradoelectronica@nebrija.es
gradomecanica@nebrija.es
Tel.: 91 452 11 00**

Los sorprendentes inventos de 'Bucky' Fuller

El ingeniero y arquitecto futurista fue el autor de la cúpula geodésica y el padre de la sostenibilidad de la Nave Espacial Tierra

Richard Buckminster Fuller (1895-1983), arquitecto, ingeniero, diseñador y futurista, fue el inventor de la cúpula geodésica y autor también de sonoros fracasos con los que pretendió contribuir a un mayor bienestar de los ciudadanos y del planeta al que él comenzó llamar Nave Espacial Tierra (*Spaceship Earth*), fue un genio autodidacta del que muy poco se conoce en España. Una reciente exposición en la galería Ivorypress Art+Books de Madrid, regentada por Elena Ochoa y su marido, el arquitecto británico Norman Foster, ha contribuido al redescubrimiento de este hombre que fue también el inventor de la sostenibilidad con su célebre principio de *menos es más* y un referente de la contracultura norteamericana de la década de 1960.

Joaquín Fernández

Richard Buckminster Fuller, o simplemente Bucky Fuller, como le conocía todo el mundo, fue un arquitecto heterodoxo que acumuló fracaso tras fracaso durante su dilatada vida sin que nunca se rindiera ante la general incomprendición de la sociedad. Además de arquitecto sin título universitario, fue también otras muchas cosas: empresario, filósofo, poeta, ecológico, agitador de conciencias y, en resumen, un fascinante visionario que tuvo geniales intuiciones. En una de las imágenes del documental que acompaña la exposición, dirigido por Carlos Carcas, aparece con los brazos extendidos en la orilla del mar ante una impresionante puesta de Sol y afirmando con absoluta convicción que siente en

su propio cuerpo el movimiento de la Tierra. Para Bucky Fuller, todos somos astronautas que nos movemos en la Nave Tierra (*Spaceship Earth*), una expresión asumida luego por la cultura ecológica, que empezó a utilizarla con naturalidad a partir de 1951.

Algunos de sus familiares más próximos estuvieron vinculados al movimiento filosófico conocido como trascendentalismo, fundado en la primera mitad del siglo XIX por Ralph Waldo Emerson y Henry David Thoreau, el célebre autor de *Walden*, que predicó con el ejemplo, al menos durante un tiempo, la vuelta a la naturaleza del ser humano. Fuller entiende la Tierra como un vehículo en el que navegamos a través del espacio (“Nadie entendió el Universo con su cla-

rividencia”, dicen quienes le conocieron) y explicaba que los recursos de esta nave son limitados. Por ello, es necesario racionalizar su consumo con medios de transporte y estructuras de habitabilidad más sostenibles. “Siempre entendió que la tierra es una casa, un espacio hecho para todos”, resume Norman Foster.

Bucky Fuller nació en Massachusetts (EE UU) y estudió en la Universidad de Harvard, a la que habían asistido desde 1740 todos sus ascendentes varones, hasta que, un buen día, decidió abandonarla. Todo lo que logró a partir de ese momento lo haría de manera autodidacta. Después de servir en la Marina durante la I Guerra Mundial, trabajó para su suegro, también arquitecto, en una fábrica de ladrillos que utilizaba el

Dymaxion Car #4 (izquierda) y maqueta de la casa Wichita (derecha), dos de los diseños futuristas de Fuller expuestos en Madrid./ Fotos: Sebastian Marjanov





Maqueta del Pabellón de EE UU para la Exposición Universal de Montreal de 1967 / Foto: Sebastian Marjanov

cemento y las virutas como materia prima. En 1927 la abandonó para dedicarse durante un año al estudio y la reflexión. De ahí saldrían algunas de sus ideas más conocidas, como el pensamiento en cuatro dimensiones (4D) y la búsqueda mediante el diseño del máximo beneficio humano con el mínimo uso de energía y materiales: más por menos.

Arquitectura sostenible y democrática

Bucky Fuller quiso ser el Henry Ford de la vivienda, construir casas como si fueran coches, en serie. Para ello, realizó varios diseños que nunca llegaron a construirse, si bien algunas de sus ideas se han ido integrando en el acervo arquitectónico. Todavía en nuestros días nos parece disparatada su idea de edificar torres de edificios livianos en torno a un eje central (la exposición muestra varios esquemas ilegibles para el profano) que, literalmente, permitiera clavarlas en tierra. Estas torres serían

trasladables con dirigibles a cualquier lugar del planeta.

En 1929, el año del *crac* bursátil de Nueva York, expuso en los almacenes Marshall Field de Chicago una de sus primeras viviendas unifamiliares, la *Dymaxion House*, que no tuvo éxito. ¿Habría sido diferente la trayectoria de este generoso visionario en otro momento histórico? Siguió adelante, a pesar de todo, y desde su revista *Shelter* preconizó el uso de viviendas prefabricadas de bajo coste como estímulo para una economía paralizada por la crisis. Fabricación en serie, materiales ligeros y autosuficiencia energética. Fuller abrió el camino de la sostenibilidad.

Partiendo de tres palabras muy utilizadas por Bucky Fuller (dinamismo, máximo y tensión) el publicista Waldo Warren inventó la marca *Dymaxion*, con la que luego serían bautizados algunos de sus inventos más emblemáticos, por ejemplo el *Dymaxion Deployment Unit* (DDU), un alojamiento de emergencia

"SIEMPRE ENTENDÍ QUE LA TIERRA ES UNA CASA, UN ESPACIO HECHO PARA TODOS", DICE NORMAN FOSTER

que proyectó en 1941 inspirándose en los silos agrícolas de chapa que habían proliferado por el país con las políticas agrícolas del New Deal. Fuller les añadió ojos de buey y un sistema de ventilación en la cúspide de la cubierta cónica, eliminando de paso el mástil central. El Ejército norteamericano utilizó decenas de miles de estas construcciones. Seguramente, fue hasta ese momento su éxito más sonoro.

Al finalizar la II Guerra Mundial presentó en sociedad un nuevo diseño de vivienda, la Casa Wichita, una cápsula carenada de aluminio que recibe su nombre de la localidad de Kansas donde estaba la fábrica de aviones reconvertida por Fuller para la producción de viviendas en serie, aunque no llegó a funcionar nunca por un conflicto entre el diseñador y sus socios. Sólo existe un prototipo, que, desde 1991, se exhibe en el Museo Ford de Dearborn, cerca de Detroit.

El coche fantástico

Como no pudo emular a Henry Ford con el diseño de edificios, lo intentó en su propio campo, el del automóvil. Fuller diseñó entre 1933 y 1934 hasta tres prototipos de un bellísimo y lustroso cacharro, uno de los cuales reconstruyó pacientemente Norman Foster (tardó tres años en conseguirlo) y ha sido la estrella indiscutible de la exposición de Madrid visitada por miles de personas, un acontecimiento sin muchos precedentes.

Inspirado en el zeppelin, el *Dymaxion* es un coche de bajo consumo con capacidad para 12 personas y todavía ahora mantiene su aspecto futurista, con esa forma de gota de agua para ofrecer menor resistencia al viento. Tres ruedas, motor atrás, radiador en el interior con una tronera para tomar aire y tracción delantera y dirección en la única rueda trasera hacen que funcione como el timón de un barco.

En cierta ocasión se llevó a cabo en Chicago la exhibición de uno de estos prototipos con un desafortunado accidente en el que resultó muerto el conductor. Al parecer, fue otro coche el que había chocado contra él, pero se dio a la fuga, quizás asustado. El futuro del coche fantástico quedó sentenciado con este titular de un periódico: "Extraño coche vuelca y mata al conductor".

El inventor de la geoda

Tras sucesivos fracasos, en los veranos de 1948 y 1949 Fuller se dedicó a la enseñanza en el legendario Black Mountain College (BMC), que tiene ciertas concomitancias con nuestra Institución Libre de Enseñanza. Centrado en el estudio de las artes, el BMC fue fundado en 1933 junto al lago Eden, cerca de Asheville (Carolina del Norte), por John Andrew Rice, Theodore Dreier y otros profesores del Rollins College. Su educación interdisciplinar muy pronto llamó la atención de poetas, artistas, diseñadores y bailarines. Por allí pasaron nombres decisivos de la cultura estadounidense del siglo XX como Josef y Anni Albers, John Cage, Merce Cunningham (allí creó su famosa compañía de danza), Willem y Elaine de Kooning, entre otros.

Dicen los expertos que Bucky Fuller desarrolló una geometría pragmática sin apoyo algebraico. Con la colaboración entusiasta de un grupo de alumnos y un montón de lamas de persiana, construyó en el BMC la primera cúpula geodésica, que no llegó a sostenerse en pie pero fue el germen de un invento que, por fin, tendría éxito. En el segundo verano como profesor de esa institución acabó disputando con un alumno la autoría de las llamadas estructuras de *tensegridad*, una serie de bellísimas figuras geométricas que el propio alumno consideraba esculturas. El vocablo *tensegridad* (*tensional e integrity*) y con él designa las estructuras cuya estabilidad depende del equilibrio que se consigue entre fuerzas de tracción y compresión cuando son puestas en tensión. Fuller se quedó con la patente.

Este concepto de *tensegridad* tuvo importancia posterior en disciplinas como la biología, y constituyó un nuevo paradigma que unifica la interpretación mecánica de los seres vivos desde el aspecto orgánico hasta el celular. El premio Nobel de Química de 1996 recayó sobre los descubridores de la molécula de carbono C60, denominada *buckmin-*

El amigo de Norman Foster

La exposición de Richard Buckminster Fuller en Madrid coincidió con el estreno en salas de cine comerciales del bellísimo documental *How much does your building weigh, Mr. Foster?* (¿Cuánto pesa su edificio, Sr. Foster?), dirigido por Norberto López Amado y Carlos Carcas. Obsesionado por la ligereza, ésa fue la desconcertante pregunta que Bucky Fuller lanzó a Foster mientras contemplaban uno de sus edificios. El arquitecto británico lo calculó y supo darle cumplida respuesta: 5.328 toneladas.

El encuentro entre ambos se produjo en 1971, cuando Fuller viajó a Londres para seleccionar un arquitecto colaborador en el proyecto del Samuel Beckett Theatre, un teatro experimental en el patio interior de St. Peter's College, en Oxford: "Yo estaba nervioso porque Fuller era uno de mis héroes y fue pura casualidad que un amigo común hiciera posible el encuentro. Vestido con un traje negro convencional, camisa blanca y corbata, no tardé en descubrir que esa elegante combinación era su uniforme de trabajo. Yo estaba interesado en cuestiones ecológicas y sobre eso estuvimos hablando". También está interesado Foster en las cúpulas (véase el Reichstag en Berlín y tantos otros edificios) y la triangulación.

Pasados 12 años volvieron a encontrarse para otro proyecto, la *Solar House*: "La idea era construir una casa para mi familia en Inglaterra y otra parte él, pero no hubo tiempo. Me contó un día que su médico se sorprendía de la frenética actividad que era capaz de desarrollar con 87 años. 'Es muy simple' –respondió–, 'todo está en la motivación, pero puedo tirar del enchufe cuando quiera'. Pocos días después regresó con su esposa enferma de un cáncer terminal. Ambos murieron con 36 horas de diferencia".

Fue en una de esas conversaciones profesionales cuando Foster oyó de boca de Fuller esa frase de "menos es más": "Fuller es más relevante ahora que en su tiempo porque hoy afrontamos muchas de las crisis que él anticipó en términos de supervivencia", dijo Foster en la inauguración de la exposición. Por la ciudad ecológica que está diseñando en *Masdar* (Abu Dabi) circularán coches no contaminantes muy parecidos al de Fuller.

teller o *buckyball* en homenaje a las exploraciones geométricas de Fuller.

Sus investigaciones sobre la geometría de la esfera acabaron consolidándose tras varias experiencias fallidas, una de ellas en el Pentágono. Las mallas desarrolladas en su propia empresa Geodesics permitieron construir la primera cúpula geodésica importante en 1953, precisamente para la Ford Motor Company. Un año después registró la patente y en 1958 se batió el récord de luz libre con una esfera de casi 120 metros de diámetro.

En 1964 la revista *Time* le dedicó la portada con un retrato suyo realizado por el ilustrador ucraniano Boris Artzybasheff. La consagración definitiva llegó en 1967 con el diseño del pabellón de EE UU para la Exposición Universal de Montreal. Esta construcción esférica (76 metros de diámetro y 61 de altura) que llevó a cabo con su colaborador Shoji Sadao llamó la atención del mundo y, a partir de entonces, las cúpulas geodésicas basadas en la indeformabilidad del tetraedro comenzaron a proliferar.

El éxito en la Expo de Montreal auspició nuevos proyectos tan bellos como difíciles de realizar: una cúpula sobre Manhattan para proteger la atmósfera, estructuras de nubes flotantes, esferas de *tensegridad* de más de un kilómetro

de diámetro mantenidas en vilo como si fueran globos por el aire de su interior calentado por el Sol... También propuso una ciudad tetraédrica flotante en la bahía de San Francisco con 5.000 viviendas en una pirámide de 2,5 kilómetros de altura con la que pretendía abrir el camino para otras ciudades subterráneas o flotantes. En la llamada "Propuesta para Harlem" planteaba la construcción de 15 torres huecas con 100 pisos colgados de un mástil.

No es desdeñable, por fin, su aportación a la cartografía con un nuevo sistema de proyección cartográfica que permitió la representación del planeta Tierra con proporciones más cercanas a la realidad. "Para resolver problemas a escala planetaria", decía Fuller, "necesitamos puntos de referencia más estables".

Dicen que Fuller fracasó en muchas de sus propuestas porque no era capaz de entender el lado irracional del ser humano. Si las cosas se explican, pensaba, la gente será capaz de entender. En la década de 1960 se convirtió en gurú del movimiento alternativo. La primera comuna *hippy* en Colorado (Drop City) levantó una de sus cúpulas geodésicas y las publicaciones pioneras sobre energías renovables no se olvidaron de sus aportaciones.

Ciencia musical

En un mundo globalizado donde los saberes se difuminan con rapidez y la especialización parece que pierde terreno, debemos seguir creyendo en la teoría de los vasos comunicantes entre disciplinas para conseguir nuevas propuestas pedagógicas. Un ejemplo: la impopular enseñanza de las matemáticas podría beneficiarse de una comunión con la música. No en vano sería retornar al principio, cuando en la época de los pitagóricos se desarrolló una división del currículo llamado *quadrivium*, en el que la música se consideraba una disciplina matemática que manejaba relaciones de números, razones y proporciones. El *quadrivium* (aritmética, música, geometría y astronomía), con el agregado del *trivium* (gramática, retórica y dialéctica) se convirtieron en las siete artes liberales. La posición de la música como subconjunto de las matemáticas permaneció durante la Edad Media.

Fue el filósofo y matemático Pitágoras de Samos (ca. 580-500 a. de C.) el primero en darse cuenta de que la música podía ser medida por medio de enteros y quien estableció una relación numérica entre tonos que sonaban "armónicos". Pero donde las matemáticas y la música se unen plenamente es en el concepto pitagórico de *harmonía*, del latín *harmonia*, y éste del griego ἄρμονία, que significa ajustamiento, combinación, proporción de las partes de un todo. Una unión y combinación de sonidos simultáneos y diferentes, pero acordes. Este descubrimiento significó que el mundo físico y el emocional podían ser descritos con números sencillos y que había una relación armónica entre todos los fenómenos perceptibles.

"LA IMPOPULAR ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS PODRÍA BENEFICIARSE DE UNA COMUNIÓN CON LA MÚSICA. NO EN VANO SERÍA RETORNAR AL PRINCIPIO, CUANDO LA MÚSICA SE CONSIDERABA UNA DISCIPLINA MATEMÁTICA QUE MANEJABA RELACIONES DE NÚMEROS, RAZONES Y PROPORCIONES"

Pitágoras también trasladó esta idea de *harmonia* al cosmos, debido al orden dinámico que existe en el mundo, en las cosas creadas: el universo está en movimiento y se ajusta a un todo armónico gracias al movimiento de los astros y de las fuerzas que los mueven. La teoría pitagórica de la "armonía de las esferas" iba más allá: se establecía un paralelismo entre los intervalos acústicos considerados base de la música y las distancias que nos separan de los planetas. Por ejemplo, de la Tierra a la Luna habría un tono; de la Luna a Mercurio, un semitono; otro de Mercurio a Venus; y de Venus al Sol, un tono y medio; entre el Sol y la Tierra existiría una separación correspondiente al intervalo de quinta, y habría una distancia correlativa del intervalo de cuarta desde la Luna al Sol. La voluntad unitaria de la doctrina pitagórica también se establecía entre el orden cósmico y el moral: para los pitagóricos el hombre era también un verdadero microcosmos en el cual el alma aparecía como



CARDIEL

la armonía del cuerpo. Así, la medicina tenía la función de restablecer la armonía del individuo cuando ésta estuviera perturbada y, como la música era el instrumento por excelencia para la purificación del alma, la consideraban una medicina para el cuerpo.

Los avances científicos no han escapado nunca del interés de los creadores. En los últimos tiempos las interacciones entre arte y ciencia son tan continuas como los avances en la investigación. Existe, por ejemplo, una obra de teatro, *A disappearing number*, que Complicité creó de las matemáticas; también óperas que recrean universos de cinco dimensiones, como el *Hypermusic prologue* de Héctor Parra, y obras musicales como una pieza para piano titulada *Verbum, genoma in musica*, de Joan Guinjoan que intenta traducir la composición de un gen decisivo para el habla. Recientemente, Guinjoan se hace suya una idea de Pitágoras: cada átomo produce un sonido particular debido a su movimiento, ritmo o vibración. Y así lo recoge una nueva sinfonía de Guinjoan sobre el sincrotrón *Alba*, de Cerdanyola del Vallès (un enorme equipamiento de 140 metros de diámetro).

En su estructura en forma de anillo se aceleran a increíbles velocidades los electrones que, al girar, producen una luz muy intensa y perfecta para que los investigadores descubran los secretos de átomos y moléculas, desde la estructura de células cancerígenas hasta las propiedades de los materiales. A pesar de sus dimensiones, se trata de un complejo muy silencioso. Guinjoan ha traducido el sincrotrón en tres movimientos: El primero suena a velocidad, a la enorme velocidad de los electrones, y el autor lo transmite a través de las aglomeraciones de múltiples sonidos puntuales, y también de un *glissando* que ilustra el inyector que los pone en marcha; el segundo movimiento suena a tranquilidad, la que experimentan los investigadores en los siete laboratorios a los que alumbría la luz del sincrotrón, y el tercer movimiento suena a fiesta, con un rondó final con aires afrocubanos de celebración.

Si seguimos recuperando la idea de Pitágoras de que la música puede integrar otras disciplinas como las matemáticas, no sólo relacionarse con ella, podremos dar nuevas orientaciones a los estudios en un futuro. Quizá debamos pedir un nuevo *quadrivium* en el currículo de todos los centros de enseñanza para que las matemáticas nos entren por el oído.

Cultura y ambigüedad

“The question is” said Alice “whether you can make words mean different things”.
“The question is” said Humpty Dumpty , “which isto be master- that’s all”¹

En esta serie de reflexiones en torno a la cultura se hace evidente, a estas alturas, que ante el cúmulo de definiciones, redefiniciones e interpretaciones que esta palabra ha suscitado en muy diversos horizontes históricos, y continúa suscitando, poco puede entenderse de lo que ella sea si no es aceptando y analizando su intrínseca ambigüedad. Esta ambigüedad es reflejo, a su vez, de la infinita ambigüedad del mundo, hasta el punto de que se haya podido decir que ahora vivimos inmersos en la edad de la ambigüedad cultural, como consecuencia de su creciente complejidad, así como de la multiplicidad de discursos que tratan de interpretarlo y dominarlo.

Se dice de algo que es ambiguo –palabra que etimológicamente procede del verbo latino *ambigere*, compuesto de *ambi* [“por ambos lados”] y *agere* [“dirigirse”]– cuando puede ser interpretado en más de un sentido. Lo ambiguo nace de la incertidumbre y de la duda en la interpretación de algo: en el jardín de Borges², los “senderos que se bifurcan” son ambiguos, porque hacen dudar al caminante acerca del camino por el que debe dirigirse, le lleva a elaborar conjeturas sobre lo que puede encontrar si sigue uno u otro y, al final, le obligan a elegir.

Si desde el punto de vista del lenguaje se ha definido la *ambigüedad* como “el hecho de que una palabra pueda tener varios significados distintos”³, parece evidente que la palabra cultura –de modo especial en este mundo posmoderno– colma todos los criterios exigibles para que pueda calificarse como la palabra ambigua por excelencia. Desde esta perspectiva, el carácter ambiguo de la cultura se corresponde, en primer lugar, con la llamada ambigüedad léxica, ya que afecta a la propia palabra. Pero cuando la ambigüedad depende de la ubicación de una determinada palabra en una estructura gramatical, en un texto, se califica como sintáctica. Las fuentes de las que nace el lenguaje poético se encuentran, precisamente, en la manipulación combinatoria, lúdica y creativa de la ambigüedad léxica y sintáctica.

Hasta el siglo XX, la ambigüedad había sido, en la cultura occidental, un concepto peyorativo, hasta el punto de que ser ambiguo era negativo y descalificador. Pero las relaciones de la cultura con la ambigüedad son mucho más complejas y, a veces, positivas, ya que, más allá de los significados de la propia palabra, la cultura entraña una intrínseca ambigüedad conceptual: es la multiplicidad de interpretaciones, no tan sólo de la palabra, sino de los conceptos que evoca, así como de sus consecuencias prácticas en el modo de vivir, individual y colectivo, la que puede estimular y potenciar la creatividad y la construcción de los productos culturales. Cualquiera que sea el lenguaje artístico utilizado, es la ambigüedad introducida por el autor en la obra de arte, con su riqueza en significados, con su ruptura del discurso lógico dominante, y con su capacidad para estimular interpretaciones diversas, la que puede deparar “lo inesperado” desde el punto de vista de los valores estéticos. En este sentido, ambigüedad y estética forman un fructífero binomio: “sin ambigüedad no hay ilusión, y sin ilusión no hay arte”⁴.

“DADO QUE NO ES POSIBLE CONOCER ALGO CON ABSOLUTA CERTEZA, DEBEMOS ESTAR PREPARADOS PARA CONFORMARNOS Y VIVIR, A SOLAS Y CON LOS DEMÁS, CON LA INCERTIDUMBRE Y LA AMBIGÜEDAD”

Otra cosa es lo que sucede cuando el binomio considerado está conformado por ambigüedad y conocimiento. Ciento es que si se parte de la asunción de la más absoluta certeza en la interpreta-

CARDIEL

ción del mundo que nos rodea, del desconocimiento de la incertidumbre [“He conocido lo que ignoran los griegos: la incertidumbre”⁵], de la sacralización de una determinada cultura, en suma, de la más radical ausencia de ambigüedad, se destruyen los fundamentos para una educación y una investigación científica en libertad. En ausencia de ambigüedad, la cultura, entendida en toda su amplitud, se convierte en una ideología intolerante con las incertidumbres, que encubre con buenas palabras, y con apelaciones, al “orden frente al caos” o a la “unidad cultural”, la realidad de su pretensión hegemónica, y convierte “los senderos que se bifurcan” en una vía única en la que se han cegado las vías divergentes. Vivimos en una sociedad en continua transición, en la que, a menudo, la idea de cultura se pretende identificar con una u otra de las fuerzas contenidas en el proceso de transición en marcha⁶.

En pleno posmodernismo, la ruptura de los discursos dominantes con la consiguiente fragmentación de la cultura (multiculturalismo) han potenciado la tendencia a deshacer y deconstruir continuamente las interpretaciones aparentemente más sólidas, a proponer un pluralismo radical, una cultura de la ambigüedad que, paradójicamente, ha de hacer frente a fundamentalismos radicales e intolerantes. En esta cultura de la ambigüedad, los “senderos que se bifurcan” han sido sustituidos por las redes tridimensionales, sin límites ni fronteras, de las nuevas tecnologías de la información, en las que la infinita ambigüedad de las interpretaciones exige la aplicación esforzada y continuada del pensamiento crítico, para no perderse definitivamente en la confusión y el caos; redes en las que –como en el oráculo de Ts’ui P’en⁷– un libro de páginas infinitas está encerrado en su laberinto.

Dado que no es posible conocer algo con absoluta certeza, debemos estar preparados para conformarnos y vivir, a solas y con los demás, con la incertidumbre y la ambigüedad. Porque todos los conocimientos derivados de modelos humanos para la

investigación del mundo –incluido el razonamiento– son necesariamente, y en sentido estricto, conocimientos, en mayor o menor grado, ambiguos. Pero es en el terreno de los comportamientos humanos y de la convivencia, en el seno de sociedades cada día más heterogéneas y conflictivas, en el que es necesario acotar las ambigüedades y disponer de certezas funcionales; es decir, en el complicado terreno donde dirimen diariamente sus problemas la ambigüedad y la ética.

Ante la creciente agresividad física, ideológica y económica que en este mundo globalizado y hendido en dos mitades invade a las relaciones humanas, quizás el valor universal que deba ser recuperado con mayor urgencia sea la solidaridad dentro de una convivencia, asentada en la libertad y la dignidad humanas. Esta solidaridad no se descubre como certeza con valor humano por un proceso de reflexión intelectual, sino por una creación personal, casi poética; una creación que se logra a través de una creciente sensibilidad ante el cotidiano espectáculo del dolor y de la humillación de los otros seres humanos⁸.

¹ Carroll, Lewis, *Through the looking-glass*, Wordsworth Classics, 1993.

² Borges, Jorge Luis, *El jardín de senderos que se bifurcan*, Obras Completas, Tomo II, Círculo de Lectores, 1992.

3 Empson, William, *Seven Types of Ambiguity*, Pimlico, 3^a ed. 2004.

⁴ Gombrich, E. H. *La imagen y el ojo*, Ed. Debate, 2002.
⁵ Borges, H. *Letanía de Bahilemia*, Obras Completas Tomo

5 Borges, J.L. *Lotería de Babilonia*. Obras Completas, Tomo II, Círculo de Lectores, 1992.
6 Hellmuth, R. y J. T. R. *Lotterie*. LHKWien, Bruck, Blaich, 2001.

7 Borges, Jorge Luis. *El jardín de senderos que se bifurcan*. Obras Completas.

⁷ Borges, Jorge Luis, *El jardín de senderos que se bifurcan*, Obras Completas, Tomo II, Círculo de Lectores, 1992.

8 Pera, C. *Pensar desde el cuerpo. Ensayo sobre la corporeidad humana*, Ed. Triacastela, 2006.

Metrología y ensayos. Verificación de productos

Enrique Ortea Varela

Librosfp.es, Asturias, 2009. 264 págs.

ISBN 978-84-613-2021-9

Uno de los pilares básicos del mecanizado es, sin duda, la metrología y los ensayos. La determinación correcta de las formas y dimensiones de los objetos, así como el conocimiento del comportamiento que ofrecerán durante su vida de trabajo, son parámetros esenciales para lograr piezas que cumplan ciertas especificaciones marcadas de antemano por el cliente. Una buena formación en metrología industrial y en ensayos de materiales es fundamental para mejorar la calidad de los productos fabricados, a través de calibraciones sistemáticas y de rigurosos controles de los materiales empleados en los procesos productivos. Este libro ofrece una formación actualizada y eminentemente práctica, sirviendo de referencia tanto al personal técnico que desarrolla este tipo de operaciones en los procesos de fabricación mecánica, como a los estudiantes de este área.



Montaje y mantenimiento mecánico

Enrique Ortea Varela

Librosfp.es, Asturias, 2008. 364 págs.

ISBN 978-84-612-4017-3

Hoy en día es imposible concebir una empresa sin un departamento o servicio de mantenimiento, ya que es imprescindible en cualquier actividad industrial. Este libro, esencialmente práctico, pretende transmitir una información técnicamente correcta, con fotografías y dibujos cuidadosamente preparados. Está orientado tanto a estudiantes como a profesionales del mantenimiento industrial.



Teoría del riesgo

Evaristo Díz Cruz

Starbook, Madrid, 2010. 365 págs.

ISBN 978-84-92650-38-5

El libro aborda la práctica de la teoría básica de riesgo, tanto actuarial como de finanzas, más que la teoría estadística. Contiene dos temas destacados sobre pensión y jubilación dentro del contexto de las Normas Internacionales de Contabilidad NIC19, así como un apéndice sobre la modelación de activos y obligaciones actuariales de los planes de beneficio definido.

Física de lo imposible

Michio Kaku

Debate, Madrid, 2009. 384 págs.

ISBN 978-84-8306-825-0

¿Podremos ser invisibles, viajar en el tiempo y teletransportarnos? Así es de provocador subtítulo de este libro en el que Michio Kaku explica hasta qué punto los ingenios de la ciencia-ficción que hoy consideramos imposibles, desde la telepatía al teletransporte, pueden ser reales y hasta habituales en el futuro. Para ello, el autor explora las premisas y los límites de las leyes de la física que aceptamos hoy día.

Electrónica básica

David Arboledas Brihuega

Starbook, Madrid, 2010. 174 págs.

ISBN 978-84-92650-49-1

Esta obra es una introducción a la electrónica dirigida principalmente a los estudiantes que van a iniciar sus estudios universitarios o de formación profesional. Su contenido puede agruparse en tres bloques temáticos. El primero aborda las técnicas más elementales del análisis de circuitos para comprender su comportamiento; el segundo se dedica a presentar las características de los principales componentes electrónicos, y el tercero presenta de forma práctica cómo diseñar circuitos impresos.

Redes Cisco. Guía de estudio para la certificación CCNP

Ernesto Ariganello y Enrique Barrientos Sevilla

Ra-Ma, Madrid, 2010. 718 págs.

ISBN 978-84-9964-035-8

La de la CCNP es una de las certificaciones de redes más prestigiosas avalada en todo el mundo por Cisco Systems. Los técnicos con esta certificación representan una garantía profesional para las empresas que requieren personal cualificado en conceptos como enrutamiento, conmutación, redes privadas y acceso remoto. En la mayoría de los casos, el personal certificado CCNP realiza tareas de soporte de alto nivel, resolución de incidencias a grandes clientes y operaciones de configuración de dispositivos de alta gama. Esta obra es la primera guía de estudio dedicada a la tan valorada certificación completamente en español. La obra proporciona los conceptos, comandos y gráficos necesarios para configurar los dispositivos Cisco en redes corporativas. El libro está dividido en tres partes que se basan en el temario que contienen los tres exámenes de la versión 6 de la certificación CCNP y constituye una herramienta fundamental para el acceso a la certificación profesional en redes Cisco. Los autores han volcado toda su experiencia como formadores y técnicos certificados logrando un compendio exento de material innecesario y recogiendo solo los temas más relevantes.

Las armas y las letras

Andrés Trapiello

Destino, Barcelona, 2009. 185 págs. ISBN 978-84-344-53302

Las armas y las letras, un ensayo sobre la literatura y los literatos durante la Guerra Civil española, es ya un clásico, un libro de culto en las bibliotecas españolas que originó un gran revuelo en el panorama literario. Y 16 años después, Andrés Trapiello lo reescribe y alarga, con 450 fotografías, algunas inéditas. Si la primera edición fue todo un descubrimiento, el libro de Trapiello sigue siendo necesario en tiempos de desmemorias históricas y desenfrentos sobre el pasado. En posesión de una erudición descomunal, el escritor leonés nos acerca a un pasado más rico y con más matices de lo que creíamos. Por sus páginas desfilan toda una serie de escritores y periodistas, conocidos muchos de ellos, pero otros ignorados por el gran público. La idea principal del libro es que la literatura española no estuvo a la altura de las circunstancias en un momento en que casi nada ni nadie lo estuvo. Algunos casos, como el de Rafael Alberti, son expuestos de manera clara y cruda, lo que ha despertado ciertas críticas entre determinados lectores. Trapiello trata de ser objetivo con el pasado, lo que no quiere decir que sea equidistante. Sin embargo, no rehúye los episodios más desagradables, al menos para las gentes de ideas o creencias progresistas, como la actitud y la conducta del citado Alberti, muy bien documentada. Al mismo tiempo, gracias a Trapiello, se han rescatado autores como Chaves Nogales, de gran valía, que permanecían sepultados bajo la hojarasca del olvido. En otros casos, las novedades son menores, salvo que la propaganda y la creación literaria rara vez van de la mano. *Las armas y las letras* cambió algunos de los prejuicios y lugares comunes sobre nuestra literatura, componiendo un fresco histórico que se puede leer, al mismo tiempo, como una novela. Todo un lujo que Destino pone a nuestro alcance.



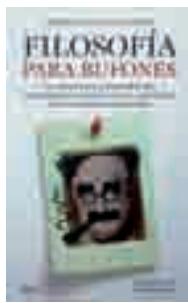
Filosofía para bufones

Pedro González Calero

Ariel, Barcelona, 2009, 185 págs.

ISBN 978-84-344-53302

La filosofía no es incompatible con el humor. Muchos filósofos, desde Diógenes el cínico hasta Nietzsche, pasando por Hegel, han sido grandes humoristas. Y una buena forma de adentrarse en el mundo de la filosofía es combatir los prejuicios que ciertas opiniones tienen sobre esta rama del saber, pues la filosofía no es sinónimo de aburrimiento o de lenguaje críptico. González Calero nos invita a un singular paseo por la historia del pensamiento a



través de anécdotas y bromas de los grandes filósofos: el malhumor de la esposa de Sócrates y las opiniones de Kant sobre el matrimonio. Y es que, como decía Russell, "todo acto de inteligencia es un acto de humor".

El conflicto. Sociología del antagonismo

Georg Simmel

Sequitur, Madrid, 2010, 93 págs.

ISBN 978-84-05363-80-0

Para Georg Simmel, el conflicto no es un accidente en la vida social, sino parte integrante y necesaria en las sociedades y en las relaciones humanas. Es más, el conflicto es un elemento integrador, una forma de socialización. De esta manera, Simmel invierte la opinión de que la cohesión social necesita de consenso a toda costa:



simpatía y hostilidad se entremezclan en la vida social. Simmel es uno de los grandes teóricos de la sociología, contemporáneo de Weber y Durkheim. Su condición de judío le impidió llevar una vida docente en la Universidad, lo que no le privó de ser uno de los sociólogos más influyentes del siglo XX. Entre sus lectores más atentos se contaba Ortega y Gasset.

A sangre y fuego

Manuel Chaves Nogales

Espasa, Col. Austral, Madrid, 2010, 272 págs.

ISBN 978-84-670-3387-8

Austral recupera un libro casi olvidado del periodista sevillano Chaves Nogales (1897-1944). *A sangre y fuego* es el título de una serie de relatos sobre la Guerra Civil, basados en las experiencias

del autor, exiliado voluntariamente en 1937. El periodista trata de ser objetivo, que no distante, sin caer en maniqueísmos fáciles ni demagogias baratas, sobre unos hechos dramáticos. Y esto es, precisamente, lo que más estremece. Deja a los personajes expresarse en toda su crueldad. El odio, la venganza, la sinrazón y el caos de la guerra son la materia de estos relatos escritos de manera ágil y certera. El lector desearía que fuese un libro de ficción, y lo es, menos las situaciones y los lugares.



CONTRASEÑAS Gabriel Rodríguez

Contracultura

Decía Coco Chanel que todo lo que es moda pasa de moda. La vieja contracultura de los años sesenta y setenta está pasada de moda, aunque no ha desaparecido del todo. Aún pervive en la música, el cine, la ropa y los hábitos mentales, su territorio de expresión favorito. Es decir, en todas las manifestaciones "alternativas". Al sistema, naturalmente, pues la contracultura siempre ha necesitado de un sistema contra el que expresarse, aunque ese sistema (la sociedad occidental) ha cambiado tanto en los últimos 40 años que no hay quién lo reconozca.

Da lo mismo. Cuando se quiere ser transgresor, rebelde, inconformista, cualquier sistema vale, aunque sea el sistema métrico decimal. Nos expresamos negando, que decía Cioran. El deseo de rebelarse contra la vulgaridad de la sociedad, contra la mediocridad de los tiempos, contra la tiranía de las normas sociales, es connatural a todo joven airado que se precie, valga el pleonasmico. Justo el eslogan de los publicistas de ahora. La utopía: no nos conformamos con menos.

Guy Debord, uno de los gurús de la contracultura de los años sesenta nos descubría en su obra *La sociedad del espectáculo* que el mundo en que vivimos no es real, ya que el capitalismo consumista fagocita todas las experiencias humanas auténticas y las transforma en un producto vendible a través de la publicidad y los medios de comunicación, o mass media, como se decía antes. "El espectáculo es la pesadilla de la sociedad moderna, prisionera de sí misma", apuntaba Debord, líder de la conocida como Internacional Situacionista.

Para los rebeldes que hicieron el mayo del 68, superar la alienación de la sociedad consumista y conformista era su programa polí-

tico y cultural. Las conquistas de la vieja izquierda obrerista quedaban desfasadas. Si todo es pura ilusión, para qué preocuparse por los aumentos de salario o las mejoras en la condición de vida. En realidad, esta idea de que vivimos en un mundo ilusorio no es nueva. Por ejemplo, para el cristianismo, solo la muerte nos da acceso al verdadero mundo. Sin embargo, Debord y los situacionistas creían que era posible combatir la alienación a través del arte, la protesta (todo un arte), la ropa o la música.

Esta alegoría sobre la alienación la encontramos claramente expresada en la película *Matrix*. Y como el personaje de Neo, lo que necesitamos es despertar, liberarnos de la tiranía de las máquinas, que son el peor de los "sistemas". Por tanto, debemos despertarnos, desenchufarnos de la sociedad convencional que nos rodea, resistirnos a la cultura en su totalidad: es decir, la contracultura. No es difícil si pruebas, cantaba John Lennon en maravillosa canción *Imagine*. La contracultura nunca tuvo unas bases ideológicas muy sólidas, pero era terriblemente divertida. Al fin y al cabo, la diversión es el acto transgresor por excelencia.

Sería un error, no obstante, pensar que la contracultura ha desaparecido de nuestra sociedad. Aunque ya no tiene el prestigio y el poder de antes, aún pervive entre nosotros, quizás porque el espíritu de la contracultura es ambiguo: la revolución nunca ha especificado qué tipo de sociedad libre busca. Tal vez, porque se trata de una libertad que está más allá de nuestras mentes, o simplemente porque, al padecer de disonancia cognitiva, no somos capaces de adivinarlo.

El pacto

A la hora de sintetizar las cualidades que singularizan a la especie humana respecto al resto de los animales y que han permitido su epidémica expansión por el planeta, los griegos de la Antigüedad eligieron con buen tino una característica que nos define y que incluye otras facultades de las que presumimos: el dominio de la energía. Según la mitología helena, Zeus encargó a Epimeteo la creación de los animales y le otorgó un amplio muestrario de dones para que los distribuyera entre ellos de forma que cada uno tuviera un medio de garantizar su supervivencia. Olfato, vista, oído, zarpas, dentadura, agujones, espinas, caparazones, garras, vuelo, velocidad, camuflaje, cuernos, sagacidad... Todos consiguieron su ventaja, pero al llegar al hombre comprobó que se había quedado sin dones y pidió ayuda a su hermano Prometeo. Éste voló hasta el Sol para prender una antorcha, robarles el dominio de la energía a los dioses y regalársela a los humanos.

Los griegos demostraron así su sabiduría, porque basta una superficial revisión de la historia para percibirnos de la íntima relación existente entre los distintos modelos sociales y económicos que la han ido jalonando y el uso de nuevas fuentes energéticas o la mejora de su aprovechamiento mediante el desarrollo de tecnologías cada vez más sofisticadas.

El papel de la energía sigue siendo clave, aunque cabe añadir que comparte este carácter con el del conocimiento. Nuestra sociedad se sustenta sobre estos dos pilares esenciales, de los que dependen nuestro presente y nuestro futuro. Desgraciadamente, ninguno de ellos goza en estos momentos de una buena situación en nuestro país. El conocimiento, que emerge de la investigación, está puesto en cuarentena, con unos presupuestos que parten de posiciones no muy boyantes y ahora, con la crisis, están sometidos a una gran presión menguante. No parece, pues, que apostemos por la ciencia y la innovación, a pesar de las proclamas que a veces se hacen. Ni el Gobierno muestra una sensibilidad adecuada a su importancia ni la oposición se lo reprocha, lo que indica semejante falta de perspectiva.

En cuanto a la energía, la situación no es mucho mejor. Somos un país con gran escasez de recursos energéticos clásicos y, por tanto, extremadamente dependiente del exterior. El desarrollo de las energías renovables, eólica y solar, fundamentalmente, que ha colocado a nuestro país en la vanguardia mundial de las mismas, no ha servido para aminorar esa dependencia, que más bien ha aumentado, ya que, según datos de Red Eléctrica de España, entre 1998 y 2008 la energía primaria consumida importada pasó del 74% al 81%, unos 30 puntos por encima de la media europea. Ni siquiera se ha reducido la importancia relativa de los combustibles fósiles, que suponen el 80% de toda la energía primaria consumida y que a los problemas de dependencia unen los de previsible agotamiento a corto plazo, contaminación y procedencia de zonas de gran inestabilidad política. De los tres tipos habituales de combustible fósil, petróleo, gas natural y carbón, España tan sólo cuenta con pequeños recursos de este último, y se trata de un carbón de mala calidad, poco energético y con elevado contenido de impurezas contaminantes.



En semejante situación, a finales de la pasada primavera se anunció la posibilidad de alcanzar un pacto de Estado sobre energía mediante un acuerdo abierto a las principales fuerzas políticas con representación parlamentaria. Tanto el Gobierno como su grupo y el principal partido de la oposición se mostraron confiados en alcanzar un punto de consenso que permitiera ofrecer un panorama de estabilidad a largo plazo a los sectores energéticos y estimular las inversiones empresariales para mejorar las redes de suministro, afrontar la construcción de nuevas instalaciones energéticas y programar la incorporación masiva pero ordenada de las fuentes renovables. Incluso se anuló la subida de las tarifas eléctricas prevista para el mes de julio, con la esperanza de que el acuerdo definiera su alcance. Y ha sido, precisamente, una subida realizada en octubre la que ha venido a confirmar las dificultades que acojan la propuesta.

“SOMOS UN PAÍS CON GRAN ESCASEZ DE RECURSOS ENERGÉTICOS CLÁSICOS Y, POR TANTO, EXTREMADAMENTE DEPENDIENTE DEL EXTERIOR. EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES, EÓLICA Y SOLAR, FUNDAMENTALMENTE, QUE HA COLOCADO A NUESTRO PAÍS EN LA VANGUARDIA MUNDIAL DE LAS MISMAS, NO HA SERVIDO PARA AMINORAR ESA DEPENDENCIA, QUE MÁS BIEN HA AUMENTADO”

En el momento de escribir estas líneas nadie parece confiar ya en que se llegue a alcanzar el tan necesario pacto. Y conforme pasan los días, las dificultades se irán agigantando, porque se perfila ya a lo lejos, aunque sea a más de un año de plazo, la próxima convocatoria de elecciones generales; y nunca antes se vio por estos lares una precampaña tan intensa y larga. El acuerdo se hace cada vez más improbable, como ocurre también con otro pacto pendiente, el que garanticé que el otro pilar de la sociedad, el conocimiento, se refuerce ajeno también al devenir político y a las alternancias en el poder y por encima de las crisis que merman sus recursos. Ojalá me equivoque y en el tiempo que transcurra desde hoy hasta que la revista esté en sus manos se haya alcanzado algún pacto en aspectos tan capitales.

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 Altplan[®], 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 las comparten.

EXPORTACIÓN

La medición y el presupuesto pueden exportarse a BC3, Arquimedes, Arquimedes y Control de obra y Arquimedes 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 informe justificativo de la opción general del DB-HE 1.

EFICACIA

Los programas corregirán 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



POLITÉCNICA

"Ingenieramos el futuro"



CEPADE
UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



INDUSTRIALES
ESCUELA DE NEGOCIOS
UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

Con la Solvencia y
el Prestigio Académico de
Universidad Politécnica de Madrid



Modalidades de Impartición:

- Presencial
- Semipresencial
- Distancia Vía Internet

www.cepade.es

A Distancia Vía Internet

CEPADE

Tel.: +34 91 456.27.95

infocepade@cepade.es

C/ Dr. Federico Rubio y Gali, 11

28039 Madrid

PROGRAMAS MBA y MASTER ESPECIALIZADOS*

Español, Inglés

o

Bilingüe (Español-Inglés)

* Postgrados Propios
de la Universidad Politécnica de Madrid



www.ienpolitecnica.es

Presencial y Semipresencial:
Master Presencial: L-J 18:30 a 22:00 h

Master Semipresencial: V: 16:00 a 21:30h

Industriales Escuela de Negocios (IEN)

Tel +34 91 336.41.58

info@ienpolitecnica.es

C/ José Gutierrez Abascal, 2 28006 Madrid