



**Proyecto
Cética:** la ciudad
eco-tecno-lógica

Energía eléctrica
a partir de recursos
geotérmicos

**Innovación
socialmente
responsable**

**Reducción de
emisiones
contaminantes**
en autobuses urbanos

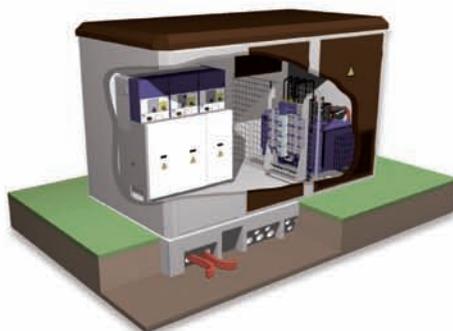


Precio por ejemplar. 13 €

**CADA DÍA MÁS CERCA.
AHORA, EN ANDALUCÍA.**

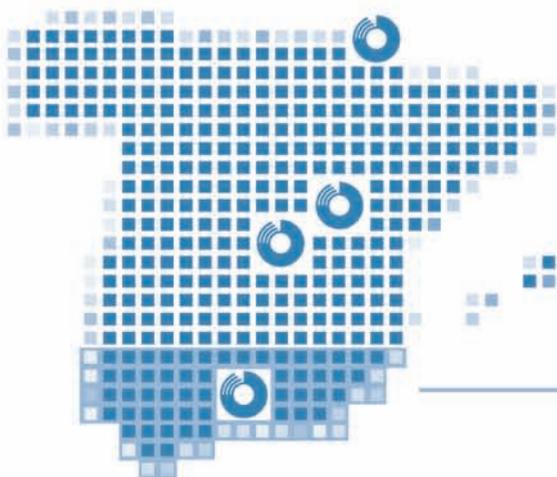


Nueva fábrica Ormazabal de centros de transformación.



Especialistas en Media Tensión.

Nueva fábrica en el Parque Empresarial de Nuevas Tecnologías de Humilladero, Málaga.



La Revista DYNA, fundada en 1926, es el Órgano Oficial de Ciencia y Tecnología de la **Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España (FAIIE)**. De carácter científico-técnico y con edición controlada por la OJD, es el medio más indicado para la comunicación de los Ingenieros Industriales Superiores y de cuantos vean en ella el medio de expresión de sus ideas y experiencia.

Sus números monográficos se aplican a los temas más vinculados a la Energía, Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible, Automatización, etc.

DYNA edita nueve números al año: febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

En el número de diciembre de cada año se publican los índices acumulativos por materias y autores de los artículos publicados en el año.

<http://www.revistadyna.com>

dyna@revistadyna.com

CONSEJO DE ADMINISTRACION Y ASESOR

Presidente de Honor: Luis Manuel Tomás Balibrea (FAIIE - Madrid)

Presidente: Néstor Goicoechea Gandiaga (Asociación de Bizkaia - Bilbao)

Vicepresidente: Pedro Fanego Valle (Asociación de Asturias y León - Oviedo)

Secretario-no consejero: Carlos López de Letona Ozaita (Asociación de Bizkaia - Bilbao)

Vocales:

Emilio Gómez-Villalba Ballesteros (Asociación de Andalucía Oriental - Granada), **Germán Ayora López** (Asociación e Andalucía Occidental - Sevilla), **Javier A. Rodríguez Zunzarren** (Asociación de la Comunidad Valenciana - Valencia), **Juan Torres i Carol** (Asociación de Catalunya - Barce lona), **Miguel Ángel Martínez Lucio** (Asociación de Madrid - Madrid), **José María Rufz-Tapiador Trallero** (Asociación Aragón - Zaragoza), **Manuel Lara Coira** (Asociación de Galicia - Santiago), **Pedro Hernandez Cruz** (Asociación de Cantabria - Santander), **Pedro Jimenez Mompean** (Asociación de la Región de Murcia- Murcia)

CONSEJO DE REDACCION

Presidente: Luciano Azpiazu Canivell (Iberdrola - Bilbao)

Vicepresidente: Leopoldo Espolita Carreño (Asociación de Asturias y León - Oviedo)

Secretario: Carlos López de Letona (Asociación de Bizkaia - Bilbao)

Vocales:

Agustín Iturriga Elorza (Asociación de Bizkaia - Bilbao), **Alfonso Panadero Martínez** (Asociación de Albacete - Albacete), **Alfonso Parra Gómez** (Asociación de Bizkaia - Bilbao), **Antonio Adsuar Benavides** (Consejería de Industria Comercio e Innovación - Valencia), **Antonio María Sanmartí Aulet** (Asociación de Baleares - Palma de Mallorca), **Antonio Montes Fajardo** (Asociación de Cantabria - Santander), **Armando Bilbao Sagarduy** (Escuela Técnica Superior de Ingeniería - Bilbao), **Blas Hermoso Alameda** (Universidad Pública de Navarra - Pamplona), **Carmelo Mendivil Arieta** (Asociación de Bizkaia - Bilbao), **Emilio Ollas Ruiz** (Universidad Carlos III - Madrid), **Enrique García Ruiz de Galarreta** (Asociación de Alava - Vitoria), **Fernando Guijarro Merelles** (Universidad de Extremadura - Cáceres), **Fernando López Rodríguez** (Agencia Extremeña de la Energía - Cáceres), **Ferrán Puerta Sales** (Asociación de Catalunya - Barcelona), **Francisco Javier Hurtado Mirón** (Foro XXI Soluciones de Ingeniería SL- Murcia), **Gabriel Egoña Uranga** (Talleres Egoña - Rentería), **Ignacio Fernández de Aguirre Guantes** (Instituto de Fundición Tabira - Durango), **Javier Barrondo Apodaca** (Iberdrola - Bilbao), **Jesús María Cantera Sojo** (Secot - Bilbao), **Juan L. Serarols Font** (Asociación de Catalunya - Barcelona), **Jose Antonio Aguado Sanchez** (ETSII Málaga - Málaga), **Jose F. Martinez-Canales Murcia** (Asociación Comunidad Valenciana - Valencia), **Jose Manuel Palomar Carnicero** (EPS Jaén - Jaén), **Josu Sagastagoitia Monasterio** (Asociación de Bizkaia - Bilbao), **Juan Eugenio Lambooy Ruiz** (Asociación de Madrid - Madrid), **Leandro Ardanza Goitia** (Asociación de Bizkaia - Bilbao), **Luis Manuel Pan Sanchez-Blanco** (Asociación de la Región de Murcia - Murcia), **Manuel Lara Coira** (Escuela Politécnica Superior de Ferrol - Ferrol), **Manuel María Urueña Cuadrado** (Asociación León - León), **Miguel Muñoz Veiga** (Diputación Provincial de Valencia - Valencia), **Néstor Goicoechea Gandiaga** (Revista Kobie - Bilbao), **Nicolás Gaminde Alix** (Asociación Bizkaia - Bilbao), **Pablo T. León López** (Endesa - Madrid)

Dirección: José María Hernández Álava

UNIVERSIDADES Y ESCUELAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL COLABORADORAS

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, Escuela Politécnica Superior de Ferrol, Escola Técnica Superior de Enxeñeiros Industriais de Vigo, Escuela Politécnica de la Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior de Gijón, Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián (Tecnun), Escuela Técnica Superior de Cartagena, Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Mondragón, EPS Escola Politécnica Superior de Girona.

ORGANIZACIONES COLABORADORAS

CEIT-IK4, EuskalIt, Ithobe, Tecnalia

ORGANIZACIONES AMIGAS DE DYNA

Iberdrola y Mutua

© 2009. Publicaciones DYNA S.L.

No está permitida la reproducción o representación íntegra o parcial de las páginas publicadas en la Revista sin la autorización escrita de Publicaciones DYNA SL. Únicamente se autorizan las reproducciones estrictamente reservadas al uso privado del copista y que no estén destinadas a una utilización colectiva. Las opiniones y datos consignados en cada artículo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

ENTIDAD EDITORA: Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España

ADMINISTRACIÓN, DIRECCIÓN, DISTRIBUCIÓN, EDICIÓN, PEDIDOS, PUBLICIDAD Y SUSCRIPCIONES:

Publicaciones DYNA S.L. ,

Alameda de Mazarredo, 69 - 48009 BILBAO.

Tel. +34 944 237566 - Fax +34 944 234461

email: dyna@revistadyna.com

Instrucciones detalladas para los autores en la web: www.revistadyna.com

AGENTES COMERCIALES:

Barcelona: Joaquín Quintero. Avenida Cornellá, 13-15, planta 14ª - 3 • 08950 Esplugas.

Tel. +34 93 3722402 • Fax +34 934 732887

Bilbao: INGENM Ingeniería y Desarrollo, S. L. L. C/Amesti, 12 - 2ª Izq. • 48991 Getxo. Bizkaia.

Tel. +34 944 911021.

Madrid: Labayru & Anciones, S.L. C/Andorra, 69. Local. • 28043 Madrid

Tel. +34 913 886642 - 6492 • Fax. +34 913 886518

CORRESPONSALES Y ASESORES EXTERNOS:

Alemania: Amaya Echevarría

Argentina: Roberto Angel Urriza

Perú: Juan G. Barrientos Díaz (Revista EIC)

IMPRESOR: Rotok Industria Gráfica S.COOP.

Pol. Ind. Txirrita Maleo, Pab. 11 - 20100 Rentería (Gipuzkoa) -

Tel.: +34 943 344 614. e-mail: rotok@mccgraphics.com

Formato: 21 x 29,7 cm (A4)

D.L. BI-6-1958

ISSN 0012-7361

ISSN electrónico 1989-1490

SICI: 0012-7361(20080201)84:1<1.0.TX;2-Y

CODEN: DYNAAU

Tirada de este número: 17.050 ejemplares

Ejemplares vendidos: 16.772

Suscripciones: 14.253



OFICINA DE JUSTIFICACIÓN DE LA DIFUSIÓN S.A.

Miembro de:

- Council of Science Editors
- Asociación Española de Periodismo Científico
- Asociación Iberoamericana de Periodistas Especializados y Técnicos

Suscripción anual Institucional

Suscripción anual Institucional

(Estos precios no incluyen el 4% de IVA)

España	103,00 €
Número suelto	12,50 €
Extranjero	162,00 €
Número para extranjero	19,00 €

Suscripción anual Personal..... a consultar

Los ejemplares se envían por correo ordinario y su precio incluye los gastos de envío.

Forma de pago: Contado previo al envío de la revista

Medio de pago preferente: Domiciliación.

Para suscripciones, pedidos, reclamaciones, renovaciones, cancelaciones o cambios de domicilio enviar un correo electrónico a dyna@revistadyna.com indicando el motivo del mensaje, la identificación de la persona o entidad, NIF o CIF, dirección postal, teléfono y correo electrónico.

Existe un formulario de suscripción en nuestra página web:

<http://www.revistadyna.com>

Tarifas publicitarias

(Estos precios no incluyen el 16% de IVA)

Revista Impresa

	Izda.	Dcha.
Página a color	1.380 €	1.580 €
1/2 página a color (Horizontal o vertical)	900 €	1.035 €
1/4 página a color (Horizontal o vertical)	570 €	655 €
Encartes.....	a consultar	
Interior Portada	1.535 €	
Interior Contraportada	1.410 €	
Contraportada	1.680 €	

Tirada 2007 justificada por OJD: 17.300

Revista digital (<http://www.revistadyna.com>)

Banner de 140x60 pixels (mínimo 7 días).....50 €/día

Visitas mensuales: 100.000

Páginas visitadas al mes: 150.000

Nuestro formato impreso es A4 a todo color (21 x 29,7 cm)

El material digital original será por cuenta del anunciante. Los anuncios con indicación del lugar de colocación tendrán un aumento del 25%.

Incluída en/Indexed in

ACADEMIC SEARCH COMPLETE (Ebsco Publishing)

<http://www.ebscohost.com>

COMPLUDOC (Universidad Complutense de Madrid)

<http://europa.sim.ucm.es/compludoc>

DIALNET (Universidad de La Rioja)

<http://dialnet.unirioja.es>

GEOREF (American Geological Institute)

<http://www.agiweb.org>

ICYT (Centro Superior de Investigaciones Científicas)

<http://www.csic.es>

INSPEC (The Institution of Engineering & Technology)

<http://www.theiet.org>

LATINDEX (Sistema Regional de Información en línea para Iberoamérica)

<http://www.latindex.org>

PASCAL (Centre National de la Recherche Scientifique)

<http://www.inist.fr>

RECYT (Fundación Española Ciencia y Tecnología)

<http://recyt.fecyt.es>

SCIENCE CITATION INDEX EXPANDED (Thomson-Reuters)

<http://www.thomsonscientific.com>

SUMARIS (Biblioteques Universitaries de Catalunya)

<http://sumaris.cbuc.es>

SUMMAREV (Universidad de Sevilla)

<http://bib.us.es/summarev>

TECHNOLOGY RESEARCH DATABASE (ProQuest)

<http://www.proquest.com>

ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY (Grupo Elsevier)

<http://ulrichsweb.com>

BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN:

*Nombre y 2 apellidos Empresa

* NIF / CIF *Dirección de envío suscripción

*CP *Población *Provincia

*Teléfono Móvil Fax

E-mail Web

Fecha Fecha Firma y Sello

FORMA DE PAGO SELECCIONADA:

Transferencia Cheque nominativo Domiciliación bancaria

Ruego a Uds. que con cargo a cta./libreta:

--	--	--	--

Entidad

--	--	--	--

Agencia

--	--

D.C.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Oficina

Domicilio Sucursal Cod.Postal Población Titular

Atiendan hasta nuevo aviso los recibos que presente Publicaciones DYNA SL.

Remitir este boletín de suscripción o sus datos por:

CORREO POSTAL:

Publicaciones DYNA SL
Alda. Mazarredo 69 – 3º
48009-Bilbao

CORREO ELECTRÓNICO:

dyna@revistadyna.com

FAX:

94 423 44 61

PÁGINA WEB:

<http://www.revistadyna.com>
Donde existe un formulario de suscripción

Los campos señalados con un * son obligatorios, y por tanto necesarios para atender su petición.

En cumplimiento de lo establecido en la LOPD 15/1999, le informamos y en este sentido usted consiente, que los datos personales, que nos facilite, sean tratados y queden incorporados en los ficheros de PUBLICACIONES DYNA SL, para el envío periódico de la revista Dyna, sus datos no serán objeto de cesión alguna. En el caso de que no dé su consentimiento para el tratamiento de sus datos, será imposible prestar correctamente los servicios solicitados. Usted además consiente, el envío (incluso por medios electrónicos), de comunicaciones comerciales y publicitarias, por parte de PUBLICACIONES DYNA SL, se compromete a mantener actualizados los mismos. y podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, dirigiéndose a PUBLICACIONES DYNA SL, C/Alameda de Mazarredo, 69, 48009 Bilbao.

- No autorizo el envío por medios electrónicos de información comercial, por parte de PUBLICACIONES DYNA SL
 No deseo que mis datos sean empleados con finalidades publicitarias por parte de PUBLICACIONES DYNA SL



6 DYNA hace 80 años

8 Breves

10 Sociedad e Ingeniería Industrial

13 Noticias

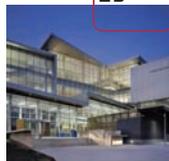
76 Ignacio Fernández De Aguirre
Captura y almacenaje del carbono
en un mecanismo de desarrollo
sostenible
*Capture and Carbon storage in a
mechanism for sustainable
development*

83
Desarrollo Sostenible
Sustainable development

87
Arqueología Industrial
Industrial archaeology

89
Informe estadístico 2008

25



EL DERECHO AL SOL: TITUBEOS HACIA UN URBANISMO SOSTENIBLE
*THE RIGHT TO THE SUNSHINE: HESITATIONS TOWARDS TOWN PLANNING
SUSTAINABILITY*

Manuel Lara Coira

33



COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA REDUCCIÓN DE
EMISIONES CONTAMINANTES EN AUTOBUSES URBANOS
*TECHNOLOGIES COMPARISON FOR EXHAUST EMISSIONS REDUCTION IN
URBAN BUSES*

*Felipe Jiménez Alonso • Jose Maria López Martínez • Francisco Aparicio Izquierdo •
Nuria Flores Holgado*

38



PROYECTO CETICA: LA CIUDAD ECO-TECNO-LÓGICA
CETICA PROJECT: THE ECO-TECHNO-LOGICAL CITY

*Faustino Obeso Carrera • Maria José Sánchez Sánchez • Ricardo Tucho Alonso •
Leticia Zárate Pastur*

44



ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE RECURSOS GEOTÉRMICOS.
ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS A NIVEL MUNDIAL
*GEOTHERMAL POWER PRODUCTION. WORLDWIDE CURRENT STATUS
AND PERSPECTIVES.*

César Chamorro Camazón

52



INNOVACIÓN SOCIALMENTE RESPONSABLE
SOCIAL RESPONSIBLE INNOVATION

Edurne Magro Montero

58



CONDICIONES MÍNIMAS EXIGIBLES A LOS EQUIPOS MÉDICOS DE
RAYOS X PARA SU DONACIÓN A LAS ONGD
*MINIMUM REQUIRED CONDITIONS FOR X-RAY MACHINES FOR ITS
DONATION TO NGDO*

José Luis González Alonso

64



LOS SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA:
FACTORES QUE DETERMINAN SU IMPLANTACIÓN
*THE SYSTEMS OF CERTIFICATION OF QUALITY IN THE INDUSTRY:
FACTORS THAT DETERMINE THEIR IMPLANTATION*

*Fernando López Rodríguez • Pedro Álvarez Martínez • Fernando Guijarro Merelles •
Angel Mena Nieto*

71



CERRAMIENTOS DE VIDRIOS ESPECIALES ANÁLISIS DE APLICACIÓN
EN EDIFICIOS SOSTENIBLES
*SMART GLAZINGS. ANALYSIS OF APPLICATION IN SUSTAINABLE
BUILDINGS*

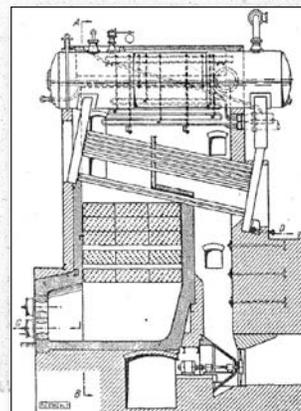
M^a Del Carmen Gimenez Molina

VAPOR DE AGUA A ALTA PRESIÓN

La obtención del vapor de agua a gran presión y temperatura, *se consideraba que* traía importantes ventajas en su aplicación a la industria, *afirmando* que disminuye notoriamente el consumo específico de vapor cuando aumentan alternativa o conjuntamente la presión y la temperatura de recalentamiento. El caso más económico (siempre según el punto de vista termodinámico), se obtiene empleando vapor a 100 atmósferas, con recalentamiento intermedio y “precalentando” el agua de alimentación con “sangría” de vapor vivo.

Entre las calderas presentadas en esta tecnología se citan, además de la caldera Babcock & Wilcox, la caldera ATMOS del ingeniero sueco Blomquist, la basada en el procedimiento Benson, que trabajaba a 240 at., necesitando un reductor de presión o las propuestas por el Dr. Ruth, en período experimental en la época.

ANGEL TAIBO



Sección longitudinal de un generador Benson.

LA SALA DE ENSAYOS CON ALTA TENSIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIEROS DE BILBAO

La necesidad de disponer de medios adecuados al ensayo de los materiales aislantes que la técnica eléctrica utiliza es tan sobradamente conocido, que así se comprendió ya al poco tiempo de fundar la Escuela de Bilbao y, entre sus primeras instalaciones, figuró una que permitía disponer de la tensión de 50.000 voltios mediante un transformador de 5 KVA, 50 períodos, compuesto de dos arrollamientos primarios y secundarios con relación de 200/25.000.

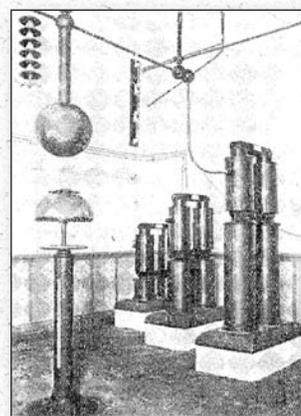
El rápido progreso en el empleo de tensiones cada vez más elevadas, hizo que aquella instalación careciese prácticamente de valor si como de “alta tensión” quería calificarse y en 1927, se fijó la tensión de una nueva instalación en 300.000 voltios. Se compone de tres transformadores iguales cuyas características son:

- Potencia 10 KVA.
- Relación de transformación 110-120.000.
- Frecuencia 50 períodos.

Como aparatos de medida llevaba un voltímetro, dos amperímetros, un frecuencímetro y el kilovoltímetro. El alternador que suministra la energía estaba movido por un motor diesel de 25 caballos. En la misma sala se montó el equipo antiguo.

En la época se proyectaba sacar el conductor de alta tensión hasta el patio para realizar ensayos de aisladores bajo lluvia.

LUIS CHECA



Vista de conjunto de los transformadores.

UTILIZACIÓN RACIONAL DEL CARBÓN

La importancia tan transcendental que el combustible tiene en la economía de todos los países, quedó bien patente en Septiembre en la Conferencia del Combustible de Londres. Fue objeto de discusión todo lo que a combustibles se refiere, desde su extracción hasta su utilización, ya sea su estado sólido, líquido o gaseoso.

Como de importancia para nosotros, merece especial atención todo lo relativo al carbón, cuyo abaratamiento y racional utilización tanto interesa.

Dejando aparte lo que a su explotación se refiere, vamos a tratar de la tendencia hacia su utilización racional y de los medios hoy puestos en práctica con objeto de llegar a esta racionalización.

Por lo que se refiere a los carbones con gran contenido de cenizas - como ocurre con muchos de los nacionales -, el procedimiento más lógico a seguir para su utilización, parece ser el de quemarlos bajo forma pulverizada.

Otra tendencia hacia la racional utilización es la hidrogenación del carbón para producir combustibles líquidos, o la destilación del mismo a baja temperatura.

En el artículo se detalla en especial este último procedimiento, enumerando los productos y subproductos obtenidos (aceites ligeros y alquitrán) así como la actividad de la central eléctrica de Dunston que suministraba electricidad a Newcastle, quemando los gases combustibles junto con carbón pulverizado.

L. JOSÉ TORRÓNTEGUI

GLOBALIZACIÓN ¡SI!, PERO SOSTENIBLE

Los altos responsables del poder económico nos están bombardeando con continuas soluciones economicistas para la CRISIS. Utilizando una terminología muy rimbombante y achacando al mundo financiero la culpa de lo sucedido, parece como si todos estuviesen buscando una fórmula magistral, que a modo de una varita mágica nos resolviera todos los problemas de forma instantánea.

Y la crisis no es solo financiera, ojala lo fuera; eso es la fiebre del enfermo, pero la causa de la enfermedad es otra como sucede tristemente.

El mundo financiero sería solo una entelequia numérica si no hubiera una realidad física que lo sustentara y le diera razón de ser sin una realidad de productos y servicios que le daría valor y lo justificaría. Nadie se alimenta con una letra del tesoro, ni con un pagaré, ni con acciones, etc., sino con los bienes y servicios de que se dispone en la sociedad.

Este mundo financiero en Occidente se ha divorciado de la realidad física que lo sustenta y da valor, se ha olvidado de la Industria, generadora del ahorro, impulsora de la economía a través de la inversión y única vía capaz de reconciliar el mundo económico y financiero con la realidad física que lo debe sustentar.

Hemos observado con pavor en estos años pasados el desmantelamiento y emigración de industrias a Oriente, sin saberse qué se iba hacer con las personas que dejaban de producir o sin estudiar un plan de viabilidad serio, sino que se abrían las puertas a una ganancia fácil ¡que trabajen los demás! Incluso la palabra Industria se suprimía de los Organismos Oficiales porque entendían que era palabra de país tercermundista, facilitando su deslocalización.

De momento todo fue bien, pues con la misma masa dineraria existente para comprar los mismos bienes, más baratos, lógicamente el excedente de liquidez era mayor y se permitía una vida alegre económica de laxos créditos porque había excesos monetarios. Exceso monetario, magnificado por medio de artificios financieros, que no de Ingeniería Financiera porque la palabra Ingeniería es de utilización mucho más seria y que está muy vinculada a la realidad física de la producción.

Pero eso era una Jauja momentánea, que los responsables de la alta administración del poder económico, que están obligados a considerar que la realidad que observamos nunca es estática sino que es un punto entre dos situaciones, debían haber previsto.

El circuito no era realimentado: se iban las Industrias, se producía menos valor y el equilibrio quedaba roto. La competencia sin reglas iguales era desleal, los importadores estaban contentos haciendo su negocio, pero la industria se derrumbaba y el fantasma del paro hacía su terrible aparición.

Nosotros los Ingenieros Industriales sabemos muy bien, porque es nuestro trabajo diario, que para reconciliar el mundo economicista y la vida real, tiene que haber primero beneficio industrial, tiene que haber margen, y el precio de venta tiene que ser superior a los costes.

Occidente tiene que restablecer la posibilidad de existencia de los márgenes, para que vuelva el ahorro, para que se presione desarrolle la economía, y para que este ahorro se transforme en reinversión que dé progreso y alegría. Pero para esto hay que establecer una estrategia que permita el retorno del beneficio a las empresas ¡sin beneficio no hay progreso!, hay que dejar a las empresas que ganen dinero.

Debemos reindustrializar Occidente en beneficio del mantenimiento del crecimiento mutuo con Oriente, y lo voy a explicar con un símil muy sencillo, que ya lo hice en la apertura del X Congreso Mundial de Qualicer:

“Al poner en contacto dos economías de diferente nivel, una de un dólar hora con otra de 15 dólares, en principio se origina un gradiente entre ellas, y como Ingenieros sabemos que un gradiente es bueno, es sinónimo de generación de energía, tenemos el ejemplo de la luz eléctrica, pero también sabemos que un gradiente excesivo produce un cortocircuito y se destruye la instalación, perjudicando en este caso a las dos orillas, como ha pasado, pues en China ya se empiezan también a cerrar fábricas”.

En definitiva debemos reindustrializar España y también defender la globalización, pero defenderla es hacerlo de una forma Sostenible y Paulatina de manera que no nos asfixie como ha sucedido ahora.

Sí, debemos intentar hacer una reindustrialización de alto nivel tecnológico y valor añadido, pero estos diez últimos años han demostrado que ha sido mucho más rápida la avidez por el negocio fácil de la importación que el desarrollo de la imaginación en I+D+i. Tenemos que rendirnos a la evidencia de este hecho e intentar superarlo para este nuevo y difícil periodo que empieza ahora.

► ¿HACIA EL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO?

Desde que hace más de ocho años se comenzaron a comercializar los llamados vehículos híbridos eléctricos (HEV), ya se han situado en el mercado mundial cantidades considerables (más de un millón de la marca dominante) pese a su precio aun elevado. Poco después de su aparición se ofrecieron kits adicionales de baterías y enchufe para recargar a domicilio e incrementar su circulación solamente eléctrica, que a pesar de ser inicialmente contestados por los fabricantes, son en la actualidad objeto de su programa definitivo de fabricación para que el llamado vehículo híbrido eléctrico enchufable (*plug-in hybrid electric vehicle* o PHEV) sea un producto ofrecido por casi todas las marcas a partir de 2010.

El avance técnico de las baterías de litio ha ido aumentando la autonomía eléctrica, desde unos 16 km al comienzo de su aplicación a los 100 km actuales. Pero con ello el problema se ha trasladado al necesario análisis de las posibilidades de recarga, tanto en el aspecto de puntos para realizarla para quienes no disponen de aparcamiento individual propio, como del dispositivo necesario para hacerlo o los condicionantes que para las redes eléctricas puede suponer esa operación efectuada masivamente en momentos concretos del día. Eso, sin tener en cuenta que, para recargas en tránsito, deba poderse aportar toda ella en un período reducido de tiempo.

Están teniendo ya lugar diferentes acuerdos entre compañías suministradoras de electricidad y fabricantes de automóviles para estudiar en profundidad los futuros escenarios. En el americano Estado de California, con la mayor densidad probable de este tipo de vehículos, están en ensayo estaciones o “postes” de recarga donde a través de tarjetas de crédito se pueda acceder al “llenado” de las baterías de los PHEV en unos 10 minutos.

El efecto ecológico de estos vehículos se basa en que, además de la no emisión de contaminantes durante su conducción eléctrica, el rendimiento energético es superior y la electricidad incorporada puede proceder de medios renovables.

► UNA MEJORA EN LAS REDES ELÉCTRICAS

En la Universidad Politécnica de Valencia se ha desarrollado y patentado un nuevo método para medir la eficiencia y calidad de suministro en redes eléctricas, basado una magnitud, el **fasor potencia de desequilibrio**. Según se informa, su medición supone un avance fundamental en el análisis de los desequilibrios y permite un mayor y mejor conocimiento de la red, identificando los centros que suponen un mal consumo energético. De ese modo se puede conocer que desequilibrios existen, donde se producen y que receptores los están originando, para corregirlos. Así se espera conseguir una mejor calidad de suministro y un aumento de la eficiencia de las instalaciones.

► NUEVO COMBUSTIBLE PARA CEMENTERAS

La cementera de CEMEX en Buñol (Valencia) va a probar durante el año 2009 un nuevo combustible, el Enerfuel, producido de la fracción no reciclable de los residuos domésticos e industriales. Con el compromiso de que no tenga la consideración de tóxico ni peligroso, se ha autorizado para estas pruebas una cantidad máxima de 20.000 T.

La compañía dispone ya de experiencia contrastada en el uso de este combustible en el Reino Unido y Alemania, y desea introducirlo en España para comprobar su buen comportamiento en estos hornos, controlando todas las variables del proceso.

► ENSAYOS ANTISÍSMICOS A GRAN ESCALA

Un grupo de universidades americanas junto con el Instituto Tecnológico de Tokio y la Universidad de Ljubljana (Eslovenia) han desarrollado en la Universidad de Reno (Nevada) un banco de pruebas para ejercer sobre estructuras de puentes, acciones de sacudidas equivalentes a terremotos de nivel 8 en la escala Richter. La longitud a ensayar llega hasta los 110 pies (33 m).

Esto permitirá ensayar nuevos materiales que puedan aplicarse a construcciones antisísmicas como hormigones con redondos de níquel-titanio, materiales elastómeros o fibras de polivinilo.

► SOLDADURA POR FRICCIÓN GIRATORIA

La evolución técnica de la soldadura por fricción se ha consolidado con investigaciones efectuadas en los laboratorios de EADS utilizando el proceso FWS con licencia de The Welding Institute (TWI). Materiales de base aluminio, incluidos composites de matriz metálica, aleaciones de magnesio, cobre o zinc, considerados de soldadura difícil o no posible, pueden serlo con esta sencilla técnica.

Un cabezal giratorio cilíndrico va recorriendo la junta a soldar preparada adecuadamente friccionando sobre ella y llevándola con el calor generado a un estado plástico que, sin llegar al punto de fusión, facilita la unión entre las dos partes.

La preparación de las juntas no necesita ser demasiado exigente, aunque las partes a unir precisan un amarre sólido y cierta presión de contacto. No se generan humos ni radiaciones nocivas y la microestructura de la zona soldada es tan fina y dúctil como el material base, con bajas tensiones residuales.

▶ PLÁSTICOS ECOLÓGICOS PARA AUTOMÓVILES

Toyota anuncia su proyecto de incrementar el uso de plásticos derivados de plantas en cada vez más modelos de sus vehículos. En el año 2009 espera alcanzar con estos llamados “plásticos ecológicos” el 60% de los componentes internos.

Ya desde 2003 colocó en uno de sus modelos el total de componentes plásticos interiores con “plástico ecológico” basado en el ácido poliláctico y otros obtenidos de las plantas. Estos materiales deben cumplir la misma resistencia al choque y a la temperatura que los actuales por la aplicación de la apropiada tecnología de obtención de composites.

Estos plásticos emiten menos CO₂ a lo largo de su ciclo de vida, desde la fabricación al reciclaje, y no dependen del petróleo para su obtención.

▶ UN INOXIDABLE AUSTENÍTICO DE BAJO PRECIO

Los aceros inoxidable austeníticos del tipo 18-8 son los más utilizados en una amplia gama de aplicaciones, entre las que destacan, por su excelente comportamiento a la embutición profunda, las de uso doméstico o decorativo. Sin embargo, el alto contenido en níquel y su elevado precio inducen altos costos en los productos fabricados.

ThyssenKrupp ha investigado y propone un nuevo tipo de acero, el NIROSTA 4640, que con solamente 6,5% Ni, más 1,8% Mn, 1,8% Cu y 0,09% N, es capaz de responder a las mismas exigencias que el utilizado hasta ahora.

Las pruebas efectuadas muestran que la estructura obtenida es también austenítica y que la deformabilidad y la resistencia a la corrosión en diferentes medios son prácticamente las mismas que en el acero clásico.

▶ PROYECTO BRITANNIA: EL MAYOR AEROGENERADOR DEL MUNDO

El Patrimonio de la Corona británico se ha involucrado en el llamado Proyecto Britannia, encomendado a la empresa Clipper Windpower, para diseñar y construir el que será el mayor aerogenerador del mundo con una potencia de 7,5 Mw. El compromiso supone la adquisición por la Corona de un aerogenerador que sería instalado off-shore, próximo a la costa noreste de Inglaterra, en un enclavamiento aun no decidido.

Hasta ahora, los mayores aerogeneradores existentes son los del tipo E-126 de ENERCOM, que basados en su E-112 (6 Mw), aunque con algo más de altura, nuevo perfil de palas y generador anular sin multiplicador de velocidad, podía sobrepasar los 7 Mw.

Con esta participación en un proyecto de energías renovables se muestra el interés de la Corona británica por el desarrollo sostenible.

▶ ¿DESDE CUANDO SE DEJARÁN DE COMERCIALIZAR LAS LAMPARAS DE INCANDESCENCIA?

La directiva de la UE marca como fechas tope:

- 1º septiembre de 2009 para más de 80 w.
- 1º septiembre de 2010 para más de 65 w.
- 1º septiembre de 2011 para más de 45 w.
- 1º septiembre de 2012 para más de 7 w.

Ello no impide su utilización, sino que se refiere a la comercialización pública para uso doméstico.

Una previsible sustitución progresiva en la UE por las denominadas de bajo consumo (20 w de bajo consumo iluminan como 100 w incandescentes) supondría al final una reducción aproximada del 30% en el consumo energético para alumbrado doméstico.

Las lámparas de bajo consumo emplean solamente el 20% de energía y su vida de servicio es entre 12 y 15 veces mayor, aunque su precio es también de 5 a 7 veces más elevado. Además de a la intensidad lumínica equivalente, debe prestarse también atención al color, que puede ser “frío” o “cálido”, para que los consumidores lo soliciten según sus hábitos.

Aunque no entran aun en este proceso prohibitivo, las lámparas halógenas actuales no podrán comercializarse a partir del 1º de septiembre de 2016, siéndolo solamente las denominadas de clase C, con ahorro de energía.

▶ PROYECTO MARGO: UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA FIABILIDAD DE LOS MODELOS CLIMATICOS Y ESTUDIAR EL CLIMA DEL FUTURO

Un equipo internacional de investigadores, en que ha participado como miembro del grupo de dirección Antoni Rosell, investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universitat Autònoma de Barcelona, acaba de elaborar MARGO (Multiproxy Approach for the Reconstruction of the Glacial Ocean Surface), una nueva reconstrucción cuantitativa de la temperatura de la superficie de los océanos durante el Último Máximo Glacial. El proyecto MARGO, del cual publica un artículo la revista Nature Geoscience, aporta datos más exhaustivos que los existentes hasta ahora y que servirán de base para reproducir con más precisión el clima de este periodo y hacer prospecciones sobre la evolución climática del futuro. Además, MARGO ha permitido desvelar nuevas cuestiones climáticas del Último Glacial Máximo, entre ellas que la capa de hielo que cubría el Atlántico Norte hasta las Islas Británicas no era permanente, sino que se fundía durante la estación más cálida en una extensión muy superior a la actual.

Sociedad e Ingeniería

Consejo de Colegios y Federación de Asociaciones de Ingeniería Industrial de España

► ESPAÑA Y PORTUGAL FORTALECEN SUS RELACIONES CON EL FIN DE TRATAR EN CONJUNTO LOS ASUNTOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ambas partes dejan patente su interés por la ingeniería de ciclo largo

Establecer un canal de comunicación ha sido el objetivo de la reunión que tuvo lugar el pasado 19 de enero en Lisboa entre la *Ordem dos Engenheiros* de Portugal y el *Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales*. Este encuentro contó con la presencia por parte portuguesa del Sr. Bastonario, **Fernando Ferreira Santos**, del Vicepresidente **Victor Gonçalves de Brito**, de los Presidentes de los Colegios de Electrotecnia **Antonio Manuel Rogado**, de Mecánica **Manuel Gameiro da Silva**, el Presidente de la Región Centro **Celestino Quaresma** y el Presidente de la Región Norte **Gerardo Saraiva**; por parte española asistieron el Presidente del Consejo D. **Francisco Javier Cobo**, el Decano de Extremadura y Secretario de la FAIIE D. **Jesús Mirat**, el Decano de Galicia D. **José Luis López Sangil** y el Secretario Técnico del Consejo **Juan Blanco**.

Los dos organismos trataron en la reunión temas de mutuo interés como son:

- Las características de ambas organizaciones e identificación de los mejores canales de contacto con el objetivo de la agilización de futuras relaciones.
- La síntesis del marco legal y normativo del ejercicio de la actividad profesional en cada uno de los dos países (Leyes fundamentales, papel de la Ordem/Colegio, relación con el Estado, competencias profesionales, etc.).
- Los modelos de enseñanza de la Ingeniería vigente en cada país; la evolución prevista en función del Proceso de Bolonia; la acreditación/certificación de la calidad de la formación.
- La preparación de un plan de acción conjunta que potencie el fortalecimiento de relaciones entre las dos organizaciones y el tratamiento en conjunto de los asuntos profesionales más relevantes dentro del mercado ibérico de la Ingeniería.

A lo largo del encuentro hubo intercambio de información muy interesante para ambas partes y las conclusiones fueron relevantes, siendo patente el interés

tanto por parte de España como de Portugal por la ingeniería de ciclo largo. El ambiente fue distendido y se creó un canal de comunicación entre las organizaciones que les permitirá colaborar estrechamente en un futuro.



► INICIATIVAS LEGISLATIVAS

Ultimas novedades de carácter legislativo, adoptadas por la Administración General del Estado, así como las iniciativas de la Unión Europea.

• BOE:

- Resolución de 3 de diciembre de 2008, de la Presidencia de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, por la que se publica la convocatoria correspondiente al año 2009 del subprograma JAE-Predoc de ayudas para el desarrollo de tesis doctorales en el marco del programa "Junta para la Ampliación de Estudios", publicada en el BOE de 17/12/2008.
- Resolución de 9 de diciembre de 2008, de la Presidencia de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, por la que se convoca concurso para la formación de contratos en prácticas de personal técnico de investigación, en el marco del programa "Junta para la Ampliación de Estudios", publicada en el BOE de 19/12/2008.
- Corrección de errores del Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), publicada en el BOE de 24/12/2008.

Ingeniería Industrial

Consejo de Colegios y Federación de Asociaciones de Ingeniería Industrial de España

- Resolución de 4 de diciembre de 2008, de la Secretaría de Estado de Universidades, por la que se amplía de oficio el plazo de ejecución y de justificación de los proyectos y actuaciones correspondientes a la convocatoria 2008 de los subprogramas de Investigación Aplicada Industrial y Desarrollo Experimental Industrial, en el marco de la Línea Instrumental de Actuación de Proyectos I+D+i, publicada en el BOE de 30/12/2008.
- Resolución de 18 de diciembre de 2008, de la Secretaría de Estado de Universidades, por la que se amplía de oficio el plazo de ejecución y de justificación de los proyectos y actuaciones correspondientes a la convocatoria 2008 del subprograma de apoyo a la implantación de sistemas de gestión y de departamentos de I+D+i en empresas, publicada en el BOE de 30/12/2008.
- Resolución de 26 de diciembre de 2008, conjunta de la Secretaría de Estado de Universidades y de la Secretaría de Estado de Investigación, por la que se convocan ayudas para la realización de proyectos de investigación y acciones complementarias dentro del Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental, en el marco del VI Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, publicada en el BOE de 31/12/2008.
- Resolución de 17 de diciembre de 2008, del Instituto Nacional de Administración Pública, por la que se convocan para el ejercicio 2009, ayudas para planes de Formación Continua en el marco del IV Acuerdo de formación continua en las Administraciones Públicas, publicada en el BOE de 05/01/2009.
- Resolución de 26 de diciembre de 2008, de la Secretaría de Estado de Universidades, por la que se hace pública la convocatoria correspondiente al año 2009 de concesión de ayudas del Programa Nacional de Contratación e Incorporación de Recursos Humanos de Investigación, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, publicada en el BOE de 05/01/2009.
- Resolución de 29 de diciembre de 2008, de la Secretaría de Estado de Universidades, por la que se hace pública la convocatoria correspondiente al año 2009 de concesión de ayudas del Programa Nacional

de Formación de Recursos Humanos de Investigación, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, publicada en el BOE de 05/01/2009.

• UNIÓN EUROPEA:

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de Noviembre de 2008, sobre los residuos y por los que se derogan determinadas Directivas. Para acceder al texto completo, pinchar en el siguiente enlace: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:ES:PDF>
- Posición común (CE) n° 27/2008 aprobada por el Consejo el 18 de noviembre de 2008, con vistas a la adopción del Reglamento (CE) n°.../2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de..., por el que se crea una Fundación Europea de Formación (versión refundida). Para acceder al texto completo, pinchar en el siguiente enlace: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2008:310E:0001:0014:ES:PDF>
- Directiva 2008/110/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008, por la que se modifica la Directiva 2004/49/CE sobre la seguridad de los ferrocarriles comunitarios (Directiva de seguridad ferroviaria). Para acceder al texto completo, pinchar en el siguiente enlace: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:345:0062:0067:ES:PDF>



El nuevo diseño de DYNA



El nuevo año 2009, trae consigo un nuevo diseño para nuestra revista que aporta un formato más en línea con la actualidad informativa del mundo técnico-científico.

La publicación ha ganado más ritmo debido a la incorporación de nuevas secciones y la reestructuración de las existentes. Desde el inicio de la revista hasta el final, los contenidos van adentrándose en temas cada vez más específicos y complejos hasta llegar finalmente a los artículos de investigación. El nuevo estilo, con una estructura muy clara de contenidos, facilita su lectura y hace que la revista sea más dinámica y actual.

Los 83 años de historia de DYNA han permitido incluir una nueva sección: "DYNA hace 80 años", que reflejará mensualmente las preocupaciones y temas de interés de la ingeniería industrial hace 8 décadas.

También se ha incorporado al inicio de la revista, una sección de noticias breves de fácil lectura y que dará una visión general de la actualidad en la Ingeniería.

Los contenidos técnico-científicos adoptan un diseño más actual y en su distribución a lo largo de la revista, se trata de combinar de una forma adecuada su tipología indicando en cada artículo su clasificación en: Investigación, Buena Práctica, Revisión e Informe Técnico.

En la parte final de la revista y en los Foros de la web www.revistadyna.com, deseamos incluir más colaboraciones de los lectores, de forma que establezcamos un hilo de comunicación que recoja sus opiniones, dudas o comentarios sobre artículos publicados y aportación de ideas que fomenten el diálogo. Queremos animar a nuestros lectores para que nos faciliten esta comunicación a través de los diferentes medios posibles: email, cartas al director, foros web, ...

El nuevo formato de DYNA tratará también de potenciar su función de Órgano Oficial de la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España, reservando un espacio para hacerse eco de noticias de la FAIIE, del Consejo General y de las Comisiones nacionales constituidas en su seno.

Confiamos que este nuevo diseño y renovación de DYNA siga contando con el aprecio de la comunidad de la ingeniería industrial, destinatario fundamental de los contenidos que en ella se incluyen. De esta forma, podremos seguir dando servicio a una audiencia motivada de ejecutivos, profesionales, investigadores y líderes de opinión que comparten su pasión por la Ingeniería.



El Parlamento Europeo aprueba el paquete de energía y cambio climático



Tras 11 meses de negociaciones, la Eurocámara aprobó hoy el paquete sobre energía y cambio climático, que facilitará que la UE logre sus objetivos para 2020: un 20% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, un 20% de mejora de la eficiencia energética y un consumo de energías renovables de un 20%.

Antes del voto en primera lectura de la Eurocámara, los diputados alcanzaron un acuerdo informal con la Presidencia francesa en las seis propuestas que integran el paquete legislativo. En política medioambiental, el Parlamento Europeo decide en pie de igualdad con el Consejo.

Revisión del régimen comunitario de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero - informe de Avril Doyle (PPE-DE, Irlanda)

La Eurocámara aprobó por 610 votos a favor, 60 en contra y 29 abstenciones, la revisión del *sistema de comercio de emisiones* (ETS en sus siglas en inglés), uno de los instrumentos clave para lograr el objetivo comunitario de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El nuevo sistema se aplicará desde 2013 hasta 2020 y debería conducir a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de un 21% en comparación con los niveles de 2005. El ETS es un sistema de “recorte y comercio”, pues rebajará el nivel de las emisiones permitidas, pero, dentro de ese límite, permitirá a los participantes comprar y vender derechos, con el fin de reducir las emisiones de forma rentable. La cantidad total de derechos emitidos descenderá cada año de forma gradual.

En la actualidad, el ETS cubre a más de 10.000 instalaciones en los sectores de la industria y la energía, que son responsables de casi la mitad de las emisiones de CO₂ de la UE y de un 40% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (el 60% restante estará cubierto por otra de las propuestas que integran este paquete legislativo).

En los dos primeros periodos de comercio de emisiones (entre 2005 y 2012) la gran mayoría de los derechos están siendo emitidos de forma gratuita a las instalaciones. La revisión de la directiva introduce la subasta como método de distribución a partir de 2013 (tal y como había propuesto la Comisión Europea con el respaldo de la comisión de Medio Ambiente) pero incluye varias excepciones.

Sector de la electricidad

Para la generación de electricidad, la subasta se introducirá también desde 2013. No obstante, habrá una excepción hasta 2020, bajo una serie de condiciones, para los nuevos Estados miembros.

Fábricas

En el caso de las fábricas se introducirá el régimen de subastas de forma gradual -en 2013 se distribuirán de forma gratuita un 80% de los derechos, cifra que descenderá hasta el 30% en 2020. En 2027, la subasta se convertirá en la norma para todos los casos.

Pero los sectores con riesgo de “fuga de carbono”, esto es, sectores en los que la producción tiende a re-colocarse en terceros países con una política medioambiental menos estricta, pueden recibir hasta el 100% de sus derechos de forma gratuita hasta 2020 bajo una serie de condiciones y hasta que no se concluya un acuerdo internacional.

Esfuerzos compartidos de los Estados miembros para reducir sus emisiones - informe de Satu Hassi (Verdes/ALE, Finlandia)

El pleno se posicionó, con 555 votos a favor, 93 en contra y 60 abstenciones,

a favor de la decisión sobre el “esfuerzo compartido”, que establece objetivos nacionales vinculantes para cada Estado miembro con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de fuentes que no están cubiertas por el ETS (por ejemplo, transporte por carretera y marítimo, edificios, servicios, agricultura y fábricas pequeñas). Se aplicará entre 2013 y 2020. Estas fuentes producen actualmente cerca del 60% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. La decisión tiene como objetivo reducir estas emisiones un 10% entre 2013 y 2020, así como contribuir al objetivo global de reducción de un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE para 2020. La decisión de “esfuerzo compartido” es la primera de este tipo en todo el mundo.

Almacenamiento geológico de dióxido de carbono - informe de Chris Davies (ALDE, Reino Unido)

El Parlamento Europeo también aprobó, por 623 votos a favor, 68 en contra y 22 abstenciones, una directiva que proporciona el marco legal necesario para las actividades de captura y almacenamiento geológico de dióxido de carbono (CAC). Con el fin de recortar sus emisiones de CO₂, las centrales eléctricas y otras instalaciones industriales deberán contar en el futuro con las nuevas tecnologías de captura de CO₂ y almacenarlo “de forma permanente y segura” en formaciones geológicas subterráneas. Los diputados han logrado garantizar 300 millones de permisos dentro del régimen de ETS, que se concederán a proyectos de demostración a gran escala.

20% de energías renovables para 2020 - informe Claude Turmes (Verdes/ALE, Luxemburgo)

Una nueva directiva, aprobada por 623 votos a favor, 68 en contra y 22 abstenciones, introducirá objetivos nacionales de obligado cumplimiento para los Estados miembros por medio de la promoción de las energías renovables en los sectores de la electricidad, la calefacción, el aire acondicionado y el transporte. La meta es garantizar que, para 2020, un 20% del consumo energético total de la UE tiene su origen en las energías renovables - biocarburantes, electricidad e hidrógeno producido a partir de fuentes renovables-. Además, ese mismo año, al menos un 10% del consumo energético del sector del transporte procederá de fuentes renovables.

Reducción de las emisiones de CO₂ procedentes de los vehículos - informe Guido Sacconi (PSE, Italia)

Otro de los elementos del paquete es el reglamento que introducirá límites para las emisiones de los nuevos vehículos de pasajeros registrados en la UE. El compromiso, aprobado con el

apoyo de 559 diputados, frente a 98 en contra y 60 abstenciones, respalda el objetivo de la Comisión de limitar las emisiones medias de CO₂ de la industria automovilística europea a 120 g/km en 2012 (en la actualidad es de 160 g/km). El reglamento introduce un objetivo medio de 130 g/km para los vehículos nuevos, que se podrá lograr aplicando una serie de mejoras en la tecnología del motor. Los 10 g/km adicionales (para llegar al objetivo de 120 g/km) deberán obtenerse utilizando otros avances técnicos, como neumáticos mejores o biocarburantes. Además, el acuerdo introduce un objetivo a largo plazo para los coches nuevos de 95 gramos de CO₂ por kilómetro en 2020.

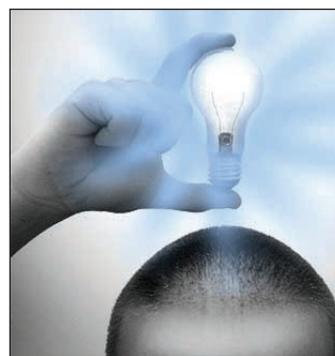
Los fabricantes también tendrán que cumplir objetivos intermedios para demostrar que la media de CO₂ del 65% de sus vehículos en enero de 2012, del 75% en enero de 2013, del 80% en enero de 2014 y del 100% a partir de 2015 cumplen los objetivos específicos que se les han asignado. Además, los fabricantes que excedan los objetivos mencionados tendrán que pagar multas.

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los carburantes - informe de Dorette Corbey (PSE, Países Bajos)

El último elemento del paquete sobre cambio climático, adoptado con 670 votos a favor, 20 en contra y 25 abstenciones, es una directiva que establece una reducción para 2020 del 6% de las emisiones procedentes de la extracción, el transporte, la distribución, el procesamiento y la combustión de los carburantes utilizados en el transporte (diesel, gasolina, biocarburantes, electricidad e hidrógeno).

La comisión de Medio Ambiente de la Eurocámara había respaldado la propuesta de la Comisión de reducir las emisiones un 10% para 2020. Sin embargo, el acuerdo alcanzado con el Consejo exige un recorte de un 6% y pide a la Comisión que presente una propuesta de revisión en 2012, momento en el que la directiva podría ser enmendada para fijar un ulterior recorte del 4%.

2009 - Año Europeo de la Creatividad y la Innovación



El Parlamento Europeo aprobó hoy declarar 2009 como "Año Europeo de la Creatividad y la Innovación". El objetivo general a lo largo del próximo año será respaldar los esfuerzos de los Estados miembros para promover la creatividad por medio del aprendizaje permanente, como motor de la innovación y como factor clave del desarrollo de las competencias personales, laborales, empresariales y sociales de todos los individuos, así como de su bienestar social.

La ponente del informe, la socialista griega Katerina **Batzeli**, considera que la práctica de designar un Año Europeo dedicado a un tema concreto es un medio para sensibilizar a la opinión pública, difundir información sobre buenas prácticas, estimular el debate político y el cambio y movilizar a los ciudadanos. Sin embargo, resalta la importancia de evitar que los Años Europeos se conviertan en un mero ejercicio de relaciones públicas. Para ello, propone que se establezcan una

serie de medidas que continúen incluso finalizado el año y que sean coherentes con otros objetivos, acciones y políticas.

Batzeli considera que, al término de cada año, la Comisión debe presentar un informe sobre los resultados y el valor añadido del mismo a escala nacional y europea, así como las ventajas concretas para los ciudadanos.

"Declarando 2009 el Año Europeo de la Creatividad y la Innovación estamos dejando claro que queremos que Europa se tome más en cuenta la

dimensión cultural", expuso **Batzeli** durante el debate celebrado ayer por la tarde. La ponente resaltó la importancia del compromiso de todos los agentes sociales, desde las PYME hasta los centros educativos y de formación a nivel local, regional y nacional, para asegurar el desarrollo de programas adecuados que contribuyan a conseguir los objetivos. Asimismo añadió que la creatividad y la innovación es un tema que debería de ser considerado prioritario en todas las áreas políticas, no sólo en la que concierne a la educación.

Desarrollan una célula solar hasta un 30% más eficiente que las convencionales

El sistema ha sido presentado en la oficina española de patentes

Fuente: CSIC

Un equipo de investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha patentado un nuevo tipo de célula solar cuya eficiencia es hasta un 30% superior a las células solares convencionales. El cristal fotónico está compuesto por una superficie nanoestructurada que aumenta la transmisión de la luz en el interior del dispositivo. Las técnicas utilizadas por los científicos para fabricar el cristal pueden ser aplicadas de forma industrial.

El director de la investigación, **Pablo Aitor Postigo**, que trabaja en el Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC), señala las ventajas de su investigación: “Servirá para aprovechar con mayor eficiencia los rayos solares. Los sistemas actuales sólo permiten aprovechar un 30 % de la energía solar para convertirla en electricidad. Nuestras células solares permitirán aumentar la eficacia de estos sistemas hasta en un 30%”.

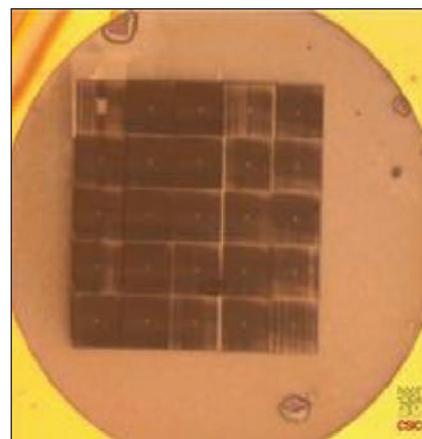
La fabricación a gran escala de estas nuevas células solares con mayor capacidad tendría el mismo coste que las

convencionales. Además, para obtener la misma cantidad de energía se necesita menos material semiconductor.

Los cristales fotónicos son materiales cuyo índice de refracción es periódico en una, dos o tres dimensiones espaciales. En esta nueva célula solar se ha fabricado un cristal fotónico en dos dimensiones mediante procesos de nanotecnología. Este cristal está formado por nanoagujeros de 200 nanómetros de diámetro, separados entre sí 600 nanómetros, formando una red periódica de simetría triangular.

“La disposición periódica del índice de refracción en un material produce niveles de energía para los fotones, que son las bandas fotónicas. La periodicidad en el índice de refracción de las células solares se ha conseguido al fabricar nanoagujeros rellenos de aire, con un índice de refracción igual a 1, en el material semiconductor del que está hecha la célula solar *InGaP*, con un índice de refracción alrededor de 3”, destaca Postigo.

El sistema patentado demuestra que la eficiencia cuántica externa de esta nueva célula solar, la tasa de generación



Célula solar con la superficie nanoestructurada formando un cristal fotónico. Foto: CSIC.

de electrones por fotones incidentes, se incrementa entre un 10% y un 30% en todo el rango del espectro solar donde la célula tiene capacidad de fotoconversión. Junto a Postigo han colaborado varios investigadores del Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC) y del Instituto de Energía Solar y de la Universidad de Pavia en Italia.

SORTEO

SORTEOS DE PROGRAMAS DE AVANQUEST

Resultado del concurso convocado en el número de Noviembre de 2008

Concurso *Laplink Gold 14*

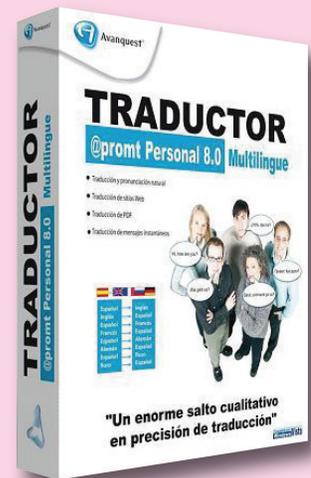
- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| D. Ignacio Javier Legorburu | Colegio Oficial de I.I. de Asturias |
| D. Gustavo de Domingo Sanz | Colegio Oficial de I.I. de Palencia |
| D. José Antonio Urquijo Elorza | Colegio Oficial de I.I. de Bizkaia |

@PROMT PERSONAL 8.0 MULTILINGÜE

La herramienta de software de traducción multilingüe rápida, eficaz y asequible

Los beneficios que aporta este producto son los siguientes:

- **Captar el sentido de textos escritos en otros idiomas instantáneamente** – permite traducir rápidamente documentos multilingües con sólo un clic.
- **Traducción en tiempo real al teclear** - traducción sincronizada de los contenidos del portapapeles de Windows, así como también de textos procedentes de cualquier aplicación de Windows.
- **Traducción fluida de páginas web mientras se navega por Internet** – los sitios Web en otros idiomas aparecen traducidos automática y fluidamente en el idioma deseado mientras se navega por la Web utilizando Microsoft Internet Explorer ® o Mozilla Firefox.
- **Creación de búsquedas en varios idiomas** - traducción automática de búsquedas para encontrar la información deseada en Internet independientemente del idioma en el que estén escritas las páginas web.
- **Traducción de PDFs** – permite traducir los elementos de texto de los documentos PDF con solo un clic, gracias a la barra PROMT integrada en Adobe Acrobat y Acrobat Reader
- **Comunicarse con eficacia y rapidez con interlocutores ingleses, franceses, rusos y alemanes.**
- **Permite escuchar la pronunciación de un texto traducido a otro idioma.**
- **Permite añadir diccionarios específicos** - para optimizar la calidad de los textos según el tema.
- **Guardar expresiones de traducción personales como una plantilla por tema** - para reutilizarlos en otros documentos similares.



Este producto es facilitado por Avanquest Ibérica
 C/Perú, nº 6. Edificio Twin Golf, Bloque B, Oficina 4, Planta 2ª. 28290 Las Matas, Madrid
 www.avanquest.com Tél: 91 630 70 45 Fax: 91 636 84 85

CONCURSO

Para participar en el sorteo, enviar este cupón (o sus datos) por cualquiera de los medios siguientes:

- Correo electrónico a dyna@revistadyna.com
- Fax al **94 423 44 61**
- Correo postal a **Dyna - Alameda de Mazarredo, 69 - 2º - 48009 – Bilbao** antes del 15 de Marzo de 2009

Referencia: Concurso @Prompt Personal 8.0 Multilingüe

Nombre:

Apellidos:

Dirección:

Teléfono:

Colegiado en con el nº:

En cumplimiento de lo establecido en la LOPD 15/1999, le informamos y en este sentido usted consiente, que los datos personales, que nos facilite, sean tratados y queden incorporados en los ficheros de PUBLICACIONES DYNA SL, para el envío periódico de la revista Dyna, sus datos no serán objeto de cesión alguna. En el caso de que no dé su consentimiento para el tratamiento de sus datos, será imposible prestar correctamente los servicios solicitados. Usted además consiente, el envío (incluso por medios electrónicos), de comunicaciones comerciales y publicitarias, por parte de PUBLICACIONES DYNA SL, se compromete a mantener actualizados los mismos. Y podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, dirigiéndose a PUBLICACIONES DYNA SL, C/Alameda de Mazarredo, 69, 48009 Bilbao.

- No autorizo el envío por medios electrónicos de información comercial, por parte de PUBLICACIONES DYNA SL
- No deseo que mis datos sean empleados con finalidades publicitarias por parte de PUBLICACIONES DYNA SL



Nace una alianza europea para la investigación en materia energética

Diez destacados institutos europeos de investigación en materia de energía se han unido para crear la (EERA, Alianza europea para la investigación en materia energética), cuyo objetivo es agilizar el desarrollo de las nuevas tecnologías energéticas necesarias para que Europa afronte el triple reto que suponen el cambio climático, la seguridad energética y la competitividad.

Fuente: CORDIS: Servicio de Información en I+D Comunitario

Juntos, estos diez institutos disponen de un presupuesto anual de más de 1.300 millones de euros para llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo (I+D). A través de la EERA, diseñarán y pondrán en práctica programas paneuropeos conjuntos de investigación y promoverán el uso común de instalaciones científicas nacionales del mayor nivel mundial. El lanzamiento de los primeros programas conjuntos está previsto para 2009.

La creación de la EERA es una de las varias acciones recogidas en el (EETE). Este plan, puesto en marcha en noviembre de 2007, está diseñado para ayudar a Europa a cumplir sus ambiciosos objetivos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% antes de 2020 y en alrededor del 80% antes de 2050, en respuesta al cambio climático. El Plan EETE, asimismo, favorecerá la competitividad de Europa garantizando que ésta asuma el liderazgo en el desarrollo de las tecnologías innovadoras que necesita de cara a la economía baja en carbono del futuro.

«El desarrollo de tecnologías energéticas punteras requiere la unión de los mejores cerebros y recursos, por encima de fronteras nacionales. La creación de la EERA, que coordinará los programas nacionales y europeos de investigación en materia de energía, constituye un crucial paso adelante», manifestó el Comisario europeo de Ciencia e Investigación, **Janez Potocnik**. «Esta incursión en la programación conjunta nos permitirá beneficiarnos de un aprovechamiento más eficiente de los recursos nacionales y europeos y competir mejor a escala internacional.»

El pasado 27 de octubre, los diez institutos de investigación mencionados y la (EUA), así como los (EUROHORCS), que también apoyan esta iniciativa, suscribieron una declaración de intenciones en las que exponían su compromiso con la EERA.

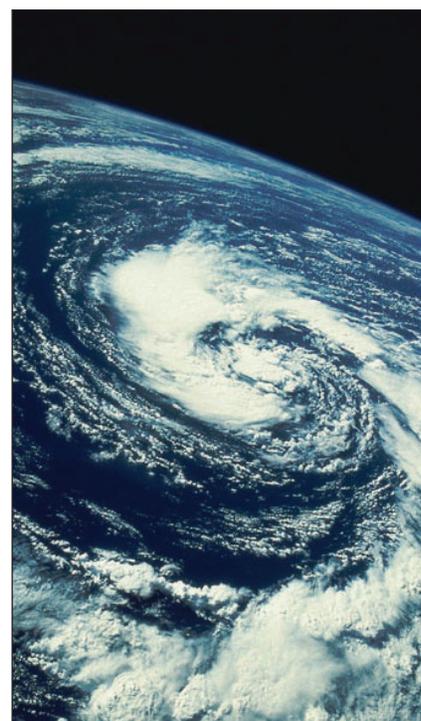
«La EERA se centrará primordialmente en el desarrollo estratégico y dirigido de las próximas generaciones de tecnologías energéticas aprovechando los resultados de la investigación fundamental y haciendo madurar tecnologías para su integración en la investigación realizada por la industria», indican los firmantes.

Además, la EERA impulsará la investigación en ámbitos clave como la energía eólica y solar, los biocombustibles de segunda generación, la captura y almacenamiento de carbono, las redes inteligentes de distribución eléctrica (*smart grids*) y las pilas de combustible.

Aparte de establecer programas conjuntos de investigación conforme a las prioridades del EETE y de compartir infraestructuras de investigación, los socios se comprometen a fortalecer los vínculos con la industria; reforzar la capacidad de Europa de llevar a cabo programas de I+D de gran envergadura, riesgo elevado y grandes beneficios potenciales; y desarrollar actividades de formación, educación y acercamiento a la sociedad.

Una vez esta organización en ciernes esté plenamente establecida, se admitirá como miembros a todas aquellas organizaciones de investigación que puedan contribuir al logro de sus objetivos.

El EETE contempla también otras actividades, como el lanzamiento de



«Iniciativas Industriales Europeas» que impulsarán la investigación e innovación industriales en seis sectores clave; la creación de un sistema de información estratégica sobre actividades de I+D en materia de energía; congresos y cumbres periódicas sobre investigación energética; e incrementar los fondos disponibles para la I+D sobre energía en Europa.

«El Plan EETE indica el camino que Europa debe seguir para desarrollar la gama más avanzada de tecnologías energéticas asequibles, limpias, eficientes y bajas en emisiones nocivas», declaró **Andris Piebalgs**, Comisario de Energía. «Tenemos ante nosotros la oportunidad de ser los líderes mundiales en las tecnologías bajas en emisiones de carbono.»

Un ingeniero norteamericano reinventa la energía eólica

Ha ideado un sistema basado en la aeroelasticidad para obtener electricidad del viento

Un fenómeno aerodinámico conocido por sus poderes destructivos y llamado aeroelasticidad "flutter" ha inspirado a un ingeniero para desarrollar un nuevo tipo de dispositivo capaz de generar electricidad a partir del viento. Su creador, Shawn Frayne, se inspiró en el colapso sufrido por el Puente Tacoma, en Washington, en 1940 a causa del fuerte viento. Esta tecnología se aleja totalmente de las turbinas que han prevalecido en el último siglo para sacar energía del viento. Según su creador, la gran ventaja de este dispositivo es que es fácil y barato de fabricar.

Fuente: Tendencias 21 • Autor: Raúl Morales.

Hasta hace poco, el único método comercial disponible para captar viento y generar energía ha sido la turbina clásica. Una empresa estadounidense ha desarrollado una nueva técnica que se aleja por completo de la turbina que ha predominado en el último siglo.

El *Windbelt*, como lo han llamado, se basa en un fenómeno aerodinámico denominado aeroelasticidad "flutter", que consiste en una vibración autoinducida que ocurre cuando una superficie sustentadora se dobla bajo una carga aerodinámica. Este fenómeno es perfectamente conocido por su fuerza destructiva, pero los ingenieros de *Humdinger* han descubierto que también puede ser muy útil para crear mecanismo capaces de "capturar" el viento a diferentes escalas y a un coste mucho menor que las turbinas actuales.

Todo empezó hace cuatro años, cuando el ingeniero del *Instituto Tecnológico de Massachusetts* (MIT) **Shawn Frayne** visitó la pequeña aldea de **Petite Anse**, en *Haiti*. **Frayne** pretendía buscar una manera de convertir los desechos agrícolas de la zona en un combustible barato. Sin embargo, este ingeniero se dio pronto cuenta de que los pobres habitantes de la aldea tenían otras necesidades más urgentes. Estaban desconectados de la red eléctrica y su iluminación dependía de unas grandes y sucias lámparas de queroseno que, no sólo eran incómodas, sino también peligrosas e insalubres. Fue entonces cuando tomó la decisión de desarrollar un generador de energía renovable, pequeño

y seguro capaz de alimentar luces y pequeños electrodomésticos caseros, como una radio.

ALEJADO DE LOS MOLINOS

El resultado es el *Windbelt*, un generador de energía en miniatura que capta el viento de un modo que nunca se había hecho hasta ahora y totalmente alejado de los molinos de viento que cubren los campos y las costas de la mayor parte de los países desarrollados. Esta idea ha recibido ya varios premios y subvenciones que han permitido a Frayne crear, con base en *Hawaii*, donde trabaja ya para convertir su prometedor prototipo en una realidad comercial.

Su campo de operación e investigación se sitúa a día de hoy en **Xela**, *Guatemala*. Allí se mueve en localidades rurales para producir una versión del *Windbelt* que funcione a este nivel. Después de sus prototipos iniciales, demasiado caros o ineficientes (o ambas cosas al mismo tiempo), **Frayne** decidió tomar una vía totalmente diferente y partir de otro punto. Así, el prototipo final del *Windbelt*, del tamaño de un teléfono móvil, emplea una membrana tirante que, cuando el viento pasa a través de ella, vibra entre bobinas de metal para generar electricidad. **Frayne** asegura que su desarrollo es el primer dispositivo de viento que no emplea ningún tipo de turbinas.

PUENTE DERRUMBADO

El origen de esta innovación es inesperado. **Frayne** afirma que se inspiró al estudiar lo que le pasó al *Tacoma*

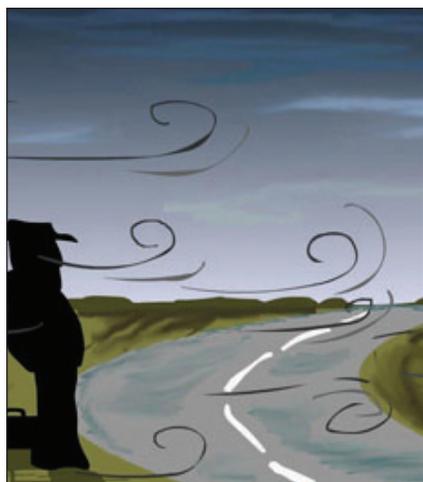
Narrows Bridge, en Washington, que se derrumbó dramáticamente en 1940 debido a las vibraciones causadas por el viento. El *Windbelt* aprovecha esas dinámicas para generar energía.



Tacoma Narrows Bridge



El dispositivo de **Frayne** se une a otras tecnologías sencillas y baratas creadas para los países en vías de desarrollo. "Las innovaciones que surgen de los problemas de las economías en desarrollo deben también responder a los restos de las economías desarrolladas",



comenta este joven ingeniero en declaraciones a Business Week.

En la práctica, esto significa usar la tecnología *Windbelt* como un modo ecológico de alimentar sensores de calidad del aire o en transmisores WiFi en edificios nuevos en el mundo “desarrollado”. El pequeño tamaño de esta tecnología y su coste asequible hace que se pueda aplicar a un moderno rascacielos, pero también a condiciones más duras en zonas rurales.

Aunque no quiere revelar cuánta financiación ha recibido hasta la fecha, **Frayne** afirma que necesitaría 30 millones en capital riesgo para que la empresa pudiera crecer y fabricar por ella misma los dispositivos *Windbelt*. Lo más probable, sin embargo, es que *Humdinger* dé la licencia a otros fabricantes que

podrían asumir el coste del desarrollo.

Humdinger cree ciegamente en su desarrollo, pese a que el gran reto ahora es convencer a la gente de que el nuevo tipo de generador funciona y a que todavía tendrán que pasar varios años para que esté disponible de manera generalizada.

En los últimos años, el grupo ha establecido un proyecto piloto en Guatemala y otro en Haití, así como unas instalaciones en Hong-Kong. Asimismo, está trabajando en una versión más grande capaz de generar una cantidad significativamente mayor de energía. El *Windbelt* empezó como una curiosidad personal, pero **Frayne** está dispuesto a ir mucho más allá.

BODEGAS MURIEL
EL CIEGO - RIOJA ALAVESA

Bodega fundada en 1926

Ctra. Laguardia s/n
01340 Elciego - Alava (España)
Tel 945 606 268 Fax 945 606 371
www.bodegasmuriel.com

Certified BRC Food by **BVQI** UKAS
Certificado ISO 9001 por **BVQI** UKAS
Certified ISO 9001 by **BVQI** UKAS

Un sistema láser optimiza un 10% la eficiencia de los parques eólicos

montado sobre los propios molinos, mide con antelación la dirección y la velocidad del viento

Los molinos de viento tienen que alinearse adecuadamente en función de la velocidad y de la dirección del viento para captar la mayor cantidad de energía posible. Un nuevo sistema láser por fibra óptica mide la velocidad y la dirección del viento antes de que éste impacte contra las aspas. Así, las turbinas disponen de unos segundos para orientarse de una manera precisa y recoger el viento. El dispositivo, desarrollado por la empresa Catch the Wind, puede mejorar la eficiencia de las turbinas hasta un 10% y protegerlas ante eventuales roturas producidas por cambios repentinos en la dirección del viento. La fabricación para su comercialización empezará en el año 2010.

Fuente: Tendencias 21 • Autor: Raúl Morales.

Un nuevo sistema láser por fibra óptica puede medir la velocidad y la dirección del viento 1.000 metros antes de que éste llegue hasta un molino de viento. De esta manera, las turbinas tienen el tiempo suficiente (unos segundos) para adaptarse a un cambio repentino en la dirección del viento o a una ráfaga inesperada.



Según sus creadores, el sistema láser puede contribuir a rebajar el coste de extraer energía del viento. Las turbinas pierden un 1% de su eficiencia operativa por cada grado que sus aspas están mal alineadas respecto al viento. Esta empresa cree que su sistema es capaz de aumentar la potencia de las turbinas de viento un 10% porque mejora la precisión de su orientación.

Asimismo, los extremos de las palas pueden ser ajustadas con tiempo para reducir el desgaste de los componentes de la caja de la turbina y de las propias palas. De esta manera, se bajan los costes de mantenimiento también un 10% y se extiende la vida operativa de los molinos.

Según informa, a priori, el concepto parece terminar con uno de los puntos débiles de este tipo de instalaciones, pero el sistema todavía tiene que se

probado a gran escala para demostrar su operatividad y su eficiencia.

MEDIR EL VIENTO

Los sistemas que se usan actualmente para medir la velocidad del viento, tanto los anemómetros mecánicos como los más avanzados dispositivos LIDAR (es una tecnología que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser) se usan para determinar si la localización de un parque eólico es la correcta. Estos sistemas también se instalan en las estaciones meteorológicas situadas en los propios parques para hacer predicciones de viento a largo plazo. La toma de datos en tiempo real se suele hacer montando un anemómetro en la parte trasera de la cubierta de la turbina.

El problema de este tipo de mediciones es que el viento se ve afectado después de haber pasado por las palas de las turbinas y su medición es con frecuencia poco precisa. Además, las turbinas pueden responder a un cambio de viento después de sus palas han sido golpeadas por éste, siendo vulnerables durante unos segundos a fuerzas causadas por turbulencias o rachas de viento.

Ha adaptado un dispositivo LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) de tal modo que puede ser montado en la turbina y utilizado para medir los cambios de viento a tiempo para hacer los ajustes necesarios en ella. Lanza tres haces de luz invisible hacia el frente que pueden medir

simultáneamente la velocidad del viento horizontal y verticalmente a diferentes distancias, así como cambios repentinos en su dirección.

Igual que los LIDAR convencionales, el ahora presentado usa el efecto **Doppler**. El efecto **Doppler**, según describe el físico **Michio Kaku** en su libro "Universos paralelos", es un cambio de frecuencia de una onda a medida que un objeto se acerca o se aleja del observador. Por ejemplo, si una estrella se acerca, la frecuencia de su luz aumenta, por lo que una estrella amarilla aparece ligeramente azulada. En el caso del dispositivo LIDAR, si uno de los haces de láser rebota contra una partícula de polvo arrastrada por el viento, cambia de color. El color del láser es directamente proporcional con la velocidad de la partícula.

20 SEGUNDOS MÁS

El dispositivo de *Catch the Wind* usa algoritmos para convertir estos datos en mediciones de la dirección y la velocidad del viento antes de comunicar esa información al sistema de control de la turbina. De esta manera, la turbina dispone de unos 20 segundos para cambiar el ángulo de las palas de tal modo que puedan captar la mayor cantidad de energía sin ser dañada.

Los LIDAR convencionales no están diseñados para ser montados en la propia turbina porque incorporan una serie de espejos que tienen que estar colocados de un modo preciso



para proyectar un haz con la forma de un cono tridimensional. Cambios de temperatura o movimientos repentinos pueden desbaratar su alineación.

La gran novedad de este diseño es que sustituye los espejos por fibra óptica, que proyectan tres haces separados. De esta manera, es lo suficientemente pequeño y ligero como para ser montado de manera

permanente en la tapa de la turbina e integrado en su sistema de control.

El sistema de *Catch the Wind* está siendo probado ya en el parque eólico situado en la isla *Prince Edward*, gestionado por el *Wind Energy Institute of Canada*. Los primeros test han dado buenos resultados y muy pronto será montado ya en una turbina para hacer

estudios más en profundidad.

La idea de esta empresa es que su sistema sea instalado directamente en las nuevas turbinas y en las que ya están en funcionamiento. La versión beta del dispositivo estará lista en la primavera del año que viene y la producción comercial empezará a finales de 2010.

La real academia de ingeniería premia a la empresa ferroatlántica por su excelencia tecnológica

En la edición de 2008 fue proclamada “*Academiae Dilecta 2008*” la empresa **Ferroatlántica** S.L. por la *Real Academia de Ingeniería*.

Ferroatlántica está en posesión de una patente internacional para valorizar un residuo de su proceso productivo, a partir de cuyo residuo se obtiene manganeso electrolítico. Es una iniciativa pionera de la Fábrica de Boo de Guarnizo (Cantabria) a nivel mundial ya que este metal se viene produciendo a partir de minerales de manganeso, nunca de residuos.

El manganeso electrolítico es un producto de alto valor añadido que se emplea fundamentalmente en la industria del aluminio para aportar dureza al mismo, aunque posee otras aplicaciones secundarias

como la fabricación de varillas de soldadura o de ferritas magnéticas. En la actualidad, el consumo de manganeso electrolítico en España se aproxima a las 10.000 toneladas al año y se importa en su totalidad.

La materia prima que ha utilizado Ferroatlántica como punto de partida para el desarrollo de esta patente la componen diferentes residuos de su proceso de fabricación.

Esta actuación obedece a la política de actuación en materia medioambiental de Ferroatlántica, en su ánimo de priorizar la valorización de sus residuos.

La fábrica de Ferroatlántica de Boo de Guarnizo es una “*asociada adherida*” de la *Asociación de Ingenieros Industriales de Cantabria*. Dispone de la mayor capacidad de producción de todo



el Grupo y en ella se obtienen tres tipos de ferroaleaciones: ferromanganeso, silicomanganeso y ferromanganeso afinado. Estas ferroaleaciones se producen mediante la reducción de los óxidos de mineral de manganeso en hornos eléctricos de arco-resistencia y a temperaturas elevadas que se consiguen por medio de la energía eléctrica que se aporta.

Fe de erratas

Artículo: **Energía Solar**

En la página 563 del pasado ejemplar de Diciembre existe un error en las fórmulas al final de la primera columna.

Deben ser las siguientes:

Elevación (solo positiva):

$$\sin \gamma = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega t$$

$$\text{Azimut: } \cos \psi = \frac{\sin \gamma \sin \phi - \sin \delta}{\cos \gamma \cos \phi}$$

Esperamos que nuestros lectores disculpen este error.

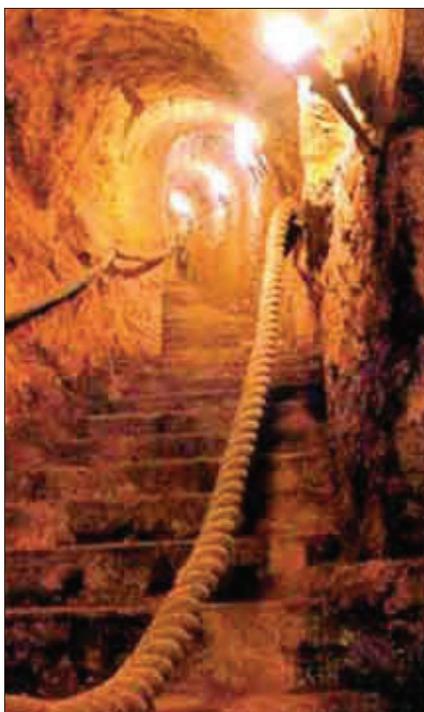
Antiguas bodegas subterráneas, un ejemplo para futuras bodegas del siglo XXI

Un nuevo estudio destaca la obtención de una calidad máxima en el vino con un coste energético nulo, a través de métodos tradicionales. Está desarrollado por investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid, que han utilizado las bodegas subterráneas de Morcuera (Soria) como escenario de su trabajo.

Fuente: UPM - mi+d

Las bodegas subterráneas permiten la crianza de un vino de máxima calidad, con un coste energético nulo. En esta conclusión se centra el trabajo de los investigadores de la UPM, que han desarrollado un modelo matemático para determinar el ciclo anual de temperatura del aire en el interior de construcciones subterráneas tradicionales. Los resultados obtenidos se han contrastado con datos experimentales obtenidos en tres bodegas subterráneas durante dos años.

Hoy en día se emplean numerosos recursos para la climatización de construcciones destinadas a la conservación de productos y alimentos. Un caso particular es el del vino, en el que las condiciones de la temperatura son determinantes durante la crianza y maduración, para su calidad final. En



esta etapa es recomendable, por un lado, que la temperatura no alcance valores elevados, es decir superiores a los 18°C y, por otro, que no existan cambios bruscos de temperatura.

Por esta razón, el vino ha sido criado tradicionalmente en bodegas subterráneas, constituidas habitualmente por una cueva o bodega excavada bajo el nivel del suelo y un cañón o túnel de entrada que finaliza en una portada exterior. Esta entrada está orientada al norte para favorecer la ventilación y, en ocasiones, se añaden una o más chimeneas, llamadas , para aumentar dicha ventilación.

La temperatura interior de la bodega está fuertemente condicionada por la temperatura del perfil del suelo, dada la escasa ventilación y la profundidad a la que se encuentran. Y se puede estimar tomando como base la temperatura del suelo a una profundidad equivalente a la altura media del interior. Además, la inercia térmica del suelo proporciona una estabilidad en la temperatura que confiere al vino sus características particulares.

El modelo matemático desarrollado por los investigadores de la de la parte de la ecuación sinusoidal propuesta por Labs (1982), para estimar la temperatura sin distorsión del perfil del suelo. Este modelo utiliza los datos de temperatura del aire del año climatológico típico y la difusividad térmica aparente en función del tipo de suelo. El resultado permite estimar el ciclo anual de temperaturas en el interior de construcciones subterráneas de forma sencilla, con una precisión aceptable, para conseguir unas condiciones óptimas en la crianza del vino.



Entrada de una bodega subterránea utilizada en el estudio en Morcuera

Esta ecuación puede ser de gran ayuda para el diseño de nuevas bodegas y construcciones subterráneas, pues permite estimar de antemano las temperaturas interiores para una construcción concreta y seleccionar la ubicación y la orientación más adecuada.

De este modo se puede evitar la tendencia a construir edificios aéreos para las bodegas que se ha seguido durante el último siglo y que supone una inversión de significativos recursos económicos.

Además, las conclusiones serán de gran utilidad en un momento en el que la crisis energética, el agotamiento de los combustibles fósiles y el incremento del precio de energía, hace necesario diseñar construcciones bioclimáticas que reduzcan el consumo energético.

Las bodegas subterráneas escenario del estudio, con una profundidad de entre 1 y 6 metros, están ubicadas en Morcuera, pueblo de la provincia de Soria situado a 1060 m. de altitud. La zona se caracteriza por tener un clima continental con una temperatura media de 10,6°C.

Los descendientes del concorde

El 31 de mayo de 2003, el Concorde efectuaba su último vuelo Nueva York-París, a casi 2.500 km/h y en menos de cuatro horas. Tras 27 años de servicio, esta hermosa ave francobritánica no había conseguido hacerse un hueco en el gran mercado de la aviación de larga distancia, completamente subsónica. ¿Acaso esté cambiando esta situación? El proyecto Lapcat reúne a la élite de los fabricantes de motores de la aeronáutica europea que estudian reactores de hidrógeno, con la ambición de propulsar aviones de línea a más de 5.000 km/h.

Fuente: Research*eu • Autor: Matthieu Lethé

El Concorde, apareció en la época en la que romper la barrera del sonido (o sea, superar los 1.224 km/h o Mach 1) era un poderoso símbolo de modernidad y desataba la imaginación. Pero uno se pregunta si el nacimiento del Concorde no fue demasiado precoz. Este avión era revolucionario para su tiempo, pero tributario de las tecnologías de la época. Pesado, ruidoso y consumía una gran cantidad de queroseno. Las primeras crisis petroleras de los años setenta frenaron su auge. Las compañías aéreas decidieron que estos vuelos supersónicos no eran rentables y los fabricantes de aviones se desligaron de este sector. Airbus y Boeing (a menos de 1.000 km/h) se convirtieron en los autobuses del espacio aéreo mundial.

Por lo tanto, la aviación supersónica de las últimas décadas se quedó en el ámbito militar. Los aviones de caza, cada vez más rápidos, subieron la “escala de los Mach”. Pasaron del “super” al “hipersónico”, apelación adoptada cuando se entra en la zona de las velocidades superiores a Mach 5. El último récord absoluto fue batido en noviembre de 2004 por el prototipo X-



Prototipo del A2, avión supersónico civil que podría estar listo para 2023.
©Reaction engine

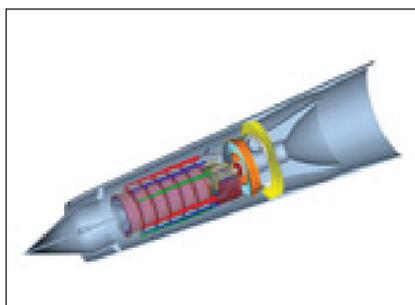
43A, un avión sin piloto de la NASA, que llegó a Mach 9,6, es decir, 11.250 km/h.



Dos perfiles muy diferentes: el del A2 (140 m) y el del Airbus A380 (73 m de largo).
©Reaction engine

LA VELOCIDAD HIPERSÓNICA PARA TODOS

No obstante, superar la frontera hipersónica (más de 6.000 km/h) para el transporte aéreo civil se ha convertido



Diseño del prototipo de propulsor Scimitar
©Reaction engine

hoy en día en un objeto de investigación muy serio en los medios europeos de la construcción aeronáutica. Aunque el

desafío siga teniendo un aura de ciencia-ficción, los profesionales consideran que ya es hora de pensar en los “descendientes del Concorde”. Estos aviones, con una capacidad de 300 pasajeros, para una carga total de 400 toneladas, despegarán horizontalmente (y no como un cohete) con su carga útil y todo el carburante necesario para un vuelo “antípodas exprés”, y se elevarán luego a 20 ó 30 km de altitud en continua aceleración. El proyecto Lapcat (*Long Term Advanced Propulsion Concepts and Technologies*), coordinado por el ESTEC, la rama de ingeniería de la Agencia Espacial Europea (ESA), está estudiando ese avance gigantesco de la tecnología.

Volar a tales velocidades implica antes que nada afrontar las rigurosas limitaciones del calor producido por la fricción con el aire, que pone a prueba la resistencia de los materiales y las estructuras del aparato. A ese respecto, los avances tecnológicos desarrollados por los regresos de los vehículos espaciales a la atmósfera han abierto el camino. Pero el principal desafío que intentan superar los 14 socios de Lapcat supone una revolución radical en la concepción de los motores que permita imaginar una próxima generación de aviones comerciales hipersónicos.

BRUSELAS-SIDNEY EN CUATRO HORAS

“Estamos trabajando en reactores de hidrógeno que funcionen de forma diferente a los clásicos reactores turbojet de queroseno incorporados en todos los aviones desde hace lustros”, destaca Johan Steelant (ESA), coordinador del

proyecto. “Nuestro objetivo a partir de ahora es poder unir ciudades como, por ejemplo, Bruselas y Sidney en cuatro horas (con un ahorro de combustible que pueda hacer que los costes de transporte sean lo suficientemente atractivos). En una época de globalización cada vez más omnipresente, la demanda de tales vuelos intercontinentales que se hagan en tan poco tiempo interesa tanto a los fabricantes aeronáuticos como a las compañías aéreas, varios de los cuales participan en *Lapcat*”.

Los “aviones a reacción” clásicos están equipados con motores denominados “atmosféricos”. El empuje se ejerce a nivel de la tobera trasera del reactor, por la expulsión de los gases de combustión del queroseno al contacto con el oxígeno, aportado por el aire a presión aspirado en la entrada por las turbinas de paletas.

La eficacia de los turboreactores (*turbofan*, en inglés), utilizados de modo generalizado en la flota actual de los aviones de línea subsónicos, puede aumentar sin duda la velocidad de una aeronave pesada más allá de Mach 1 (como el Concorde). Pero a partir de los 3.000 km/h, el empuje de los reactores alcanza su nivel máximo y ya no es suficiente para continuar la aceleración. Por lo tanto, los fabricantes de motores están estudiando el concepto de estatorreactor (*ramjet*), un sistema de propulsión atmosférica futurista, imaginado por físicos e ingenieros ya en el año... 1912. El “estato” ha pasado por diversas fases experimentales en el transcurso del siglo XX, sin haber superado jamás dicha etapa. La combustión se lleva a cabo en una tobera desprovista de cualquier pieza móvil. La forma aerodinámica de la entrada de aire ya de por sí permite garantizar un nivel estable de compresión que posibilita que el oxígeno del aire queme el carburante.

RAMJET Y SCRAMJET

La configuración del *ramjet*, simple en su principio, y la importancia del empuje que pueda proporcionar a un avión explican que, durante estas dos

últimas décadas, los investigadores-mecánicos hayan apostado más por este motor. Éste presenta los mejores resultados en términos de elevación radical en la escala de las velocidades hipersónicas. No obstante, el funcionamiento activo de tal propulsor debe superar un obstáculo importante: el encendido del estatorreactor tan sólo puede ejercer un empuje a partir del momento en el que se alcance una velocidad de varios centenares de kilómetros por hora. Por lo tanto, en el caso de este nuevo avión, hace falta integrar una doble forma de motorización que combine a la vez los funcionamientos de tipo “turbo” (para el despegue y la primera etapa del vuelo) y de tipo “estato”.

No obstante, otro problema surge cuando el motor *ramjet* supera los 6.000 km/h (Mach 5). A estas velocidades la presión cada vez más elevada creada por el aire que entra en la tobera provoca un calentamiento enorme, incompatible con la estabilidad de la combustión y la resistencia de los materiales. Así fue como nació el concepto más complejo de superestatorreactor (*scramjet*), en el que los fabricantes de motores ponen a punto sistemas de enfriamiento criogénicos del aire que llega a la tobera de combustión. El prototipo estadounidense X-43 A ya incorporaba este sistema que inspira hoy en día a los equipos del proyecto *Lapcat*.

HIDRÓGENO “A TODO GAS”

Lograr velocidades hipersónicas implica vuelos a muy elevada altitud, del orden de al menos 20.000 metros, en capas en las que el reactor tenga aún suficiente oxígeno para garantizar la combustión. A estas altitudes, el carburante elegido, tanto por el sector aeroespacial como por los investigadores de aeronáutica, es el hidrógeno. Es el más eficaz energéticamente, el menos pesado y el que menos daña al frágil medio ambiente de la estratosfera, ya que no supone emisiones de carbono. También es la fuente criogénica utilizada para el enfriamiento del reactor.

Desde hace muchos años, la industria de las lanzaderas y de los vehículos espaciales no deja de desarrollar tecnologías muy avanzadas y con alto rendimiento que utilicen este carburante considerado como ideal. No obstante, la transposición de su utilización para propulsar aviones de línea plantea grandes problemas aún no resueltos, en razón de su alto grado de inflamabilidad.

Actualmente, la empresa británica *Reaction Engines*, socia del proyecto, pone a punto el prototipo de investigación al que ha denominado *Scimitar*. Este propulsor combina las funciones turbo, para los despegues/aterrizajes y para el sobrevuelo de las tierras habitadas a velocidad subsónica, y superestato más allá de la velocidad del sonido.

LÍNEA Y CONCEPTO DEL A2

Sin embargo, un motor potente y fiable no es suficiente para crear un buen Fórmula 1...Dentro del proyecto, algunos investigadores también trabajan con mucho empeño en la aerodinámica de esta generación de aviones hipersónicos, que llevan el modesto nombre de “A2”.

El aparato, constituido por una estructura larga y fina, que mide cerca de 140 metros de largo (frente a los 73 m. del Airbus A380) y 7,5 m. de diámetro, en principio estará provisto de alas delta dispuestas en medio de la estructura, con dos reactores en cada una de ellas. La cabina de pasajeros, situada por encima de las alas, tendrá 32 m. de largo y la casi totalidad del resto del fuselaje estará ocupada por depósitos de hidrógeno, a ambos lados de la cabina.

¿Bruselas-Sydney en cuatro horas? Se vaticina que esta proeza será posible para el año 2023. En principio, el precio medio de un billete sería comparable a la tarifa actual de este vuelo en *business class*.

El derecho al sol: titubeos hacia un urbanismo sostenible



The right to the sunshine:
hesitations towards town
planning sustainability

Manuel Lara-Coira
Dr. Ingeniero Industrial
Diplomado en Ingeniería Ambiental
Escuela Politécnica Superior de Ferrol

Recibido: 07/04/08 • Aceptado: 22/09/08

ABSTRACT

- Considering the dwelling as the thermal protection for the development of the human activity, the evolution of the buildings as seen from their energy needs and environmental adaptation is briefly revised.
- Then, after commenting concisely the energy role in the construction approach of outstanding contemporary authors, a higher co-operation of engineering is claimed as a must through the sustainable development of architecture and town planning.
- **Key words:** energy, sustainability, architecture, engineering, town planning.

RESUMEN

Partiendo de la consideración de la vivienda como la envolvente termoestable que permite el desarrollo de la actividad humana en muy diversos ambientes, se repasa brevemente el devenir histórico de la construcción en relación con sus propias necesidades energéticas y de adaptación al medio.

Tras comentar el papel de la energía en los planteamientos constructivos de significados autores contemporáneos, se aboga por una mayor participación de la ingeniería en los desarrollos arquitectónicos y urbanísticos como vía ya imprescindible para la persecución de la sostenibilidad.

Palabras clave: energía, sostenibilidad, arquitectura, ingeniería, urbanismo.

1.- ENERGÍA Y ARQUITECTURA

A partir del hecho irrefutable del carácter homo-térmico del ser humano, es decir, de su necesidad biofísica de mantener prácticamente constante su temperatura interna (a unos 37 °C), es evidente la necesidad de un marco ambiental termoestable para el desarrollo de sus actividades vitales.

Este marco ideal queda determinado por la temperatura ambiental, la humedad, el calor irradiado o absorbido por el contorno y la velocidad de circulación del aire, definiendo unas condiciones tales que requieran el mínimo gasto de energía para nuestra adaptación térmica a las condiciones ambientales.

En general, la arquitectura vernácula o popular, representa una respuesta adaptativa al clima del lugar, pudiendo interpretar claramente en su diseño, materiales, estructuras, espesores, cubiertas y huecos, las correspondencias más adecuadas a las solicitudes climáticas de su emplazamiento. La arquitectura tradicional se convierte, por tanto, en un importante referente de la sostenibilidad no sólo de la construcción sino también del urbanismo y, en definitiva, de la arquitectura sostenible [1].

El paso del medio rural al urbano trastocó y distorsionó el diseño climático. Por ello, es por la propia estructura urbana por dónde debe iniciarse la configuración y planificación de una arquitectura sostenible: la conocida como arquitectura bioclimática.

Con estos criterios, el diseño de ciudades y edificios debe permitir aumentar el grado de confort y habitabilidad sin por ello incrementar el consumo energético. Se admite que la arquitectura bioclimática puede reducir a la mitad nuestras demandas de energía para climatización e iluminación sin reducción de los niveles de confort a que estamos habituados [2]. La cuestión no sería excesivamente preocupante si se tratase de una actividad de poco peso en el gasto energético total, pero la edificación concentra por término medio el 40% del consumo energético total en la **Unión Europea** [3].

Conviene aclarar que el concepto de “consumo energético en la edificación” incluye

tres sumandos principales: a) la energía consumida en la fabricación de los materiales y elementos constructivos, así como en su transporte y puesta en obra, y en los sistemas de ejecución; b) el gasto energético necesario para el uso y mantenimiento de lo edificado: calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, transporte interior, limpieza y retirada de residuos, rehabilitaciones, etc.; y c) la energía a utilizar para el acondicionamiento del medio en el que se localiza la edificación, una vez concluida su vida útil o la capacidad de adaptarlo o reutilizarlo, hasta un estado semejante al que disfrutaba antes de ser alterado por lo construido [4].

En el devenir histórico, los avances en la racionalización energética en la edificación han sido frenados por el descubrimiento de combustibles aparentemente baratos y abundantes, como el carbón, el petróleo, el gas natural o el uranio. La comodidad e inmediatez, junto con la especulación y el despilfarro, conducen a una situación en la que resulta absolutamente imposible un desarrollo sostenible.

Civilizaciones precedentes resultaron destruidas por la imposibilidad de sostener el nivel alcanzado en su propio desarrollo; refiriéndonos a nuestro entorno próximo, ya los griegos y los romanos, con la escasez de madera, sufrieron sus crisis energéticas, adquiriendo con ellas conciencia de los límites de sus recursos de combustible.

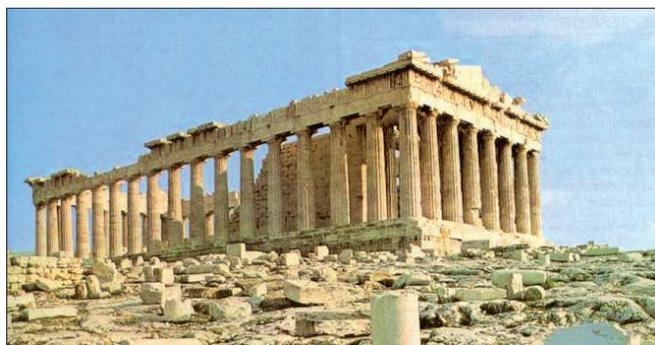
Resulta, entonces, absurdo y patético tener que redescubrir y reinventar lo que debería haberse venido practicando en una continua evolución. Porque, efectivamente, volvemos a ser conscientes de los elevados costes ambientales, sociales e incluso económicos, de nuestra dependencia energética, y de los engañosos mecanismos que se instrumentan para disfrazar esta realidad, siendo la electricidad el caso más flagrante de esta falacia.

El aprovechamiento de los recursos energéticos renovables es la única vía que ambiental, económica y políticamente podemos permitirnos. La velocidad de su desarrollo e implantación depende tan sólo de nosotros mismos [5]. El primer paso, siempre el más difícil, consiste en ser conscientes de lo que es posible hacer.

Como reflexión necesaria, permítase un pequeño resumen histórico de las interrelaciones entre la arquitectura y las técnicas que hoy designamos como bio-climáticas.

2.- Grecia

En **Grecia**, el elevado consumo de madera, para cocina y calefacción, además de fundición de metales y construcción de viviendas y barcos, llevó a la escasez local de combustibles, agravada por un pastoreo irresponsable en el que las cabras,



alimentándose de retoños, aceleraban la destrucción de zonas madereras, de tal manera que ya en el siglo V antes de Cristo, numerosas zonas griegas se encontraban casi desforestadas: “Todas las partes más ricas y blandas de la **Ática** han desaparecido, y cuanto permanece es el esqueleto de la tierra”, se lamentaba **Platón** en el siglo IV a.C.

Desvanecidos los abastecimientos indígenas, hubo de importarse madera, regulándose el uso de ésta y del carbón de leña, llegándose incluso a establecer impuestos locales (p.e. en la **Isla de Cos**) sobre la madera destinada a calefacción doméstica.

Avanzado este siglo IV, se prohibió el uso de la madera de olivo para hacer carbón, así como la exportación de la madera de la **Ática**, mientras que el abastecimiento de **Atenas** se hacía expoliando la madera del **Asia Menor** desde **Siria** hasta las orillas del **Mar Negro**.

La respuesta griega a la escasez energética fue el desarrollo de la arquitectura solar, diseñando ciudades y edificios para un mejor aprovechamiento de la energía del Sol, ahorrando combustible. La aceptada y extendida adoración del Sol redujo posibles impedimentos culturales.

La arquitectura solar griega se basó en la variación de la posición del Sol con las estaciones. El diseño favorecía la penetración de la luz hasta el fondo de las habitaciones principales durante el invierno, sombreándolas en verano los aleros y tejados al efecto, mientras que gruesos muros de adobe protegían de los fríos vientos del norte, a la vez que junto con los suelos, también de adobe, actuaban como acumuladores de calor.

La construcción de nuevas comunidades se planificaba desde su origen, aprovechando pendientes y orientaciones para obtener el máximo beneficio solar, buscando además garantizar la igualdad de alojamiento a todos los residentes, de acuerdo al espíritu democrático de la época.

El objetivo final perseguido era que la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno, de acuerdo con el consejo de **Sócrates** (siglo V a.c.).

El paso del medio rural al urbano trastocó y distorsionó el diseño climático

3.- Roma

El consumo de madera en **Roma** fue superior al de **Grecia**. Además de la demanda para construcción de viviendas y buques, el combustible para la industria y la calefacción de baños públicos y villas particulares, agotó rápidamente los recursos indígenas de madera. Mientras que en el siglo III antes de **Cristo** las cercanías de **Roma** contaban con espesos bosques, ya en el siglo I a.c. la madera debía importarse del **Cáucaso**, a más de 1.500 km de distancia. A principios del siglo I la escasez de combustible obligó a clausurar las minas de hierro de la isla de **Elba**, y afectó gravemente a la industria del metal en **Campania**.

La crisis de combustibles locales y el elevado coste de la madera importada, llevaron a los romanos a adoptar las técnicas griegas de la arquitectura solar, desarrollándola y adaptando los diseños constructivos a los variados climas de los territorios que dominaban, como recoge el eminente



Vitruvio en el año 25 a.c. [6].

Además, emplearon cerramientos transparentes como la mica y el vidrio para aumentar la efectividad del calentamiento solar, ampliando el ámbito de aplicación a los invernaderos y a los inmensos baños públicos. En el año 65, **Séneca** reseña la utilización de materiales transparentes como cerramiento de las ventanas, materiales que permiten el paso de la luz pero no del frío y la lluvia, reteniendo además el calor en el interior de los aposentos.

La arquitectura solar llegó a ser tan consustancial de la vida que la garantía de los derechos al sol se incorporó en el siglo II a la *lex romana*, regulando el acceso al sol en la construcción y las posibles sombras sobre edificios ya construidos. Como diferencia fundamental con la época precedente, destacan los privilegios de clase romanos frente a la democracia griega, de tal manera que mientras las clases dominantes elegían los emplazamientos y acomodaban los diseños según los principios de la arquitectura solar, la masa creciente de los pobres urbanos debía vivir donde pudiese.

Poco a poco, el crecimiento demográfico y la falta de planificación, obligaron a disponer de todos los espacios posibles, abandonando las buenas técnicas constructivas, especialmente en las viviendas de las clases menos pudientes.

El empeoramiento en el abastecimiento de combustibles llevó a que en el siglo IV se dedicase toda una flota al transporte de madera desde **Francia** y el Norte de **África** hasta el puerto romano de **Ostia**, mientras que el continuo deterioro de las condiciones de habitabilidad en las ciudades, llevó a los ciudadanos más pudientes a establecerse en el campo, adoptando un estilo de vida autosuficiente.

Destacándose entre otros arquitectos de su época, **Marco Cetio Faventino** escribía en la segunda mitad del siglo IV un tratado de construcción (“Libro abreviado de técnica arquitectónica para usos privados”) con el acento puesto en la autosuficiencia, reiterando los conceptos de Vitruvio sobre la mejor ubicación de baños y habitaciones vivideras, incorporando además técnicas propias de racionalización energética y sostenibilidad, como el reciclaje del agua y la recuperación de calores residuales, además de la captación y almacenamiento de calor en materiales termorreguladores [7].

Como antes sucediera, y volverá a ocurrir con mayor intensidad muchos siglos después, el desarrollo de la ingeniería se entrecruza e impregna la arquitectura romana, destacando

la transición de la **Roma** republicana a la imperial, cuando las técnicas del abovedado se transfirieron de las estructuras utilitarias (como los acueductos o las cloacas) a los edificios públicos monumentales, que pudieron adquirir así una expresión totalmente nueva [8].

4.- El Medioevo y El Renacimiento

Todo el conocimiento de la Antigüedad se desvaneció en los llamados Siglos Oscuros (IV al X), si bien la reverencia por el conocimiento profesada por los árabes en este periodo permitió la conservación, e incluso ampliación, de los textos clásicos, sirviendo de puente entre la Europa medieval del siglo XIII y los antiguos griegos.

La ciudad medieval ofrece una fisonomía irregular, de estructura radiocéntrica, por razones defensivas y de adaptación al emplazamiento. En medio de continuas peleas entre los numerosos bandos existentes, es una ciudad encerrada en sí misma, ajena al medio circundante y a cualquier tipo de adaptación al mismo. El derecho al sol se ha desvanecido y se carece de cualquier criterio regulador para la mejora de la habitabilidad en sintonía con el clima.

Puede decirse que hasta el siglo XVI el dogma eclesial bloquea cualquier intento de desarrollo empírico, que era entendido como una iniciativa perversa por pretender alterar los designios de la providencia. La reforma luterana (1517) es un vigoroso impulso para la independencia frente a la autoridad de la Iglesia de Roma, estimulando todo esfuerzo innovador e investigador, entre los que cabe aquí citar la horticultura científica, con el desarrollo de los invernaderos, como un significativo avance en el aprovechamiento de la energía del sol.

Al igual que ocurriera con **Faventino** doce siglos antes, destaca **Andrea Palladio** (1508-1580) entre los arquitectos de su época, con un tratado de construcción (“Los cuatro libros de la arquitectura”) que vuelve a insistir en la autosuficiencia y retoma también las aportaciones de Vitruvio sobre el emplazamiento más adecuado de baños y habitaciones vivideras, la recuperación de calores residuales, la utilización de materiales termorreguladores, y el reciclaje del agua [9].

A finales del siglo XVII, el desarrollo en Francia del proceso de fabricación de vidrio laminado, asombrosamente parecido al sistema romano, y el abaratamiento de combustibles, permitió una mayor difusión de cristalerías e invernaderos entre la naciente clase media. A la vez, se investigaba sobre la inclinación óptima de captación en función de la latitud local, así como sobre la utilización de doble acristalamiento y persianas nocturnas para reducir las pérdidas de calor.

La llamada “*glaciación menor*” que sufrió **Europa** entre 1550 y 1850, con veranos extraordinariamente breves e inviernos anormalmente fríos, también contribuyó de manera significativa a los esfuerzos por aprovechar la energía solar, dejando diversos estudios sobre la capacidad de absorción de calor de diferentes materiales constructivos.

Como resumen de estas primeras etapas históricas, puede decirse que hasta la *Revolución Industrial* que se inicia a finales del siglo XVIII, son numerosos –por no decir mayoritarios– los ejemplos arquitectónicos de integración en el medio y consumo eficiente de materiales y energía,

De La Revolución Industrial a La Crisis del Petróleo

especialmente en la construcción popular, por ser estos aspectos de sostenibilidad en la edificación cuestiones entonces ineludiblemente ligadas a la mera supervivencia humana: las soluciones en el diseño y las técnicas constructivas se acomodaban a las condiciones climáticas locales y a los recursos existentes en el territorio, optimizando la utilización de éstos para retrasar su agotamiento y garantizar el futuro de la comunidad.

Por el contrario la regulación de las pautas constructivas de adaptación ambiental en los conglomerados habitacionales, “el derecho al sol” establecido por griegos y romanos, se va perdiendo en el medioevo con el crecimiento desigual y desordenado de unas poblaciones que tienden a encerrarse en sí mismas.

5.- De La Revolución Industrial a La Crisis del Petróleo

Durante la Revolución Industrial (periodo difuso y extenso, pero que puede enmarcarse entre 1760 y 1860), que promovió la idea de la liberación por la técnica de las limitaciones y penalidades impuestas por la naturaleza, las ciudades perdieron su equilibrio ambiental y su tradicional integración con el medio. El desarrollo de nuevos medios de transporte y almacenamiento de materiales y combustibles propició el masivo abastecimiento de recursos y el alejamiento de vertidos y desechos. La vivienda se encerró en sí misma, utilizando la técnica para aislarse del medio y crear un ambiente interior artificialmente regulado, con las consecuencias de un elevado consumo de energía y un notable deterioro ambiental.

Ante el evidente deterioro en las condiciones de habitabilidad, ya en el siglo XIX los arquitectos ingleses promovían la remodelación de viviendas para un mayor aprovechamiento solar, en su doble vertiente de iluminación y caldeoamiento. La popularización de estos sistemas entre las clases medias en áreas urbanas, introdujo modificaciones adaptativas, apareciendo los miradores y galerías contorneando los edificios, así como buhardas acristaladas en los tejados de las casas.

Lamentablemente, este aumento en popularidad acarrió el abandono de los criterios de orientación y con el olvido de los principios técnicos los arquitectos se limitaron a copiar diligentemente las formas externas de los edificios antiguos, ignorando aquellas premisas que unían funcionalidad y belleza, y construyendo muchas veces con orientaciones erróneas desde el punto de vista de la eficiencia energética. Esta equivocada evolución todavía empeoró con el grave inconveniente añadido de que se instalaron sistemas de calefacción artificial en aquellos recintos nacidos para el aprovechamiento solar y el ahorro de combustible, que paradójicamente se convirtieron



así en fuente de gasto adicional [10].

En otro orden de cosas, desde principios del siglo XIX, se experimentó con las llamadas “cajas calientes”, que darían posteriormente origen a los colectores solares, capaces de suministrar agua caliente y calefacción a sus usuarios. Griegos, romanos y chinos conocieron y emplearon espejos curvados para la concentración de la energía del sol, aunque hubo que esperar a la segunda mitad de este siglo XIX, para que se investigase de manera sistemática el uso de cajas solares de concentración.

Pese al desarrollo técnico alcanzado en esta época, la desordenada acumulación de población, junto con la insalubridad de las viviendas, dio lugar a tal mortandad que las sociedades se vieron obligadas a tomar nuevamente el control urbanístico, buscando fórmulas para recuperar el perdido “derecho al sol”. Hacia 1900 ya se habían promulgado leyes de salud pública en numerosos países, con ordenanzas de planeamiento urbano que trataban de garantizar el soleamiento de las habitaciones.

Con la popularización de comunidades obreras planificadas, los arquitectos y urbanistas renovaron su interés por la orientación solar, pero ya en 1912, el arquitecto francés **Augustine Rey**, estudioso del soleamiento de edificios, admitió la inviabilidad del acceso solar óptimo en las condiciones de especulación inmobiliaria y descontrol de crecimiento en las ciudades: el “derecho al sol” afrontaba en clara desventaja unas circunstancias adversas muy difíciles de soslayar en el mundo moderno.

Tras la primera guerra mundial (1914-1919), las grandes posibilidades abiertas para el aprovechamiento de la energía solar cayeron ante el empuje del petróleo y el gas como nuevos y baratos recursos energéticos, aunque se puede hablar de un cierto florecimiento de los colectores solares localizado en

Florida, si bien no pudieron soportar la caída de los costes energéticos tras la segunda guerra mundial (1939-1945).

La arquitectura de vanguardia de la primera mitad del siglo XX se caracterizó (además de por la racionalización, el funcionalismo y la estandarización e industrialización de los procesos constructivos) por su voluntad de abstracción, de descontextualización y eliminación de las referencias a su lugar de instalación, alejándose de cualquier forma autóctona de habitación y, por consiguiente, de siglos de evolución adaptativa al medio en que se asentaban estas construcciones. Tal concepción, ampliamente difundida (“*el estilo internacional*”), impuesta a las formas y hábitos locales, y ajena a cualquier tipo de integración en el medio, es necesariamente dependiente de un elevado consumo energético y condiciona no pocas veces un incómodo urbanismo [11].

La arquitectura alemana de entreguerras se volcó en la búsqueda de funcionalidad, incluyendo en ésta el aprovechamiento solar; y conviene citar en primer lugar la “*zeilenbau*” o casa en hilera de **Walter Gropius** (fundador de la *Bauhaus*), organizada según un eje norte-sur, que pronto mostró su ineficacia para el soleamiento pese a conseguir una notable economía de suelo.

Hacia 1930 ya se admitía sin reservas este tipo de edificación como antieconómica por sus elevados costes de mantenimiento, volviéndose a la construcción de viviendas aisladas de planta única, orientadas al sur para la mayor captación solar, pudiéndose citar al respecto los trabajos de **Haring (Alemania)**, **Terraghi (Italia)**, **Aalto (Finlandia)** y **Ginzburg (Rusia)** [12].

Cabe también citar en esta época el estudio realizado por el *Royal Institute of British Architects* (RIBA) sobre la orientación de los edificios, de enorme influencia en la consideración de los efectos del soleamiento en la fase del diseño arquitectónico. Es igualmente notable la realización de trabajos sobre soleamiento y la construcción de viviendas solares en los EE.UU., destacando en 1940 la casa solar edificada por **George Fred Keck (Chicago)**.

Entre los maestros del movimiento moderno, aunque sin estudios académicos de arquitectura, **Ludwig Mies van der Rohe** (1886-1969), director de la *Bauhaus* en 1930 y posteriormente emigrado a **América**, representa la simplicidad abstracta que resume en su lema “menos es más” [13]. Maestro del acero y el vidrio, la simplicidad de la forma le lleva a la abstracción, a la indiferencia frente al medio y el clima, con un claro conflicto entre la belleza formal y el funcionalismo, que lógicamente debe incluir las solicitaciones del entorno. Como consecuencia de su actitud, sus construcciones padecen unos altos costes de calefacción y refrigeración, hasta el punto de que en algún caso se llegó a decir que su vivienda era inhabitable (casa **Farnsworth, Illinois**, 1945).

Por su parte, el atrabiliario estudiante de ingeniería civil **Frank Lloyd Wright** (1869-1959) representa la diversidad

orgánica, la multiplicidad de formas, materiales y sistemas constructivos, con una gran sensibilidad a la relación con el entorno climático y natural, y con una clara voluntad de integración en el mismo. A él se le deben numerosas innovaciones en iluminación, ventilación y economía constructiva, consiguiendo una mayor sintonía entre la formalidad arquitectónica y la eficacia técnica [14].

Finalmente, **Charles Edouard Jeanneret-Gris**, conocido como *Le Corbusier* (1887-1965), se mueve entre la máquina y la naturaleza, considerando al sol como una de las claves de la arquitectura y el urbanismo pero proponiendo edificios herméticos, con carácter de puro artificio, siempre artificialmente climatizados y muchas veces necesitados de reformas para lograr su habitabilidad.

Sus propuestas constructivas, “la respiración exacta” (de la mano de **Willis Haviland Carrier**, ingeniero industrial padre del aire acondicionado) y “el muro neutralizante” (en colaboración con la **Compagnie de Saint Gobain**, fabricante de vidrio) suponen pérdida de masa térmica, de resistencia térmica y acústica, y una mayor superficie de contacto exterior, con todas las desventajas climáticas que de ello se derivan y los costes de climatización que conllevan. Estas propuestas iniciales, tras los sonados fracasos de algunas de sus realizaciones, le llevaron a replantearse la envolvente de los edificios, y tras su

“*brise soleil*” regresó a un acercamiento al lugar y al clima, claramente perceptible en sus últimos proyectos en la India, en los que reinterpretó con éxito la arquitectura vernácula [15].

Algunos arquitectos adaptaron los principios del movimiento moderno a las condiciones climáticas y al contexto cultural de su ámbito de trabajo, regionalizando el “*estilo internacional*” al tratar de integrarse en la naturaleza sin alterar su equilibrio, aliándose con el medio exterior como los anónimos

constructores de la arquitectura popular, aprovechando posibles sinergias incluso en climas extremos, como hicieron **Luis Barragán (Méjico, 1902-1988)**, **Hassan Fathy (Egipto, 1899-1989)**, **Ralph Erskine (Suecia, 1914-2005)** o **Sverre Fehn (Noruega, 1924-)** [16]. Pese a todo, sus criterios, aplicables en edificaciones individualizadas, resultaban de difícil—cuando no imposible—utilización en una planificación urbanística alejada de cualquier referencia a la sostenibilidad de la edificación.

Cabe decir que, en cualquier caso, las influencias más decisivas en la arquitectura contemporánea llegaron de la mano de los revolucionarios métodos de construcción que desarrolló la ingeniería y la industria decimonónica. El ingeniero abrió el camino al arquitecto, y el rápido progreso del desarrollo técnico penetró en el hábitat humano, despreciando muchas veces la necesaria adaptación al medio que garantizaría la sostenibilidad de la construcción, prefiriendo en su lugar el empleo desmedido de recursos técnicos difícilmente sostenibles (la iluminación artificial, el aire acondicionado, la calefacción) para paliar los inconvenientes de estos nuevos planteamientos urbanísticos.

Cabe decir que, en cualquier caso, las influencias más decisivas en la arquitectura contemporánea llegaron de la mano de los revolucionarios métodos de construcción que desarrolló la ingeniería y la industria decimonónica

A finales de la década de 1950, los bajos precios de los combustibles y los errores de diseño, forzaron el abandono de la arquitectura solar, aunque no por ello cesaron los trabajos de diferentes estudiosos de la relación entre la arquitectura y el clima, entre los que deben citarse los diseños climáticos de **Víctor Olgyay** (EE.UU., 1963) [17] y **Baruch Givoni** (Israel, 1969) [18] y los muros solares de **Edward Morgan** (Inglaterra, 1962) y **Frédéric Trombe** (Francia, 1964) [19]. Además de éstos, también los trabajos de **Ian L. McHarg** (EE.UU., 1969) [20] y **Edward Mazria** (EE.UU., 1979) [21] insistieron igualmente en la necesidad de integración de la arquitectura y el medio, estableciendo el conjunto de bases teóricas de lo que llegó a designarse como “arquitectura bioclimática”.

6.- De La Crisis del Petróleo a La Construcción Contemporánea

La crisis del petróleo de 1973 reavivó el interés por la energía y fomentó la construcción de los primeros “edificios bioclimáticos”, en los que se buscaba optimizar el comportamiento térmico mediante la captación solar y el acondicionamiento ambiental pasivo, con resultados estéticos casi siempre discutibles al no ir más allá de la inserción de soluciones técnicas de aprovechamiento energético y control ambiental en estructuras arquitectónicas convencionales y, como tales, ajenas a tales dispositivos.

La creciente importancia de la técnica en la construcción alumbró a principios de la década de los 80 una corriente arquitectónica en la que los criterios ambientales y la eficiencia energética orientaron el diseño, retomando ideas de pioneros como **Fuller o Prouvé** bajo el reclamo de una “*high-tech architecture*” [22] prontamente devenida en la híbrida y un punto oportunista “*eco-tech architecture*”.

Richard Buckminster Fuller (1895-1983), creador de la cúpula geodésica, fue un ingeniero y visionario que exploró la eficiencia energética y la de los materiales, y para quien la tecnología era un medio para la “*efemeralización*”: para hacer más con menos; para lograr una eficacia profunda con la utilización de menos materiales, menos energía y menos tiempo [23]. Por su parte, el ingeniero y diseñador **Jean Prouvé** (1901-1984), además de sus notabilísimos trabajos en metal [24], promovió importantes avances en los sistemas de prefabricación de viviendas [25].

Norman Foster, discípulo de **Fuller**, es quizá hoy, junto con su antiguo socio **Richard Rogers** y con el posterior socio de éste, **Renzo Piano**, el más destacado representante del *echo-*

tech (ya en 1965 tenía en cuenta la posible reutilización de los edificios por otros usuarios, utilizando componentes modulares y paredes móviles), que se apoya en la ingeniería y en la prefabricación para ofrecer un estilo de buena manufactura, otorgando significación estética a las estructuras e instalaciones de las edificaciones que diseña y desarrolla en una estrecha y necesaria colaboración con los ingenieros.

En esta necesaria simbiosis entre la ingeniería y la arquitectura para la mejor interacción con el territorio cabe mencionar el Viaducto de **Millau** (**Aveyron**, Francia), el puente más alto del mundo (343 m sobre el río **Tarn**, 2.460 m de longitud y 32 m de ancho de tablero), fruto de la colaboración entre **Foster** (concepción formal) y el ingeniero francés **Michel Virlogeux** (concepción estructural) [26].

Otro ejemplo singular de esta colaboración interprofesional es el de **Santiago Calatrava**, uno de los arquitectos especializados en grandes estructuras que se caracterizan por una extraordinaria estética y armonía [27]. Contrariamente a lo que es habitual en muchos arquitectos, que ocultan las estructuras de sus edificios, **Calatrava**, como buen ingeniero que —además de arquitecto— es, las convierte en elementos esenciales y en obras de arte, y recurre una y otra vez a los precisos cálculos y a las soluciones del ingeniero español **Javier Wirtz** para levantar sus complicadas estructuras y montar las arquitecturas que él imagina, de las que son ejemplos destacados el edificio *Turning Torso*, en **Malmö** (**Suecia**) o la *Estación de Ferrocarril de Lieja* (Bélgica).

Pese a todo ello, únicamente en contadas ocasiones la colaboración entre Ingeniería y Arquitectura se traduce en una construcción sostenible, por otra parte prácticamente sólo alcanzable en edificios de carácter singular, únicos e irrepetibles, y por tanto ineficaces para poder diseminar sus logros y aplicarlos a la consecución de resultados urbanísticos sostenibles.

La eficiencia de la arquitectura popular, austera e inteligente en el uso de los recursos al desarrollar y optimizar modelos constructivos de rendimientos máximos en habitabilidad y de consumos mínimos de materiales y energía, ejemplar respuesta sostenible de adaptabilidad al medio, no ha tenido todavía su réplica en la arquitectura y el urbanismo contemporáneos [28].

Efectivamente, y pese a que muchas formas y diseños actuales evidencien la economía de los recursos, se carece de la visión de conjunto que exige la optimización del “ciclo de vida” para orientarlo hacia su sostenibilidad, contabilizando no solo la energía y los materiales consumidos en la construcción y vida útil de la edificación, sino también en la extracción, fabricación y puesta en obra de los elementos

Sin embargo no cabe la rendición sin dimitir del futuro, y por ello no es posible renunciar a nuevos modelos económicos ambientalmente viables y socialmente justos sin renunciar también a la pervivencia.

constructivos, y en el tratamiento y recuperación de los residuos generados en todo el proceso, incluida la futura demolición y la restauración del territorio, de ser el caso [29].

Desde este punto de vista, el consumo energético requerido para la fabricación, utilización y recuperación de no pocos de los productos actualmente empleados es sensiblemente superior al ahorro energético que se logra con su utilización, lo que aleja notablemente el objetivo de optimización perseguido pues –recordando a **Fuller**– sólo estamos logrando más con más, y no más con menos.

La falta de sostenibilidad de la construcción y el urbanismo actuales deriva tanto del modelo urbano vigente como de los hábitos de consumo. Lamentablemente es imposible modificar el planeamiento urbano existente, y es muy poco lo que se puede influir en la planificación de nuevas barriadas, generalmente condicionadas por pautas estructurales y políticas ajenas a cualquier consideración ambiental. Tampoco se puede ser demasiado optimista en lo que atañe a la modificación de los modos de consumo puesto que la demanda de energía en la construcción y en los usos domésticos no solo supone prácticamente la mitad de la demanda energética mundial, sino que muestra una tendencia continuamente creciente [30].

Sin embargo no cabe la rendición sin dimitir del futuro, y por ello no es posible renunciar a nuevos modelos económicos ambientalmente viables y socialmente justos sin renunciar también a la pervivencia. Sin duda será necesario un gran esfuerzo para modificar la habitual dinámica de adaptar el entorno a las necesidades humanas y en su lugar tratar de acomodar la humanidad al entorno que habitamos, recuperando “el derecho al sol”. Pero sólo un desarrollo ecológicamente sostenible y socialmente aceptable podrá evitar el colapso de los ecosistemas humanizados que acogen el futuro de la especie humana [31].

7.- Conclusión

En la post-modernidad, a la conciencia de la limitación conceptual que impone todo sistema teórico o científico, se une en lo real la constatación de la escasez de los recursos naturales y los desequilibrios ecológicos. Estas modificaciones en los escenarios conceptual y real obligan a cambiar de una concepción mecanicista a una concepción ecológica.

La fe en el progreso económico por medio de los adelantos técnicos y científicos, fraguada en el llamado Siglo de las Luces y magnificada a lo largo del Siglo XX, todavía hoy nos deslumbra, pese a la cada vez más clara conciencia de que tal progreso viene teniendo lugar a expensas de una naturaleza supuesta ilimitada e inagotable, a la que se expolia de sus recursos para conseguir un crecimiento continuado de bienes y servicios que se torna cada vez menos sostenible.

Este desarrollismo obliga a preservar inamovibles las anticuadas e injustas estructuras de relación y comunicación entre los humanos y entre éstos y la naturaleza a fin de conservar un cierto orden económico, acrecentando todo tipo de desequilibrios, desde económicos a ecológicos, mientras frente a un hiperconsumo anestesiante crece un subconsumo represivo.

Todavía la racionalización energética es una actividad marginal en un modelo económico que incluso se atreve a mantener como objetivo energético final la utilización masiva,

mediante la fusión nuclear, de la aparentemente ilimitada energía contenida en el agua de los mares.

En cualquier caso, la arquitectura no puede ser reducida a un puro racionalismo, pues no conviene olvidar que además de su carácter práctico, el edificio es portador de un mensaje, tiene un claro papel simbólico, aspectos ambos que los técnicos (del griego *tekhné*, arte) habrán de tratar de armonizar, persiguiendo un urbanismo funcional y significativo que no haga abstracción del medio, y creando unas viviendas estimulantes, alegres y saludables: en definitiva, humanas.

En esta necesaria colaboración, conviene quizá recordar que sin la violenta discusión mantenida entre el ingeniero-constructor y el arquitecto-diseñador, edificaciones tan notables como la casa *Fallingwater* (**Frank Lloyd Wright**, 1936) nunca hubiesen podido llegar a término, por carecer del contrapunto estructural técnicamente necesario. El arquitecto amenazó con abandonar la obra si no se le obedecía, y si el ingeniero le hubiese hecho caso, reduciendo las capacidades portantes, los soñadores vuelos de la *Casa de la Cascada* se hubiesen venido abajo [32].

Conviene también recordar que mientras construcciones milenarias contemplan el paso del tiempo y continúan ofreciendo servicio, obras recientes, visualmente admirables, resultan no sólo poco prácticas y apenas funcionales, sino tremendamente frágiles y perecederas.

La exaltación romántica de la originalidad como rasgo distintivo del “verdadero” artista abrió no pocas puertas a la intrusión en todos los ámbitos de numerosos suplantadores que, incapaces en su ignorancia y tosquedad de alcanzar siquiera la categoría de artesanos, desde entonces pretenden con sus “originalidades” ser reconocidos como grandes maestros.

No pocas veces la busca de esta “originalidad” en la arquitectura, despreciando las aportaciones de la ingeniería en sus diversas vertientes y alejándose, en un deplorable e inane afán de notoriedad, de tópicos y modelos de probada eficacia (constructiva, económica, energética) se viene traduciendo en edificaciones de dudosa funcionalidad, cuando no de flagrante ineficacia.

Para concluir, resulta oportuno recordar la sabiduría de aquel suizo-francés llamado Le Corbusier cuando enunciaba que “una casa es una máquina de habitar” y lo completaba con el estrambote de “confortablemente y por muchos años”, como urgente lema vector para que un edificio vuelva a ser algo más que la expresión vacua de la patética vanidad humana, y para que la tantas veces titubeante colaboración entre la Arquitectura y la Ingeniería, recuperando “el derecho al sol”, permita reconducir la construcción y el urbanismo hacia unas ya imprescindibles pautas de sostenibilidad.

8.- Bibliografía

[1] Flores C, 1986, “El carácter de la arquitectura popular. Tal como éramos”, *Guía de la arquitectura popular en España*, Revista del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, nº 334, julio-agosto 1986, pp. 6-16. ISSN 0212-7148.

[2] Luxán García de Diego M., 1994, “Arquitectura bioclimática: una opción abierta y positiva”, *Ciudad y territorio: estudios territoriales*, Revista del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, nº

100-101, julio-agosto 1986, pp. 421-442. ISSN 1133-4762.

[3] Comisión de las Comunidades Europeas, 1994, *Decisión del Consejo, de 23 de noviembre de 1994, por la que se adopta un programa específico de investigación y desarrollo tecnológico, incluida demostración, en el campo de la energía no nuclear para el período 1994-1998 (Programa Joule-Thermie)*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas del 15 de diciembre de 1994, Luxemburgo.

[4] Aguilera J, et al., 1995, *Aplicación de la energía y edificación en Madrid*, Dirección General de Arquitectura de la Comunidad de Madrid, Madrid, p. 1. ISBN 84-451-0746-1.

[5] Lara - Coira M. "Escenario energético mundial". *Dyna Ingenieria e Industria*. Diciembre 2007. Vol. 82-9. p. 471-478.

[6] Vitrubio (Marco Lucio Vitrubio Polion), 1970, *Los diez libros de arquitectura*, Trad. del latín, prólogo y notas de Agustín Blánquez, Iberia, Barcelona.

[7] Faventino (Marco Cetio Faventino), 1979, *Las diversas estructuras del arte arquitectónico o Compendio de Arquitectura*, Trad. del latín, prólogo y notas de Agustín Hevia Ballina, presentación de Enrique Rodríguez Balbín, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Oviedo. ISBN 84-300-0905-1

[8] Olabarrieta B, 2007, "Materiales y métodos constructivos: del hormigón a la bóveda" En *Ingeniería romana en España*, Revista del Ministerio de Fomento, nº 564, julio-agosto 2007, pp. 6-19. ISSN 1577-4589.

[9] Wundram M, Pape T, 1999, *Andrea Palladio*, Taschen, Berlin. ISBN 3-8228-7587-2.

[10] Butti K, Perlin J, 1985, *Un hilo dorado: 2.500 años de arquitectura y tecnología solares*, Hermann Blume, Madrid. ISBN 84-72143112.

[11] Sharp D, 1991, *The Illustrated Encyclopedia of Architects and Architecture*, Quatro Publishing, New York. ISBN 0-8230-2539-X.

[12] Yáñez G, 1988, *Arquitectura solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural*, Monografías de la Dirección General para la Vivienda y Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid. ISBN 84-7433-542-6.

[13] Schulze F, 1985, *Mies van der Rohe, a Critical Biography*, The University of Chicago Press, Chicago. ISBN 0-226-74059-5.

[14] Hoffman D, 1995, *Understanding Frank Lloyd Wright's Architecture*, Dover Publications, New York. ISBN 0-48628364X.

[15] Holm I, 2006, *Ideas and Beliefs in Architecture and Industrial design: How attitudes, orientations, and underlying assumptions shape the build environment*, Oslo School of Architecture and Design, Oslo. ISBN 82-5470-174-1.

[16] Santiago Rodríguez E de, González González FJ, y Pérez Muinelo A. *Habitar entre la tradición y la vanguardia. Arquitectura sostenible para el siglo XXI*, Revista Digital Universitaria, volumen 8, número 7, 10 de julio 2007 [en línea]. Disponible en Internet:

<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num7/art53/int53.htm> [Fecha de acceso 4 de agosto de 2007]. ISSN 1067-6079.

[17] Olgyay V, 1963, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

[18] Givoni B, 1969, *Man, Climate and Architecture*, Elsevier Architectural Science Series, Amsterdam.

[19] Burberry P, 1983, *Ahorro de energía*, Hermann Blume, Madrid. ISBN 84-72142655.

[20] McHarg Ian L., 1969, *Design with Nature*, American Museum of Natural History, New York.

[21] Mazria E, 1979, *The Passive Solar Energy Book*, Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania.

[22] Kron J, and Slesin S, 1978, *High-Tech: The Industrial Style and Source Book for the Home*, Clarkson Potter, New York. ISBN 0-51753262X.

[23] Fuller RB, 1969, *Operating Manual for Spaceship Earth*, Southern Illinois University Press, Carbondale, Illinois.

[24] Moulin F., 2001, *Jean Prouvé. Le Maître du métal*, La Nuée Bleue, Strasbourg.

[25] Alberganti M. "Los ingenieros postergados" *Dyna Ingenieria e Industria*. Mayo 2005. Vol. 84-4. p. 39-40.

[26] *Jean Prouvé - Une architecture par l'industrie*, 1971, Les éditions d'Architecture Artemis, Zurich.

[27] Harrison R, 1992, *Creatures from the Mind of the Engineer. The Architecture of Santiago Calatrava*, Artemis, Zurich.

[28] Rudofsky B, 1964, *Architecture without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*, University of New Mexico Press, Albuquerque, New Mexico, USA, ISBN 1-800-249-7737.

[29] *Guía de la edificación sostenible: calidad energética y medioambiental en edificación*, 1999, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Institut Cerdá, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, Madrid. ISBN 84-49804183.

[30] European Commission, 2003, *European Energy and Transport – Trends to 2030*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. ISBN 92-894-4444-4.

[31] Lovelock JE, 1979, *Gaia: una nueva visión de la vida en la Tierra*, Hermann Blume, Madrid.

[32] Twombly F, 1979, *Frank Lloyd Wright: His Life and Architecture*, Wiley, New York. ISBN 0-47-1034002.

Comparación de tecnologías para la reducción de emisiones contaminantes en autobuses urbanos

Technologies comparison
for exhaust emissions
reduction in urban buses

- Felipe Jiménez-Alonso

Doctor Ingeniero Industrial

Director de la Unidad de Sistemas Inteligentes en Vehículos del INSIA

- José María López-Martínez

Doctor Ingeniero Industrial

Director de la Unidad de Impacto Medioambiental del INSIA

- Francisco Aparicio-Izquierdo

Doctor Ingeniero Industrial

Director del INSIA. Catedrático de Universidad

- Nuria Flores-Holgado

Ingeniero Industrial

Investigadora de la Unidad de Impacto Medioambiental del INSIA

Recibido: 22/05/08 • Aceptado: 20/10/08

ABSTRACT

• Exhaust emissions restrictions are continuously increasing. Engine manufacturers are working in the development of new systems that could control those emissions. In this paper, two alternatives (exhaust gas recirculation + particulate filter and selective catalytic reduction + urea) are compared on urban buses using onboard measurements along a route that includes low and high driving speed stretches. Furthermore, the use of diesel and biodiesel as fuels has been compared too.

• **Key words:** exhaust emissions, SCR, EGR, biofuel

RESUMEN

Las exigencias para reducir la contaminación provocada por los vehículos de carretera son cada vez mayores. Los fabricantes de motores están trabajando en la introducción de nuevos sistemas que controlen dichas emisiones. En este artículo se comparan, mediante ensayos con equipos de medida embarcados, dos alternativas (recirculación de gases de escape + filtro de partículas y catalizador selectivo + urea) en el caso de autobuses urbanos circulando por una ruta tipo que comprende zonas urbanas e interurbanas. Además, se compara el empleo de diesel y biodiesel como combustibles.

Palabras clave: emisiones, SCR, EGR, biocombustible.

1.- INTRODUCCIÓN

La preocupación por el medio ambiente es creciente en las sociedades desarrolladas. El control de la explotación de los recursos naturales y la disminución de la contaminación provocada por la actividad del hombre son grandes prioridades para garantizar un desarrollo sostenible. En concreto, el sector del transporte por carretera es uno de los más ampliamente tratados por su repercusión local y global, lo que ha dado lugar a la búsqueda de soluciones como los vehículos eléctricos o híbridos, las pilas de combustible o el uso de gas natural. Sin embargo, aunque los avances técnicos son

continuos y la introducción de algunas de las soluciones anteriores se prevé de forma paulatina, las mejoras sobre los sistemas actuales son imprescindibles.

En los núcleos urbanos, la principal causa de contaminación es el tráfico rodado, y las administraciones competentes son conscientes de ello, por lo que, cada vez es más frecuente la imposición de exigencias medioambientales a los vehículos de flotas que prestan servicios en las grandes ciudades, como son los autobuses urbanos o los vehículos de recogida de residuos y limpieza de calles (R.S.U.).

En la actualidad las emisiones de los motores de los vehículos industriales de carretera están reguladas por la Directiva 88/77 CE, cuya última modificación es la Directiva 2006/51/CE. Estas normativas anticontaminación son progresivamente más estrictas, lo que provoca que sea necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan alcanzar los límites impuestos, y se tienda hacia soluciones integradas que incluyan al motor, su control, el sistema de inyección y el post-tratamiento de gases.

Por otra parte, la Directiva 2003/30/CE requiere que el uso de biocombustibles alcance en 2010 el 5.75% del total de combustible empleado en los vehículos de la Unión Europea. Actualmente, la solución más viable es el uso de FAME (*Fatty Acid Methyl Esters*) conocido convencionalmente como biodiesel. Con respecto al diesel, el biodiesel es más

respetuoso con el medio ambiente al ser biodegradable, y su combustión reduce ciertas emisiones nocivas.

2.- TECNOLOGÍAS ANALIZADAS

Cuando se persigue el desarrollo de sistemas para la reducción de las emisiones contaminantes dentro del marco de la normativa Euro 4 vigente en la actualidad, surge el problema principal de no poder reducir de forma simultánea los óxidos de nitrógeno y las partículas. Para lograr ese doble objetivo se plantean dos alternativas: recirculación de gases de escape (conocido por las siglas anglosajonas EGR) con filtro de partículas (DPF), y catalizador selectivo (SCR) con urea.

2.1 RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE Y FILTRO DE PARTÍCULAS (EGR + DPF)

El principio del sistema EGR consiste en la reducción de los NOx (figura 1) bajando la temperatura de combustión mediante la reintroducción de una pequeña parte de los gases de escape, previamente enfriados, en la cámara de combustión. La contrapartida a este efecto es el incremento de las emisiones de partículas, que son reducidas posteriormente mediante un filtro. Los beneficios de esta estrategia han sido corroborados en diversos estudios y, en Europa, se viene usando desde hace 7 años.

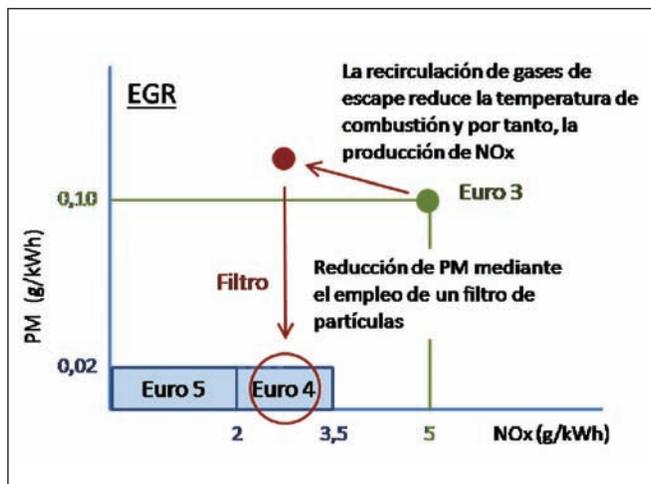


Figura 1: Estrategia de control de misiones del sistema EGR + DPF

El gas de escape se extrae del colector de escape mediante un conducto hacia el colector de admisión, justo después de la mariposa de admisión. La cantidad de EGR puede alcanzar hasta el 30%, dependiendo del tipo de motor y de la condición operativa. El gas del escape recirculado se combina con los residuales del ciclo anterior para disminuir la temperatura máxima de combustión. El gasto de EGR se regula a través de la unidad de control electrónico del motor, estando definido como:

$$EGR = \frac{m_{EGR}}{m_{adm}} \times 100$$

La fracción total de residuales en el cilindro durante la carrera de compresión:

$$x_{escape} = (EGR/100)(1 - x_r) + x_r$$

donde x_r es el gas residual del ciclo anterior.

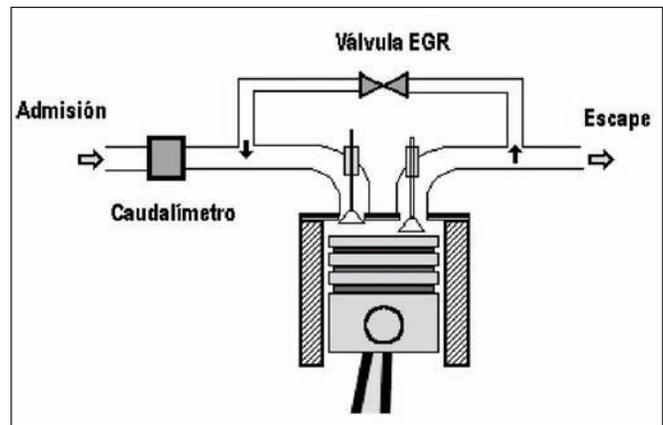


Figura 2: Esquema de un sistema de EGR para un MEC

El EGR no solamente reduce la temperatura máxima de combustión, sino que también ralentiza el proceso de combustión, disminuyendo el rendimiento del motor. Según se incrementa el EGR, el porcentaje de ciclos de combustión lenta e ineficiente se incrementa también. Además, el incremento del EGR conduce a ciclos de combustión parcial, y en el límite, puede conducir al apagado de llama. Así, la utilización del EGR para reducir los NOx, puede pagar un alto precio tanto por el incremento de los HC, como por la disminución del rendimiento térmico del motor.

La cantidad de EGR es controlada por la unidad de gestión del motor. Las menores concentraciones de NOx, junto con un bajo consumo, tienen lugar cuando la mezcla es la estequiométrica, con una cantidad de EGR la máxima posible sin afectar adversamente al proceso de combustión

2.2 CATALIZADOR SELECTIVO + UREA (SCR + UREA)

Optimizando las condiciones de combustión del motor, se logran considerables reducciones en la formación de

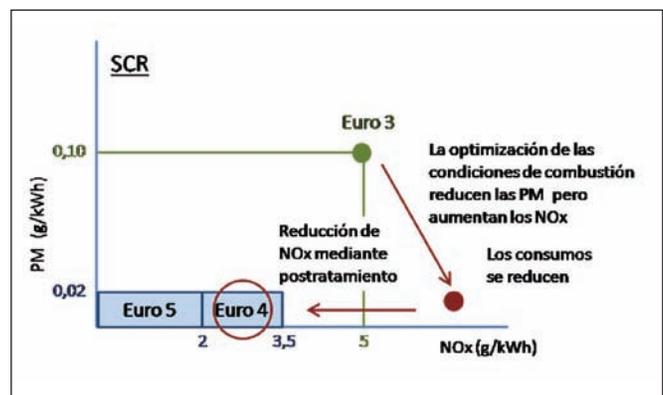
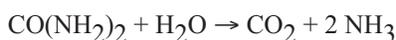


Figura 3: Estrategia de control de misiones del sistema SCR + urea

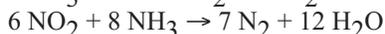
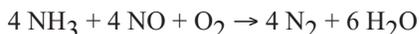
Planteamiento de ensayos de vehículo en ruta

partículas y en el consumo (figura 3). Sin embargo, los NOx aumentan, con lo que deben ser eliminados en un post-tratamiento de gases de escape empleando un catalizador selectivo, para lo cual se requiere un suministro continuo de una solución acuosa de urea al 32,5% + 0,5% como agente reductor. En el catalizador SCR, los NOx se eliminan, en presencia de amoníaco (NH₃), dando agua y nitrógeno (N₂), donde el NH₃ se obtiene a partir de la urea por hidrólisis a altas temperaturas. Esta solución, que se ha empleado desde hace muchos años en aplicaciones estacionarias, empezó a aplicarse a vehículos pesados en la Unión Europea en 1992 por un consorcio formado por Daimler Chrysler, MAN, Iveco y Siemens AG.

Como se ha comentado, se coloca en el escape del motor el catalizador SCR con un sistema de inyección de urea (ver figura 4). La urea se mezcla con el agua para dar amoníaco:



El amoníaco en presencia de un catalizador actúa sobre los NO_x, mediante las siguientes reacciones:



Pruebas de larga duración han demostrado una disminución en las emisiones de NO_x entre un 63-68%.

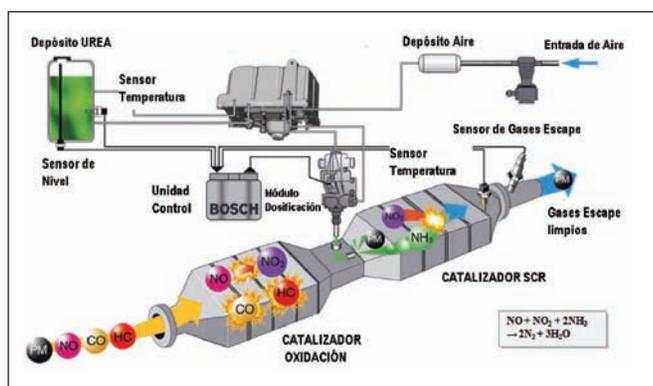


Figura 4: Esquema de funcionamiento de un catalizador de SCR con un sistema de inyección de urea. Dicho catalizador viene precedido de un catalizador de oxidación (Fuente: Bosch)

3.- COMPARACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES

Para la selección de los vehículos de una flota importante, como, por ejemplo, la de autobuses urbanos de una gran ciudad, resulta de capital importancia tener cuantificada la efectividad de las diferentes tecnologías disponibles. La comparación de dicha efectividad de las tecnologías de post-tratamiento anteriores puede realizarse sobre bancos



dinamométricos, para lo que existen ciclos estándar definidos, o mediante ensayos en circulación normal, lo que reproduce las condiciones usuales de funcionamiento del vehículo. Evidentemente, esta segunda opción resulta más realista siempre que sea viable y, por ello, la comparación aquí planteada se presenta en ruta real, midiendo las emisiones y el consumo mediante un equipo embarcado.

3.1 PLANTEAMIENTO DE ENSAYOS DE VEHÍCULO EN RUTA

Los ensayos se realizaron sobre una ruta de 15,5 km diseñada por la Empresa Municipal de Transportes de Madrid para la prueba de sus autobuses nuevos. Dicha ruta comprende zonas de circulación a baja velocidad, con semáforos, rotondas y pasos de peatones, y otras zonas de alta velocidad por autovía. Se emplearon dos autobuses diesel de inyección directa que cumplen con los requerimientos de la normativa Euro 4, cada uno con un sistema de post-tratamiento. Adicionalmente, se utilizaron 3 combustibles: diesel, biodiesel al 20% (B20) y biodiesel al 100% (B100). Cada ensayo fue repetido 5 veces observando que los perfiles de velocidades se encontraban en el rango especificado.

Para realizar las mediciones bajo condiciones normales de uso, se empleó el equipo Horiba OBS 2200, que adquiere de forma continua las emisiones de CO, CO₂, THC y NOx, así como el consumo de combustible y la



Figura 5: Instalación del equipo de medida

velocidad de circulación en cada momento. Adicionalmente, permite la entrada sincronizada de señales analógicas de otros equipos, como el medidor de partículas de Maha. La figura 5 muestra el montaje de los equipos en uno de los vehículos.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS

En las figuras 6 y 7 se comparan las emisiones instantáneas de NOx y partículas con los dos sistemas de post-tratamiento a lo largo de la ruta, con diesel como combustible. En la primera se observa que el sistema SCR+urea se comporta mejor, salvo en situaciones de circulación extraurbana. Un comportamiento opuesto se encuentra para la evolución de las partículas, las cuales son mejor controladas por el sistema EGR+DPF, que elimina los fuertes transitorios que aparecen en los procesos de aceleración con la tecnología SCR + urea.

Una comparación más exhaustiva se presenta en la tabla 1, que recoge los valores agregados a lo largo de toda la ruta para cada situación de ensayo.

Como se puede observar, las emisiones de CO se mantienen bajas, dado que los fabricantes de motores consiguen cumplir los límites con cierta facilidad. Estas emisiones se forman en las fases intermedias de la combustión y se reducen con un aumento de la concentración

de metil ester en la mezcla. Sin embargo, esta mayor proporción conlleva aumentos de los óxidos de nitrógeno. Por el contrario, a causa de las diferencias en cuanto a densidad y poder calorífico de los combustibles, el biodiesel presenta un mayor consumo, lo que conlleva un aumento de las emisiones totales de CO₂. Al comparar los valores promedio obtenidos para cada tecnología, el sistema EGR+DPF proporciona un mejor comportamiento en cuanto a emisiones de CO y partículas, mientras que la tecnología SCR + urea ofrece resultados más positivos en CO₂ y NOx.

Para realizar las mediciones bajo condiciones normales de uso, se empleó el equipo Horiba OBS 2200, que adquiere de forma continua las emisiones de CO, CO₂, THC y NOx, así como el consumo de combustible y la velocidad de circulación en cada momento

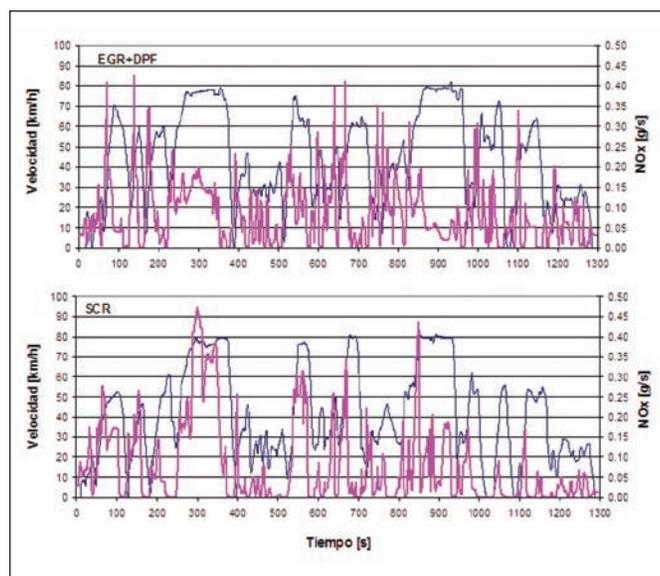


Figura 6: Comparación de las emisiones instantáneas de NOx entre los sistemas EGR+DPF y SCR+urea

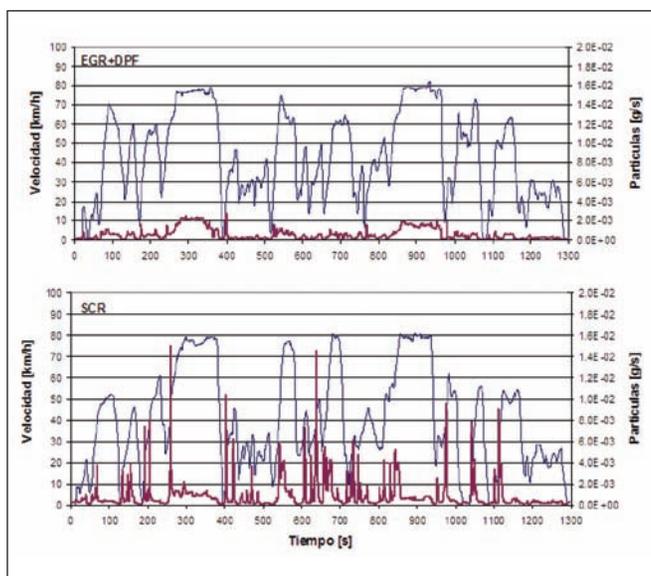


Figura 7: Comparación de las emisiones instantáneas de partículas entre los sistemas EGR+DPF y SCR+urea

	EGR + DPF			SCR + UREA		
	B20	B100	Diesel	B20	B100	Diesel
Diesel	B20	B100	Diesel	B20	B100	Diesel
CO (g/km)	0.250	0.154	0.069	1.716	1.477	1.041
CO2 (g/km)	913.822	926.301	954.932	864.98	886.841	889.117
THC (g/km)	0.068	0.042	0.044	0.053	0.054	0.043
NOx (g/km)	6.925	8.261	8.580	6.121	6.517	8.460
Partículas (g/km)	0.049	0.025	0.026	0.073	0.053	0.029
Combustible (l/100 km)	34.042	35.401	38.522	32.308	33.896	35.868

Tabla 1: Emisiones contaminantes agregadas en la ruta.

Los ensayos realizados en autobuses urbanos sobre ruta real corroboran que el biodiesel reduce las partículas emitidas, pero los óxidos de nitrógeno y el consumo se ven incrementados. A pesar de algunas de estas desventajas, los biocombustibles pueden contemplarse como una alternativa viable al ser no fósiles y presentar una combustión libre de óxidos de azufre.

4.- CONCLUSIONES

Los ensayos realizados en autobuses urbanos sobre ruta real corroboran que el biodiesel reduce las partículas emitidas, pero los óxidos de nitrógeno y el consumo se ven incrementados. A pesar de algunas de estas desventajas, los biocombustibles pueden contemplarse como una alternativa viable al ser no fósiles y presentar una combustión libre de óxidos de azufre.

Por otra parte, la tecnología SCR + urea ofrece mejores resultados que la EGR + DPF en todos los indicadores excepto en las emisiones de CO y partículas, lo que prueba la dificultad de reducir todas las emisiones de forma simultánea. A pesar de las ventajas de la tecnología SCR como la economía de combustible y su insensibilidad a combustibles con alto contenido en azufre, debe hacer frente a problemas como la necesidad de disponer de una red de suministro de urea. Por último, se hace notar que, si bien la normativa Euro 4 ha marcado el inicio del control de las emisiones de NOx con EGR + DPF o SCR + urea, cabe preguntarse si estos sistemas de post-tratamiento son suficientes para cumplir la normativa Euro 5 (efectiva a partir de 2009) y, en este sentido, parece claro que la normativa Euro 6 (efectiva a partir de 2012) implicará el uso de EGR enfriado, acompañado de SCR y filtro de partículas.

5.- AGRADECIMIENTOS

El trabajo presentado en este artículo ha sido financiado por el Ministerio de Medio Ambiente de España, la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT) y el Ayuntamiento de Madrid.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Canakci M, Erdil A, Arcaklioglu E. "Performance and Exhaust Emissions of a Biodiesel Engine". *Applied Energy*, 2006. Vol 83, num 6, pag 594-605.
- Chatferjes S, Conway R, Viswanathan S, Blomquist M, Anderson S. "NOx and PM control from Heavy Duty Diesel Engines using a combination of Low Pressure EGR and Continuously Regenerating Diesel Particulate Filter". *SAE Series*. Paper Num. 2003-01-0048.
- Frey H, Christopher Roupail, Nagui M, Zhai Haibo, Farias Tiago L., Gonçalves, Gonzalo A.

"Comparing real-world fuel consumption for diesel-and hydrogen-fueled transit buses and implication for emissions". *Transportation Research Part D*, 2007. Vol 12, núm 4, pp 281-291.

- EUROPEAN COMMISSION (2001). *White Paper: European Transport policy for 2010: time to decide*. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities. 2001, 126 p. ISBN 92-894-0341-1.

- Fritz Nicole, Mueller Raimund, Zwerbig Juergen. Mathes Weiland. "On-Road Demonstration of NOx Emission Control for Diesel Trucks with SINOx™ Urea SCR System". *SAE Series*. Paper Num. 1999-01-0111.

- Martínez-Val Piera JM. "El Paso de la Combustión Convencional a la economía del Hidrógeno". *DYNA Ingeniería e Industria* Abril 2005. Vol. 80-3, p.13-22.

- Nylund Nils-Olof, Erkkilä Kimmo, Lappi Maija, Ikonen Markku. *Transit Bus Emission Study: Comparison of Emissions from Diesel and Natural Gas Buses*. Finlandia: VTT, 2004, 63 p.

- Pelkmans Luc, Debal Patrick. "Comparison of on-Road Emission with Emissions Measured on Chassis Dynamometer Test Cycles". *Transportation Research Part D* 2006. Vol 11, núm 4, pag 233-241.

- Roby F. "La motorización híbrida: el automóvil que recupera energía". *DYNA Ingeniería e Industria*. 2006. Vol. 81-6, p. 17-19.

- Unión Europea. Directiva 2006/51/CE de 6 de junio de 2006 por la que se modifican, para adaptarlos al progreso técnico, el anexo I de la Directiva 2005/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y los anexos IV y V de la Directiva 2005/78/CE por lo que se refiere a los requisitos del sistema de supervisión del control de emisiones utilizable en los vehículos y a las exenciones aplicables a los motores de gas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 7 de junio de 2006.

- Unión Europea Directiva 2003/30/CE de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 17 de mayo de 2003.

Proyecto Cetica:

La ciudad Eco-Tecno-Lógica



Cetica project:
The Eco-Thecno-Logical city

- Faustino Obeso-Carrera
- María José Sánchez-Sánchez
- Ricardo Tucho-Alonso
- Leticia Zárate-Pastur

Ingeniero Industrial
Ingeniero de Caminos
Ingeniero Industrial
Licenciada en Física

Arcelor Mital
Arcelor Mital
Arcelor Mital
Arcelor Mital

Recibido: 14/07/08 • Aceptado: 22/09/08

ABSTRACT

• *The objective of the project is to design and to develop new and advanced materials and constructive systems, based on steel, for a new model of building efficient echo energetically, inside a sustainable development with a clear orientation towards the final user.*

The project will allow to industrialize the construction sector in a steel base, which a technological jump will suppose for the companies participants, providing them with aptitude to develop new products and processes of automatic manufacture for the obtaining of advanced solutions in the buildings and future cities; this technological development will be the base for a sustainable growth of the same ones. The steel, as ecological material (sustainable, recyclable and reusable), is compatible with the technologies of construction in factory, constituting an ally for the industrialized systems.

• **Key Words:** steel, sustainability, building, industrialization, new materials.

RESUMEN

El objetivo del proyecto es diseñar y desarrollar nuevos y avanzados materiales y sistemas constructivos, basados en acero, para un nuevo modelo de edificación eco-eficiente energéticamente, dentro de un desarrollo sostenible con una clara orientación hacia el usuario final.

El proyecto permitirá industrializar el sector de la construcción en base acero, lo cual supondrá un salto tecnológico para las empresas participantes, dotándolas de capacidad para desarrollar nuevos productos y procesos de fabricación automatizada para la obtención de soluciones avanzadas en las edificaciones y ciudades futuras; este desarrollo tecnológico será la base para un crecimiento sostenible de las mismas. El acero, como material ecológico (sostenible, reciclable y reutilizable), es compatible con las técnicas de construcción en fábrica, constituyendo un aliado para los sistemas industrializados.

Palabras Clave: acero, sostenibilidad, edificación, industrialización, nuevos materiales.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto “La ciudad eco-tecno-lógica” (CETICA) ha sido uno de los 16 proyectos aprobados por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) en la tercera convocatoria del Programa CENIT, que

forma parte del Programa Ingenio 2010. La duración del proyecto es de tres años y medio, tuvo su inicio el pasado Julio de 2007 y su finalización está prevista para Diciembre 2010; cuenta con un presupuesto de 24,3 millones de euros

Se ha constituido un consorcio de 15 empresas y otros tantos organismos de investigación. Entre las empresas se encuentran fabricantes de acero (ArcelorMittal, como líder del consorcio), constructoras (Acciona Infraestructuras), desarrolladores e integradores de componentes constructivos (Modultec), suministradores de soluciones automatizadas para la fabricación en serie de componentes (Ingemat), desarrolladores y fabricantes de sistemas eléctrico-electrónicos (Grupo Temper) y nuevos sistemas basados en energías alternativas (Acciona Energía Solar, Gas Natural), desarrolladores de infraestructuras y servicios para sistemas de información y telecomunicaciones (SATEC) o de instrumentación y control para energías renovables (Grupo Ingeteam). Además el consorcio se ha reforzado con una agencia de desarrollo urbanístico (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona), una empresa municipal de vivienda (Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid), un estudio de arquitectura (Ecosistema Urbano Arquitectos), una ingeniería especializada en construcción metálica (TECTUM), otra ingeniería especializada en diseño industrial y

simulación de productos y procesos complejos (AST) y una asociación para el desarrollo técnico de nuevos usos del acero (APTA).

Tanto las Universidades como los Centros Tecnológicos que participan en el proyecto poseen conocimientos clave para el éxito del mismo, una amplia experiencia de cooperación con las empresas del sector y la capacidad para abordar los retos tecnológicos propuestos: **Fundación ITMA, Labein, Fatronik, CEIT, CEDEX, CIEMAT, CENER, LITEC, CTIC, CIMNE-Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Universidad de Oviedo, Universidad Pública de Navarra, Fundación Agustín de Betancourt, Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad Politécnica de Madrid.**

2. NECESIDAD DEL PROYECTO

La construcción es uno de los sectores más relevantes de la economía española por múltiples razones. De forma directa, su Valor Añadido Bruto representó en el 2006 más del 10,9 por 100 del PIB, del 13,9 por 100 del empleo y del 58,7 por 100 de la inversión, además de generar potentes efectos indirectos inducidos de arrastre sobre otros sectores económicos. Esta importante repercusión sobre el PIB nacional no se ha traducido, sin embargo, en una repercusión notoria ni sobre el tejido industrial, ni sobre las actividades investigadoras y de innovación relacionadas con el sector. La construcción se mantiene como una actividad tradicional, rígida, anclada en métodos y procesos que provocan notables impactos y que la hacen poco eficiente y poco sostenible desde los puntos de vista medioambiental, económico y social:

- Elevados costes de no calidad
- Altos índices de siniestralidad laboral
- Elevado nivel de residuos de edificación y demolición

El acero puede convertirse en el motor que revolucione tecnológicamente el sector de la construcción contribuyendo a la generación de nuevas actividades industriales que respondan a la búsqueda de alternativas tecnológicas más innovadoras y sostenibles que las soluciones tradicionales empleadas actualmente en edificación.

Esta alianza estratégica entre el acero y la construcción ha identificado los siguientes retos comunes para liderar un salto tecnológico que propicie la aparición de nuevos subsectores de fabricantes de componentes industrializados para la construcción basada en acero:

- Industrializar el sector de la construcción en base acero
- Aumentar el nivel tecnológico de las empresas de este sector
- Desarrollar nuevos componentes con alto valor añadido para la construcción
- Generar un nuevo tejido empresarial competitivo a nivel internacional
- Crear nichos de mercado alternativos y vías de diversificación profesional para actividades desarrolladas por sectores industriales maduros (sector automovilístico)
- Fomentar la creación de empleo de calidad mediante la aparición de nuevas oportunidades abiertas a las iniciativas emprendedoras en el sector industrial

- Reducir la alta siniestralidad laboral en la construcción a través de la ubicación de procesos de fabricación y montaje en entornos controlados, y de la disminución de tiempo de montaje en obra

- Mejorar la eficiencia energética en edificación mediante el desarrollo de nuevos componentes activos y pasivos

- Disminuir los impactos en el entorno construido, derivados de las actividades de construcción “in-situ” como ruidos, contaminación u ocupación del espacio público

- Disminuir el nivel de residuos de edificación y demolición

- Generar modelos urbanos ricos, estructurados, más sostenibles y orientados hacia las personas

Todos estos retos encajan dentro de las líneas estratégicas de la *Plataforma Tecnológica Española del Acero* (PLATEA) [2] y de la *Plataforma Tecnológica Europea del Acero* (ESTEP) [3]. Ambas Plataformas proponen en sus respectivas Agendas Estratégicas de Investigación (AEI), líneas de investigación estratégicas conjuntas para la industria del acero y el sector de la construcción, que coinciden con las propuestas en este proyecto. Asimismo, los objetivos del proyecto son también compartidos por las Plataformas Tecnológicas Europea y Española de la Construcción.

España ha dejado pasar una coyuntura económica extraordinaria en el sector de la construcción, sin obtener los beneficios lógicos derivados de un mercado interno tan potente. Es preciso, en la nueva coyuntura que se presenta, más desfavorable, la creación de estructuras más flexibles y adaptables a los cambios del sector y la generación de un entorno industrial fuerte con tecnología avanzada que aporte mayor valor añadido.

La participación de los sectores del acero y de la construcción garantiza el fuerte impacto del proyecto, que permitirá a nuestras empresas industriales mejorar su competitividad así como posicionarse ventajosamente en el ámbito internacional.

3. OBJETIVOS

El proyecto se divide en 4 grandes bloques:

3.1. MATERIALES (SOLUCIONES EN ACERO Y MULTIMATERIALES)

- Diseño y desarrollo de nuevos aceros y otros materiales basados en acero con altas prestaciones.

España ha dejado pasar una coyuntura económica extraordinaria en el sector de la construcción, sin obtener los beneficios lógicos derivados de un mercado interno tan potente

- Diseño y desarrollo de recubrimientos avanzados con capacidad de captación energética, con nuevas funcionalidades y alto valor añadido.

- Soluciones híbridas multimateriales soporte de los componentes y unidades constructivas. Uniones de elementos y unidades.

3.2. INDUSTRIALIZACIÓN (COMPONENTES Y PROCESOS)

- Diseño de componentes constructivos y desarrollo de los procesos de fabricación (cadena de producción), que permitan industrializar la producción de componentes obteniendo Componentes Constructivos Industrializados basados en Acero (CIBAs).

- Diseño de la integración de componentes multimateriales con base acero en Unidades Constructivas Avanzadas (UCAs) que den valor añadido al producto como superficies con características especiales (autolimpiables o captadoras de energía), sensores y otros de instrumentación soporte de la inteligencia ambiental orientada al usuario

- Desarrollo de metodologías para universalizar y sistematizar la construcción en campo, permitiendo la mejora tanto de la nueva construcción, como la adición de nuevos elementos en el futuro que permitan reducir los tiempos de montaje en obra y por ello reducir la siniestralidad laboral, optimizando la cadena de suministro.

- Diseño de rehabilitación en entornos urbanos, con nuevas soluciones basadas en acero, de fácil reciclado y reutilización.

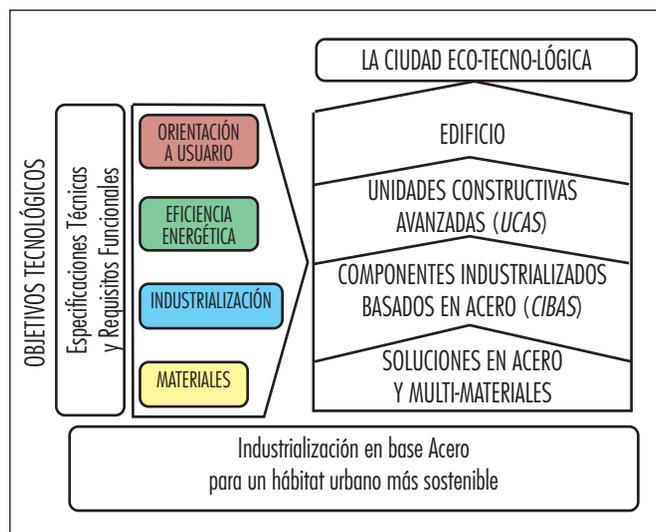


Fig. 1 Visión global del proyecto

3.3. ENERGÍA (GENERACIÓN Y SUMINISTRO / ADAPTACIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICA)

- Desarrollo de sistemas basados en energías renovables que posibiliten la poligeneración térmica y eléctrica, y que permitan mejorar la eficiencia energética de la edificación, para avanzar hacia la autosuficiencia energética.

- Desarrollo de unidades de captadores solares de nueva concepción y con nuevos materiales, y de sistemas de cogeneración integrables en el entorno. Asimismo los

materiales con recubrimientos activos energéticamente, serán integrados en el conjunto.

- Planificación y gestión inteligente del uso de recursos energéticos, con el desarrollo de microrredes como medio de optimizar resultados.

3.4. USUARIO (INTELIGENCIA AMBIENTAL Y ECOSISTEMA URBANO)

- Diseño, desarrollo e integración del conjunto de elementos activos y pasivos de la edificación (energéticos, sensóricos, instrumentación y control), que permitan un uso óptimo de los recursos del edificio, orientado a dos aspectos: minimizar costes y conseguir el confort y bienestar de las personas en un entorno más accesible

- Generar **modelos urbanos** ricos, estructurados, más sostenibles y orientados hacia las personas mediante criterios de planificación para la adaptación de un nuevo modelo constructivo basado en acero según los requerimientos de ordenación y remodelación urbana.

4. ACTIVIDADES

El proyecto se divide en 8 actividades relacionadas entre sí:

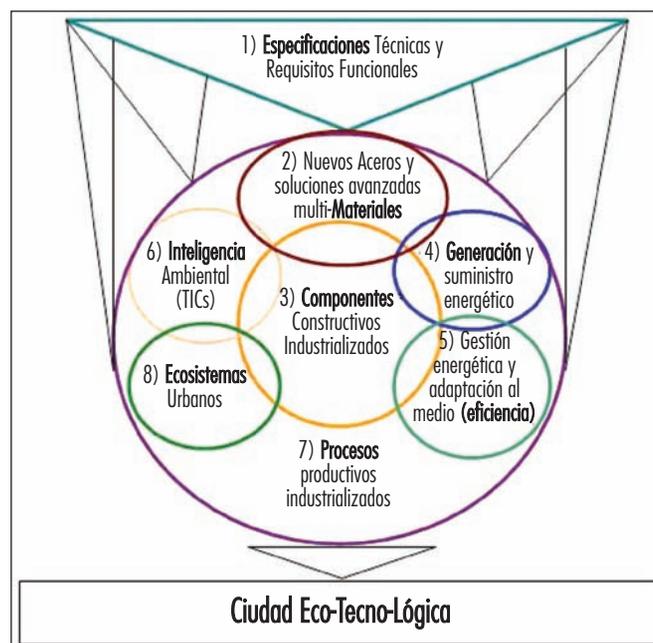


Fig. 2 Actividades del proyecto

En el presente artículo nos centramos en las Actividades 3, de Componentes Constructivos Industrializados, y en la Actividad 7 de Procesos Productivos Industrializados, por ser las actividades encauzadas al desarrollo de sistemas y productos constructivos.

5. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.

La Actividad 3 tiene por misión generar el conocimiento y los desarrollos tecnológicos necesarios para una edificación

La construcción es uno de los sectores más relevantes de la economía española por múltiples razones

en base al acero mediante componentes constructivos industrializados que proporcionen edificios y procesos edificatorios más sostenibles.

Para ello se plantean los siguientes objetivos técnicos:

- Desarrollar estructuras estandarizadas de edificación basadas en Componentes Constructivos Industrializados en Base Acero (CIBAs): 100% reciclables, reutilizables en más de un 50%, 0% de residuos de fabricación y demolición y contenido reciclado en más de un 50%.

- Desarrollar Unidades Constructivas Avanzadas (UCAs) con soporte estructural proporcionado por CIBAs y acabadas en taller para su montaje semi-automatizado en obra. 100% reciclables, 0% residuos de fabricación y demolición, integrarán sistemas de generación de energía e incluirán sensores que doten al edificio de inteligencia ambiental.

- Integrar en el proceso de diseño a los usuarios y a los agentes involucrados en industrialización de los componentes constructivos mediante plataformas de trabajo colaborativo que permitan definir el proyecto mediante la combinación de familias de CIBAs y UCAs.

El proyecto se encuentra en su primer año de desarrollo, y según el planning previsto, los trabajos desarrollados hasta la fecha se han centrado en la investigación para la concepción de los Componentes Constructivos Industrializados en Base Acero (CIBAs).

Resulta importante remarcar que puesto que los CIBAs servirán de soporte estructural para el desarrollo de las UCAs, se tiene presente la estrategia global de diseño de productos y de las prestaciones que se pretende satisfacer con los mismos, por lo que en ocasiones no basta con considerar el componente como un mero soporte estructural sino que se tendrá en consideración el uso final que se le pretende dar bajo una perspectiva más amplia teniendo presente el resto de tareas a desarrollar en el transcurso del proyecto.

Se identificaron las líneas estratégicas que deben seguir los CIBAs que se desarrollarán a lo largo del proyecto.

Para ello se parte del estado actual del arte, analizando los productos y tecnologías que existen en el mercado internacional y se realiza un análisis DAFO de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. De esta forma se identifican las líneas de acción para el desarrollo de nuevos productos en base a acero.

El análisis estratégico se realiza diferenciando tres tipologías diferentes de componentes constructivos:

- *Elementos unidimensionales (1D)*: en la mayoría de los casos atienden a la estructura principal del edificio que soporta las cargas principales y por lo tanto, estos se realizarán con perfiles de acero laminado en caliente

- *Elementos bidimensionales (2D)*: soluciones basadas en perfiles conformados en frío para la generación de paneles en forma de forjados, fachadas, tabiques o cubiertas.

- *Elementos tridimensionales (3D)*: El tratamiento de este producto, más abierto y amplio que los anteriores se enfoca en un análisis de diversos elementos tridimensionales, tanto para soportar cargas como para conformar espacios cerrados, por lo que se compondrán tanto de aceros laminados en caliente como de conformados en frío.

5.1 CIBAS 1D

Las conclusiones respecto de los elementos unidimensionales, resultado del análisis estratégico y del DAFO, proporcionan las siguientes líneas de actuación:

- Desarrollo de soluciones estructurales estandarizadas para su implementación en procesos de construcción industrializados de ejecución más segura y rápida.

- Desarrollo de nuevas soluciones estructurales basadas en perfiles laminados en caliente con prestaciones mejoradas mediante el uso de nuevos aceros o revestimientos innovadores.

- Desarrollo de soluciones estructurales estandarizadas para la minimización de impactos medioambientales en edificación.

- Análisis comparativo de impactos medioambientales asociados a soluciones estructurales alternativas a las de los perfiles laminados en caliente. Ventajas en el proceso de fabricación, reciclabilidad y cantidad de reciclado en los aceros.



Fig. 3 Edificio a base de vigas y pilares unidimensionales de acero

5.2 CIBAS 2D

Para el caso de los elementos bidimensionales, se proponen las siguientes líneas de actuación:

- Desarrollo de soluciones estandarizadas para su implementación en procesos de construcción en seco industrializados de ejecución más segura, rápida y limpia.



Fig. 4 Forjados y paneles de fachada en base acero

- Desarrollo de componentes, tanto estructurales como no estructurales, compatibles con diferentes sistemas de construcción industrializada.

- Desarrollo de soluciones en base a componentes desmontables e intercambiables de fácil ensamblaje y que permitan su de-construcción al final de su vida útil.

- Análisis comparativo de impactos medioambientales asociados a soluciones alternativas a los perfiles conformados en frío. Ventajas en el proceso de fabricación, reciclabilidad y cantidad de reciclado en los aceros. Componentes desmontables sin demolición.

5.3 CIBAS 3D

Finalmente para el caso de los elementos tridimensionales, las líneas de actuación propuestas son las siguientes:

- Desarrollo de componentes tridimensionales modulares con un nivel de estandarización mínimo que permitan su empleo en proyectos de edificación diversos (familias de módulos abiertos, cerrados...).

- Estudio del valor del módulo y su relación con la optimización para el transporte, pudiendo emplearse una de las siguientes fórmulas:

- Módulos 3D que se transportan desmontados en 2D y 1D para su fácil ensamblaje en obra.



Fig. 5 Módulos tridimensionales en base acero

- Módulos de alto valor añadido capaces de ser transportados montados en transporte ordinario sin necesidad de recurrir a transportes especiales.

- Desarrollo de soluciones 3D en base a paredes separadoras de habitaciones, viviendas o zonas húmedas (cocinas y baños).

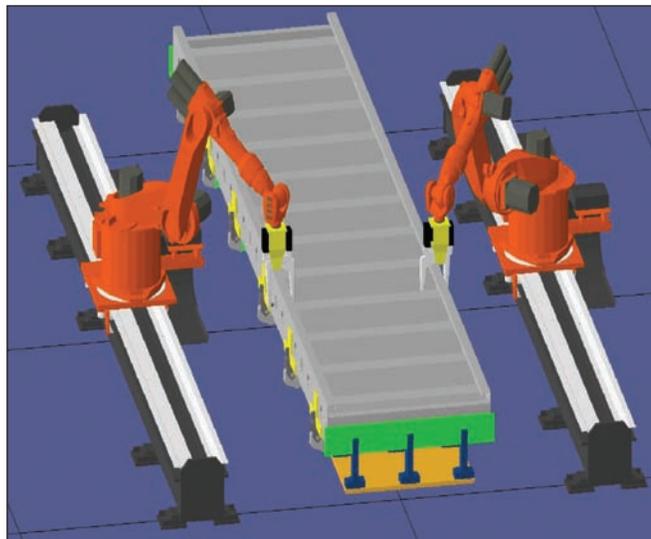


Fig. 6 Proceso de fabricación industrializada de forjado

6. PROCESOS PRODUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS

En cuanto a la industrialización de la construcción, el proyecto CETICA lo entiende como una organización del proceso productivo que implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción y gestión, bajo la perspectiva de una lógica que define la industrialización como la combinación de:

RACIONALIZACIÓN + PREFABRICACIÓN + AUTOMATIZACIÓN

Por tanto, el grado de industrialización no depende de la precisión, calidad o nivel tecnológico aplicados en la fabricación de cada uno de sus componentes; sino de su integración para formar un todo; así, pueden emplearse componentes de elevada tecnología como elementos de una construcción tradicional.

En cuanto a los componentes constructivos, a su fabricación y a lo que su puesta en obra se refiere, las características básicas identificadas para una construcción industrializada son las siguientes:

- Prefabricación de los componentes y elementos constructivos en instalaciones diferentes al lugar de montaje final. No implica necesariamente el uso de materiales nuevos, sino nuevas formas de aplicación o combinación de los materiales.

- Aplicación de tecnologías avanzadas en la fabricación y ensamblaje de componentes. Producción en serie de los componentes y elementos constructivos con tecnologías de automatización.

> el grupo holandés SAR estableció las bases para el análisis de la flexibilidad y versatilidad en el marco de la edificación urbana.



- Reducción e incluso eliminación de tiempos de espera y acopio en obra: concepto “just-in-time”.
- Racionalización y mecanización de las operaciones de montaje de los componentes en obra.
- Introducción de nuevas técnicas de gestión de la producción.

Antes de comenzar cualquier proceso de industrialización es imperativo, para la correcta definición de los componentes, disponer de unos grados mínimos de estandarización que permitan la viabilidad de una producción industrializada.

En la década de los setenta del pasado siglo, en paralelo con la denominada segunda generación de la industrialización, el grupo holandés SAR [4] estableció las bases para el análisis de la flexibilidad y versatilidad en el marco de la edificación urbana. En un principio, el grupo SAR redujo el ámbito de sus investigaciones a las configuraciones en planta de viviendas colectivas.

En el proyecto CETICA se adoptan estas bases para que, desde la fase de diseño del edificio, se establezca una adecuada orientación para la posterior definición, mediante “descomposición” del edificio, en unos componentes constructivos estandarizados pero permitiendo la suficiente flexibilidad para su adaptación a exigencias particulares del propio edificio o de los usuarios.

7. CONCLUSIONES

Al término del proyecto, en Diciembre de 2010, se esperan haber desarrollado los siguientes aspectos:

- Ciudad del futuro, energéticamente eficiente y sostenible.
- Industrialización de la construcción en base acero.
- Seguridad en la construcción (fabricación no in-situ).
- Reciclado y reutilización de materiales.
- Mejora del confort y bienestar de las personas.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] SEOPAN Observatorio de la Construcción, “Informe Anual de la Construcción 2006”, Madrid, julio 2007

[2] PLATEA Plataforma Tecnológica Española del Acero, “Agenda Estratégica de Investigación”, Septiembre 2006.

Disponible en Web:
http://www.unesid.org/platea/html/documentos/PLATEA_AEI_Cap4.pdf

[3] ESTEP European Steel Technology Platform, “Strategic Research Agenda”, Brussels, April 2005.

Disponible en Web:
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/coal-steel-rtd/docs/events-infostp_sra-summary.pdf

[4] SAR Group (Stichting Architecten Research), formado en 1964 por diez arquitectos holandeses, con el propósito de investigar en el campo de la arquitectura sobre estrategias en el diseño y construcción de viviendas colectivas.

Disponible en Internet:
http://www.habraken.com/html/on_sar.htm

Energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos.

Estado actual y perspectivas a nivel mundial



**Geothermal power production.
Worldwide current status and
perspectives.**

César Chamorro-Camazón
Dr. Ingeniero Industrial
Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica.
Universidad de Valladolid

Recibido:30/09/08 • Aceptado: 31/12/08

ABSTRACT

- *Geothermal energy is used today in several countries for electrical power production. Although technology used is well established, it represents only a small percentage of world electricity production due to the fact that only some of the scarce high temperature reservoirs existing in the world are used. Nowadays the development of new exploitation techniques will convert in limitless, in a humanity-needs scale, this renewable resource. Some studies foresee that geothermal power production will be a key stone in the supply of electricity worldwide in a few years. Today rapid growing of the number of geothermal installations in Germany is a clear example of what may happen in other countries in a near future.*
- **Key words:** Energy, Renewable energy, Geothermal energy, Power production, Energy perspectives.

RESUMEN

La energía geotérmica se utiliza en la actualidad para producir energía eléctrica en numerosos países. La producción total representa hoy en día un pequeño porcentaje de las necesidades mundiales de energía. La tecnología utilizada es similar a la de otras instalaciones del sector de generación eléctrica, por lo que está totalmente desarrollada, pero sólo se utilizan algunos de los escasos yacimientos de alta temperatura que existen en el mundo. Actualmente se están produciendo avances en las técnicas de explotación que presagian un cambio en la importancia relativa de esta forma de energía renovable. Estas nuevas técnicas de explotación convierten en ilimitados, a escala de las necesidades energéticas de la humanidad, los recursos geotérmicos. Algunos estudios prevén que la generación eléctrica geotérmica se convierta en una pieza clave del panorama energético mundial en un futuro a medio plazo. El desarrollo que se está produciendo en Alemania en estos momentos es significativo, y puede ser indicativo de lo que ocurrirá a nivel internacional en un futuro cercano.

Palabras clave: Energía, Energías renovables, Energía geotérmica, Producción de electricidad, Perspectivas energéticas.

1. INTRODUCCIÓN

La energía geotérmica consiste en el aprovechamiento del calor almacenado en la

corteza terrestre. En los últimos años empieza a ser parcialmente conocida por el público en general por la creciente utilización en muchos países de nuestro entorno, y también en España, de las bombas de calor geotérmicas para climatización de edificios. A pesar de la relativa popularidad de esta tecnología, sigue existiendo un gran desconocimiento de la verdadera dimensión y de las perspectivas a medio y largo plazo de las diferentes formas de aprovechamiento de la energía geotérmica y, sobre todo, de la producción de energía eléctrica a partir de ella.

Incluso entre aquellas personas que por su formación técnica tienen un mayor conocimiento del tema están aún muy extendidos algunos prejuicios. Entre ellos podemos resaltar la idea de que la energía geotérmica sólo puede ser aprovechada en localizaciones de la corteza terrestre con unas características geológicas muy particulares, que la tecnología para su aprovechamiento está en fase experimental por lo que está poco extendido su uso, o incluso que la energía geotérmica no puede ser considerada como una forma de energía renovable.

La energía geotérmica puede ser utilizada, y así lo es en la actualidad en un gran número de países, de dos formas distintas: el aprovechamiento directo del calor (climatización de edificios, sistemas de calefacción de distrito, usos industriales, agrícolas,...) y la producción de energía eléctrica. Tradicionalmente cualquiera de

estas dos formas de aprovechamiento requería del cumplimiento de dos condiciones: la existencia de una zona geológica a una temperatura anormalmente alta a una profundidad accesible y la existencia de agua en esa localización. A los lugares que cumplen estas dos condiciones se les da el nombre de yacimientos geotérmicos, o hidro-geotérmicos para ser más precisos, y en función de su temperatura quedan determinadas sus posibilidades de utilización. Los yacimientos se pueden clasificar en función de su temperatura en yacimientos de baja temperatura (hasta 90 °C), temperatura media (entre 90 °C y 150 °C) y alta temperatura (por encima de 150 °C). La posibilidad de producir electricidad está reservada, en principio, a los yacimientos de alta temperatura.

Hoy en día estas dos condiciones, temperatura anormalmente alta y existencia de agua, no son estrictamente necesarias para el aprovechamiento energético de la corteza terrestre. Por un lado la tecnología de la bomba de calor permite aprovechar el suelo como fuente o sumidero de energía térmica sin necesidad de la existencia de agua ni de una temperatura mayor de lo normal. Con ello, la posibilidad de utilización de la bomba de calor geotérmica se extiende a casi cualquier lugar del planeta, independientemente de la existencia de lo que hemos denominado yacimiento geotérmico.

Por otro lado, para la producción de energía eléctrica, la necesidad de una temperatura anormalmente alta puede compensarse con una mayor profundidad de perforación en la corteza terrestre. También el desarrollo de nuevas tecnologías está permitiendo aprovechar yacimientos a temperaturas cada vez más bajas para producir energía eléctrica. Incluso la falta de agua en el subsuelo se podrá suplir con la inyección de la misma desde la superficie, lo que permitirá aprovechar los llamados yacimientos de roca seca caliente. De esta forma el número de localizaciones aptas para la producción de energía eléctrica de origen geotérmico, que estaba limitada a los escasos yacimientos hidro-geotérmicos de alta temperatura, se está multiplicando al incluir los de temperaturas medias y bajas y se incrementará en mayor medida cuando esté disponible la tecnología para explotar los yacimientos de roca seca caliente.

2. TECNOLOGÍAS ACTUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se puede decir, de manera algo simplificada, que existen en la actualidad tres tipos de centrales para la producción de electricidad a partir de un yacimiento hidro-geotérmico: plantas de vapor seco, plantas de evaporación súbita o flash y plantas de ciclo binario. El tipo de planta depende del estado del fluido almacenado en el yacimiento (vapor, agua líquida o una mezcla de ambos) y de su temperatura y presión. En la Figura 1 pueden verse unos esquemas simplificados del funcionamiento de estos tres tipos de centrales.

2.1 VAPOR SECO

Una planta geotérmica de vapor seco aprovecha el fluido en forma de vapor, tal y como sale de la perforación, conduciéndolo directamente a una turbina-generador para

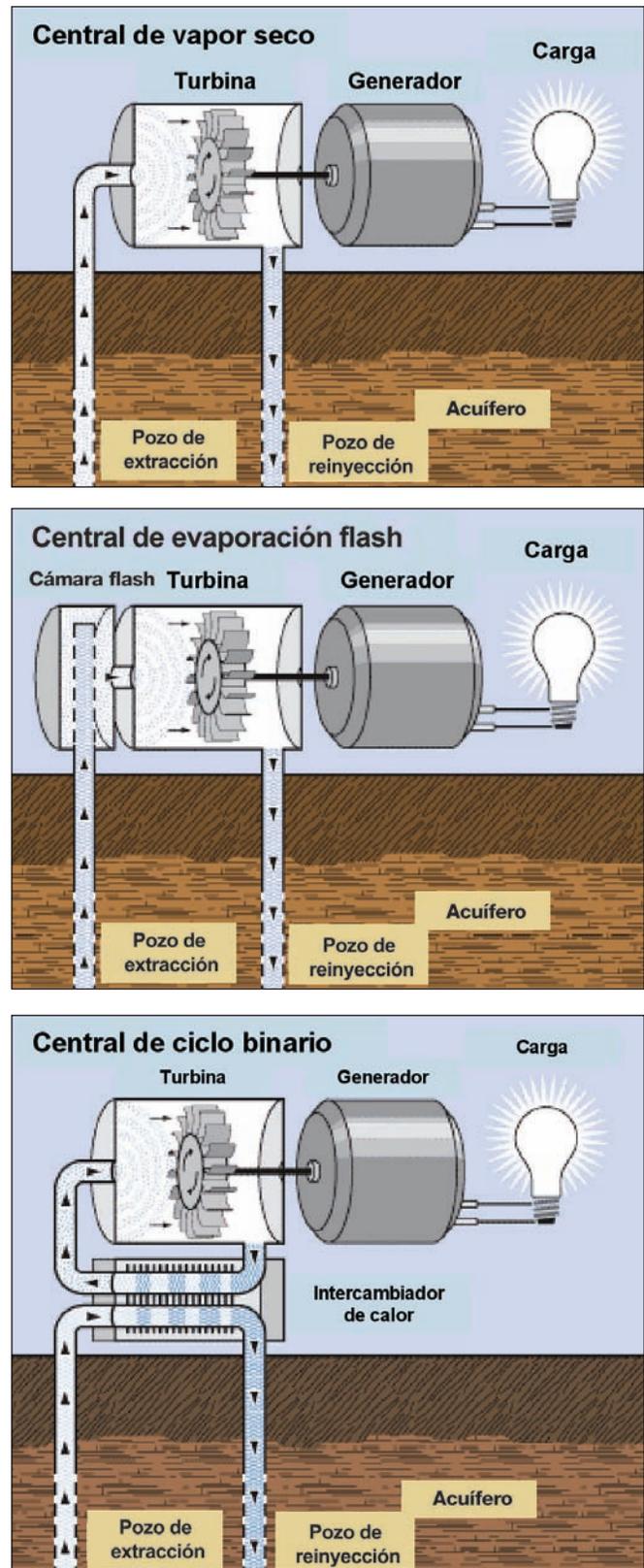


Figura 1: Principio de funcionamiento de los tres tipos de centrales geotérmicas:

- vapor seco
- evaporación flash
- ciclo binario

(Fuente: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy-EERE. U. S. Department of Energy-DOE)

producir electricidad. Esta tecnología es, por ejemplo, la que se emplea en las unidades que aprovechan el yacimiento de “The Geysers” en California, que constituyen en su conjunto

La primera instalación geotérmica para producir energía eléctrica



Figura 2: La primera instalación geotérmica para producir energía eléctrica. En Larderello (Italia), en 1904, aprovechando un yacimiento de vapor seco.

la mayor central de producción eléctrica geotérmica del mundo. También es la tecnología que utilizaba la primera “central” de producción de energía eléctrica en el mundo, la de Larderello en Italia en 1904 (Figura 2).

El tipo de yacimiento que aprovechan estas centrales, con altas temperaturas (250 °C aprox.) y presencia de agua a una profundidad accesible, no es muy frecuente en la corteza terrestre, por lo que las centrales de vapor seco no son muy numerosas.

2.2 EVAPORACIÓN FLASH

Las plantas de evaporación flash son las más extendidas en la actualidad. Utilizan agua que sale del yacimiento en estado líquido, o en una mezcla de líquido y vapor, a temperaturas superiores a 180 °C y a presiones relativamente elevadas. Una disminución brusca de la presión a la salida del pozo provoca la evaporación súbita (flash) de parte del agua líquida. Este vapor es turbinado para producir energía eléctrica. La fracción líquida del fluido geotérmico puede ser sometida a un segundo estrangulamiento para producir una mayor fracción de vapor para turbinar y aumentar así la producción de energía eléctrica. La potencia instalada en una central de este tipo suele ser menor que en una planta de vapor seco, pero al ser más comunes este tipo de yacimientos y estar distribuidos de una forma algo más generosa por la superficie terrestre, el número de centrales de este tipo es mayor y la potencia total instalada es también mayor.

2.3 CICLO BINARIO

Las plantas de ciclo binario permiten el aprovechamiento de yacimientos a temperaturas menores. El fluido geotérmico en este tipo de plantas no atraviesa la turbina, sino que cede su energía térmica a un fluido orgánico de bajo punto de ebullición en un intercambiador de calor. El fluido orgánico, que se vaporiza en este intercambiador de calor, realiza un proceso cíclico (ciclo de Rankine) en el que se produce energía eléctrica al atravesar el fluido una turbina acoplada a un generador.

2.4 ASPECTOS COMUNES A LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS ACTUALES

En cualquiera de las tres tecnologías (vapor seco, evaporación flash o ciclo binario) el fluido geotérmico suele ser reinyectado en el propio yacimiento una vez extraída su energía térmica. Para ello se utiliza un pozo de reinyección a una distancia prudencial del de extracción. Con esto se consigue mantener el nivel de producción del yacimiento, haciendo que realmente se pueda considerar la energía geotérmica como una fuente de energía renovable. Existen yacimientos que vienen siendo explotados desde hace décadas sin que se haya apreciado una disminución en el potencial del mismo. Las causas que pueden provocar una pérdida de potencial del yacimiento son principalmente la falta de reinyección, una mala planificación del pozo de reinyección respecto al de extracción, o un régimen inadecuado de explotación del acuífero.

A grandes rasgos la tecnología (turbinas, generadores, sistemas de refrigeración,...) que se emplea en cualquiera de estas centrales no es específica, sino que es común con la del resto del sector de generación eléctrica. Incluso los aspectos más específicos de esta tecnología, como es la técnica de perforación, tiene mucho en común con la de la industria petrolífera, y es de hecho, gracias a eso, por lo que está disponible en la actualidad para estas aplicaciones.

La generación eléctrica geotérmica tiene un factor de capacidad (horas anuales de funcionamiento frente al total posible) mucho mayor que otras tecnologías renovables. A diferencia de otras energías, como la solar o la eólica, con fuertes dependencias estacionales u horarias, una central geotérmica puede estar totalmente operativa, salvo las necesidades de mantenimiento, 24 horas al día y 365 días al año.

3 TECNOLOGÍAS PARA EL FUTURO

El futuro de la producción de energía eléctrica geotérmica presenta dos horizontes claramente definidos. A corto plazo pasa por el aprovechamiento de yacimientos hidrogeotérmicos a temperaturas medias mediante ciclos binarios perfeccionados. A medio-largo plazo se basará en el aprovechamiento de los yacimientos de roca seca caliente, lo que multiplicará los recursos disponibles.

3.1 NUEVOS CICLOS BINARIOS

El ciclo binario más extendido en la actualidad es el ciclo **Rankine** con fluidos orgánicos (*Organic Rankine Cycle - ORC*). En este ciclo un fluido orgánico se evapora a una temperatura relativamente baja gracias a la energía que toma del fluido geotérmico en un intercambiador de calor. Posteriormente el vapor producido se expande en una turbina conectada al generador eléctrico. A la salida de la turbina el vapor condensa en otro intercambiador de calor refrigerado

por aire o por agua. El fluido condensado vuelve a ser llevado al evaporador mediante una bomba, cerrándose el ciclo.

Una modificación de este ciclo, que permite aprovechar mejor la energía térmica del fluido geotérmico, es el denominado ciclo **Kalina**. En este ciclo el fluido de trabajo es una mezcla (por ejemplo amoníaco + agua), que cambia de fase en el evaporador, no a temperatura constante, como ocurría en el ciclo Rankine, sino en un intervalo de temperaturas determinado. De esta forma la diferencia de temperaturas con el fluido geotérmico en el intercambiador de calor es menor que la que tenía lugar en el caso de un fluido puro (ORC). Esta característica hace que se pueda utilizar la energía térmica de fluidos a baja temperatura (caso del fluido geotérmico) de una forma más efectiva, consiguiéndose finalmente incrementos en la producción de energía eléctrica entre un 20 % y un 40 % respecto a un ciclo ORC. En la Figura 3 pueden verse los perfiles de temperaturas en el intercambiador de calor del fluido geotérmico y el fluido de trabajo en un ciclo **Rankine** y en un ciclo **Kalina**. El resto del ciclo es similar, salvo que en el condensador la temperatura tampoco permanece constante.

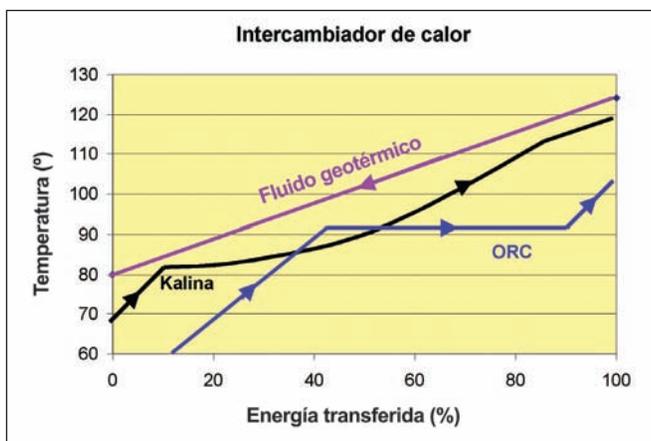


Figura 3: Comparación del perfil de temperatura del fluido de trabajo en un ciclo Rankine (ORC, en azul) y en un ciclo Kalina (en negro) en el intercambiador de calor que hace de evaporador del fluido de trabajo. El perfil de temperatura del fluido geotérmico en los dos casos aparece representado en morado.

La introducción de nuevos tipos de ciclos binarios, y las mejoras tecnológicas que se están introduciendo en los mismos, permiten que cada vez se puedan aprovechar yacimientos geotérmicos con menor temperatura. Recientemente ha entrado en funcionamiento en Alaska una pequeña central que produce electricidad a partir de un yacimiento de agua a 76 °C. También es cierto que, en este caso, la baja temperatura del ambiente exterior es un factor que favorece el aprovechamiento de este recurso. Los yacimientos de temperaturas media y, sobre todo, baja son los más numerosos con gran diferencia. Por ello las plantas de ciclo binario son las que están protagonizando en la actualidad un importante despegue, y serán en un futuro cercano las más numerosas y con una potencia total instalada mayor.

3.2 YACIMIENTOS DE ROCA SECA CALIENTE

Los yacimientos de roca seca caliente (*Hot Dry Rock – HDR* o *Enhanced Geothermal Systems - EGS*) son zonas

profundas (3 km – 5 km) de la corteza terrestre que se encuentran a una alta temperatura (200 °C – 300 °C), pero en las que no existe agua por sus características geológicas (rocas cristalinas, no permeables). Su aprovechamiento energético se basa en inyectar agua desde la superficie a través de un pozo de inyección, hacer circular este agua por un sistema de fracturas provocado artificialmente en la roca, y extraer el vapor por un segundo pozo de extracción. En la superficie, una turbina directamente acoplada al pozo de extracción, o un ciclo binario, producirán energía eléctrica. En la Figura 4 puede verse un esquema de principio del funcionamiento de una central de este tipo. La tecnología se

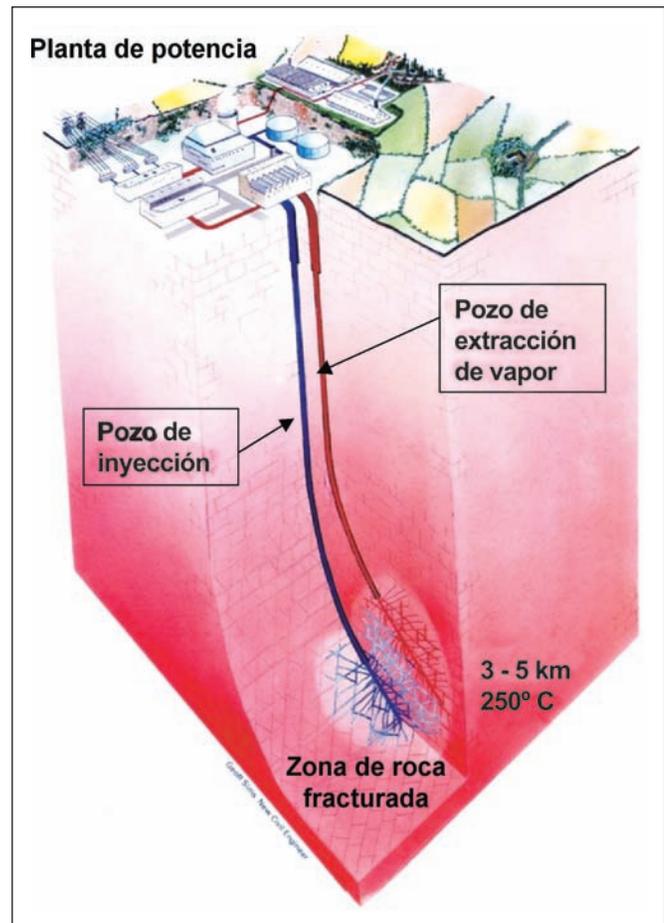


Figura 4: Esquema de una central de roca seca caliente (*Hot Dry Rock – HDR*) (Fuente: International Geothermal Association - IGA)

encuentra en una fase de desarrollo avanzado. Desde hace años hay diversos proyectos de gran envergadura a nivel internacional en los que se han alcanzado resultados esperanzadores. Entre los más avanzados está el proyecto europeo en **Soultz** (Francia), pero existen proyectos similares en EE.UU., Australia, Japón, etc. Los principales retos que deberá afrontar esta tecnología antes de alcanzar el nivel de madurez necesario para su explotación comercial son el desarrollo de nuevas técnicas de perforación a gran profundidad y de fractura controlada de la roca.

Este tipo de yacimientos son prácticamente ilimitados, y se encuentran distribuidos por toda la superficie terrestre. Su alta temperatura no se debe a características geológicas específicas de una localización concreta, sino a la

País	1990 MWe	1995 MWe	2000 MWe	2005 MWe	2007 MWe
Alemania	0.0	0.0	0.0	0.2	7.4
Argentina	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0
Australia	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
Austria	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1
China	19.2	28.8	29.2	27.8	27.8
Costa Rica	0.0	55.0	142.5	163.0	162.5
El Salvador	95.0	105.0	161.0	151.0	204.2
EE.UU.	2774.6	2816.7	2228.0	2544.0	2923.5
Etiopía	0.0	0.0	7.3	7.3	7.3
Filipinas	891.0	1227.0	1909.0	1930.0	1969.7
Francia (Guadalupe)	4.2	4.2	4.2	14.7	14.7
Guatemala	0.0	33.4	33.4	33.0	53.0
Islandia	44.6	50.0	170.0	202.0	421.2
Indonesia	144.8	309.8	589.5	797.0	992.0
Italia	545.0	631.7	785.0	791.0	810.5
Japón	214.6	413.7	546.9	535.0	535.2
Kenia	45.0	45.0	45.0	129.0	128.8
México	700.0	753.0	755.0	953.0	953.0
Nicaragua	35.0	70.0	70.0	77.0	87.4
Nueva Zelanda	283.2	286.0	437.0	435.0	471.6
Papua Nueva Guinea	0.0	0.0	0.0	6.0	56.0
Portugal (Azores)	3.0	5.0	16.0	16.0	23.0
Rusia	11.0	11.0	23.0	79.0	79.0
Tailandia	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Turquía	20.6	20.4	20.4	20.4	38.0
TOTAL	5831.1	6866.1	7972.9	8932.6	9967.4

Tabla 1: Evolución de la capacidad instalada de generación de energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos, por países y total, desde el año 1990 al 2007. (Fuente: International Geothermal Association)

profundidad a la que se encuentra la roca. El potencial energético de estos yacimientos es enorme y su aprovechamiento supondrá un salto de escala en la utilización de la energía geotérmica.

4. ESTADO ACTUAL

La producción de energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos ocupa, a nivel mundial, el cuarto lugar dentro de



Figura 5: Centrales geotérmicas en el yacimiento "The Geysers", California. (Fuente: National Renewable Energy Laboratory – NREL. U. S. Department of Energy-DOE)

las energías renovables, por detrás de la hidráulica, la biomasa y la eólica. En el año 2007 la potencia instalada era de algo más de 9900 MWe, en instalaciones distribuidas por 24 países. En la tabla 1 se detalla la potencia instalada en cada país y su evolución en los últimos años. La energía producida anualmente por todas estas instalaciones alcanzaba una cifra de 54.7 TWh, lo que representa un escaso, pero no por ello despreciable, 0.3 % de la producción de energía eléctrica mundial. Más significativo es que en algunos países (Nicaragua, Filipinas, El Salvador e Islandia) la energía geotérmica cubre más de un 20 % de la demanda de energía eléctrica, llegando en el caso de Islandia hasta el 27 %.

Los mayores productores a nivel mundial son EE.UU. con una capacidad instalada de 2923 MWe, Filipinas con 1970 MWe, Indonesia con 992 MWe, y México con 953 MWe. En EE.UU. la principal instalación (y también a nivel mundial) es el conjunto de centrales de "The Geysers" en California (Figura 5), con una potencia total instalada de 1420 MWe, aprovechando un yacimiento de vapor seco (250 °C). Este yacimiento, en explotación desde 1962, está siendo sometido actualmente a un proceso de "regeneración" mediante la inyección de aguas residuales de la zona, previamente tratadas. Se pretende recuperar la capacidad que estaba perdiendo el yacimiento debido a una explotación poco racional del mismo.

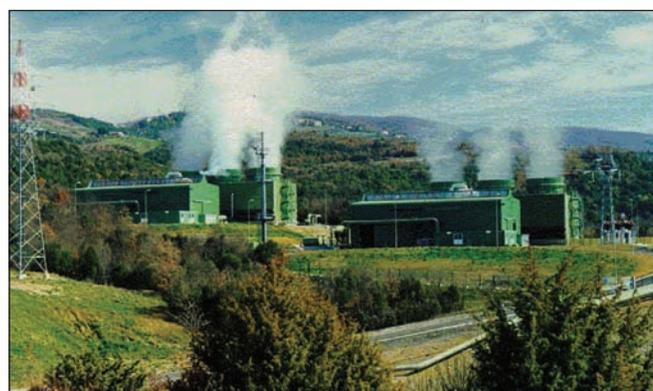


Figura 6: Central geotérmica en Carbolí (Italia) (Fuente: Enel Green Power)

En la Unión Europea la potencia instalada alcanzaba en 2007 la cifra de 867 MWe localizados principalmente en Italia (810 MWe), donde hace poco han celebrado el centenario de la primera instalación geotérmica para producir electricidad en el mundo: **Larderello** en 1904. En esta misma localización hay actualmente una potencia instalada de 543 MWe en una serie de unidades (Figura 6) que

aprovechan un yacimiento de vapor seco a 250°C. En Portugal, más concretamente en la Isla de **San Miguel** (Azores), unas plantas de ciclo binario con una potencia instalada de 23 MWe proporcionan la cuarta parte de la electricidad consumida en la isla. Francia cuenta con 15 MWe en **Guadalupe** (territorios de ultramar: Antillas francesas). En Alemania en el año 2003 entró en funcionamiento una planta que mediante un ciclo binario de 200 kWe aprovecha un sondeo de agua a 98 °C. En la actualidad se está produciendo en Alemania un aumento espectacular del número de instalaciones que se comentará en el siguiente apartado. En Austria existen dos plantas operativas, utilizando ciclos binarios, una en **Blumau** (0.2 MWe) y otra en **Altheim** (1 MWe).

En España no existe en la actualidad ninguna instalación que a escala comercial produzca energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos. No obstante, algunas compañías (*Petratherm Quarterly Report September 2008*) empiezan ya a gestionar licencias de exploración y explotación en diferentes localizaciones: Madrid, Barcelona, Almazán (Soria), Sevilla, Alicante, Tenerife y Gran Canaria.

5. EL DESPEGUE DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN ALEMANIA

En el año 2003 entró en funcionamiento en **Neustadt-Glewe** la primera central de producción de energía eléctrica geotérmica de Alemania (Figura 7). Aprovecha mediante un ciclo binario un yacimiento geotérmico de agua a 98 °C a una profundidad de 2200 m. Este yacimiento ya se utilizaba desde hace años en una red de calefacción de distrito. Un *bypass* en la cabecera del pozo desvía a la central de ciclo binario parte del caudal, manteniendo el resto disponible para la red de calefacción de distrito. El fluido geotérmico llega al intercambiador de calor del ciclo binario a unos 97 °C y es enfriado hasta los 70 °C. El ciclo binario, más concretamente un Ciclo **Rankine** Orgánico (ORC), tiene una potencia instalada de 230 kWe y produce unos 1500 MWh al año, aproximadamente el consumo de unos 500 hogares. Esta central de pequeña potencia tiene un carácter de planta piloto, y los resultados de explotación han sido un estímulo para otros proyectos similares de mayor envergadura.

Desde esta primera instalación, y en el corto espacio de tiempo que ha transcurrido desde entonces, han entrado en funcionamiento, o se encuentran en avanzado estado de desarrollo, otras instalaciones de producción de energía eléctrica geotérmica en Alemania (ver tabla 2). Como ejemplo significativo se puede citar la instalación de **Landau-Pfalz**, aprovechando un yacimiento de agua a 150 °C y una profundidad de 3000 m – 3400 m. La potencia

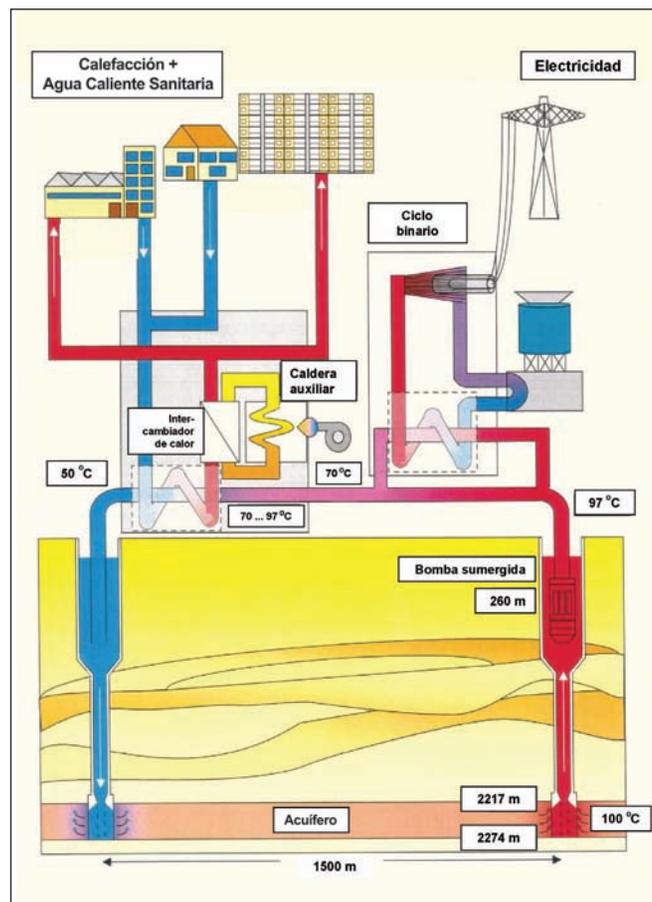


Figura 7: Esquema de funcionamiento de la central de Neustadt-Glewe (Alemania) (Fuente: Erdwärme-Kraft GbR. Erdwärme-Kraftwerk Neustadt-Glewe.)

eléctrica instalada de esta planta, que utiliza la tecnología ORC, es de 3.8 MWe. Otros 8 MWt se aprovechan en forma de calor.

Otro ejemplo es la instalación de **Unterhaching**, en el sur del país, con una potencia eléctrica instalada de 3.4 MWe. El yacimiento aprovechado, situado a una profundidad de 3300 m, proporciona agua a 123 °C. La planta proporciona también 40 MWt de energía en forma de calor. La instalación de **Unterhaching** es interesante por utilizar el ciclo **Kalina**, en lugar del más extendido ORC, con lo que aprovecha de una forma más eficiente un recurso a una temperatura más baja.

Por último, en **Bruchsal**, ha entrado en funcionamiento recientemente una pequeña instalación de ciclo binario (**Kalina**) de 550 kWe. El yacimiento, de 128 °C y 2500 m de profundidad, fue perforado en 1983 dentro de un proyecto de la Unión Europea. Durante algunos años el proyecto estuvo parado, hasta que en el año 2001 se retomó de forma definitiva.

Localización	Potencia eléctrica MWe	Tecnología	Características del yacimiento		Año de entrada en funcionamiento
			Temperatura °C	Profundidad m	
Neustadt-Glewe	0.25	ORC	97	2250	2003
Unterhaching	3.40	Kalina	123	3300	2007
Landau-Pfalz	3.80	ORC	150	3000	2007
Bruchsal	0.55	Kalina	128	2500	2008

Tabla 2: Instalaciones de producción de energía eléctrica geotérmica en Alemania en funcionamiento en la actualidad.

El ciclo binario, más concretamente un Ciclo Rankine Orgánico (ORC), tiene una potencia instalada de 230 kWe y produce unos 1500 MWh al año, aproximadamente el consumo de unos 500 hogares

En la actualidad están en distintas fases de desarrollo más de 200 proyectos en Alemania, de características similares a los comentados. Se pueden destacar dos rasgos comunes en la mayoría de estas instalaciones. Por un lado utilizan yacimientos de media-baja temperatura, a profundidades relativamente elevadas. La segunda característica es que son instalaciones de cogeneración, produciendo energía eléctrica mediante un ciclo binario y haciendo posteriormente un uso directo de la energía térmica que le queda al fluido geotérmico.

Hay en Alemania, como en otros países europeos, una larga tradición en la utilización de recursos geotérmicos en redes de calefacción de distrito. Esto, unido a la inclusión explícita de la energía geotérmica en la política de promoción de las energías renovables en Alemania, con precios de compra garantizados de 0.15 € / kWh para instalaciones de hasta 5 MWe y 0.14 € / kWh para instalaciones de hasta 10 MWe, es lo que permite el importante desarrollo que se está produciendo en este momento.

El tipo de yacimientos que se están explotando son relativamente frecuentes por toda la superficie terrestre, por lo que el desarrollo que está teniendo lugar en estos momentos en Alemania es fácilmente extrapolable a otros países de su entorno.

6. PERSPECTIVAS FUTURAS

El despegue que está protagonizando la energía geotérmica en Alemania, aunque puede ser considerado tímido debido a la pequeña potencia de cada instalación por separado, puede llegar a ser prometedor. Algunos estudios pronostican una potencia instalada total de 600 MWe para el 2010, 16 000 MWe para el 2020 y 32 000 MWe para el 2050. La primera cifra no parece exagerada, sino más bien todo lo contrario, a tenor de los aproximadamente 200 permisos que existen en la actualidad para desarrollar nuevos proyectos, con una potencia media de 5 MWe – 10 MWe. Las previsiones para 2020 y 2050 de entrada pueden parecer exageradas. Sin

embargo es interesante compararlas con estudios similares para otros países.

En Estados Unidos, el país que actualmente cuenta con la mayor potencia instalada (2544 MWe), el Departamento de Energía (DOE) trabaja con el objetivo de aumentar en 15 000 MWe la potencia instalada en la próxima década. A más largo plazo, un informe presentado en el 2007 por un grupo interdisciplinar del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) titulado “*The Future of Geothermal Energy – Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century*,” concluye que, con una modesta inversión en I+D, se podría alcanzar en el 2050 una potencia instalada de 100 000 MWe.

Las predicciones a nivel mundial para el año 2010 son de 13 500 MWe instalados (Gawell 2007). Para el año 2020 las previsiones presentan, como es lógico una gran dispersión, desde valores de 46 000 MWe (Cataldi, 1999) hasta 5 900 000 MWe (Stefansson, 2000). Este último estudio supone que el 10 % de los recursos disponibles en el planeta pudieran ser utilizados, y que de ellos, la tercera parte se emplearan en producir energía eléctrica.

Aunque es arriesgado hacer predicciones a tan largo plazo, y entra de lleno en el terreno de la especulación, se puede concluir que alcanzar esas cifras en el año 2050 es posible, ya que la tecnología necesaria esta disponible, o en avanzado estado de desarrollo, y el recurso es prácticamente ilimitado y distribuido uniformemente por todo el planeta. El que se alcance o no ese nivel de implantación depende, lógicamente, de muchos factores.

7. CONCLUSIONES

A nivel mundial, los datos de producción actual y de potencia instalada, que se reflejan en la tabla 1, representan una ínfima parte del potencial real de la energía geotérmica para producir energía eléctrica. La tecnología necesaria tiene un alto grado de madurez, pero sólo se explotan algunos de los escasos yacimientos hidro-geotérmicos de alta temperatura que existen en el mundo, de ahí la pequeña importancia relativa a nivel global. En un futuro a corto plazo

Aunque es arriesgado hacer predicciones a tan largo plazo, y entra de lleno en el terreno de la especulación, se puede concluir que alcanzar esas cifras en el año 2050 es posible, ya que la tecnología necesaria esta disponible, o en avanzado estado de desarrollo, y el recurso es prácticamente ilimitado y distribuido uniformemente por todo el planeta.



el aprovechamiento de yacimientos de temperaturas medias e incluso bajas (mucho más numerosos) mediante ciclos binarios, como está sucediendo en la actualidad en Alemania, permitirán un aumento espectacular de la potencia instalada, con numerosas instalaciones de pequeña y media potencia. A medio y largo plazo la explotación de los yacimientos de roca seca caliente, con una distribución uniforme por toda la superficie terrestre, permitirán un importante cambio de escala en las cifras de producción.

La energía geotérmica es un recurso renovable que puede contribuir de una manera importante a la producción de energía eléctrica de un modo sostenible. Entre sus ventajas cabe resaltar que se trata de un recurso ilimitado, no contaminante, sin emisiones de CO₂, y ampliamente distribuido. Su desarrollo permitirá una generación de electricidad descentralizada, sin dependencia de condiciones externas, por lo que podrá ser base durante las 24 horas del día y 365 días al año. Algunos estudios prevén que podrá convertirse en una pieza clave para garantizar el suministro energético a nivel mundial, y que su utilización será superior a la de otras fuentes de energía renovable como la biomasa, la eólica, la hidráulica o la solar.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bertani R. "World geothermal power generation in the period 2001 – 2005". *Geothermics*. 2005, 34, 651–690.

- Bertani R. "World Geothermal Generation in 2007," *GHC Bulletin*, September 2007. Disponible en Web: <http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull28-3/art3.pdf>

- Cataldi R. "Geothermal energy development in Europe to year 2020: prospects or hopes?". *Technica Poszukiwan Geologicznych*. 1999, 4-5, 48-59.

- Gawell K, Greenberg G. 2007 Interim Report: Update on World Geothermal Development (Washington, DC: Geothermal Energy Association, 1 May 2007). Disponible en Web: <http://www.geo-energy.org/publications/reports/GEA%20World%20Update%202007.pdf>

- Kagel A. The State of Geothermal Technology— Part II: Surface Technology (Washington, DC:

Geothermal Energy Association, January 2008). Disponible en Web: [http://www.geo-energy.org/publications/reports/Geothermal%20Technology%20-%20Part%20II%20\(Surface\).pdf](http://www.geo-energy.org/publications/reports/Geothermal%20Technology%20-%20Part%20II%20(Surface).pdf)

- Kagel A, Bates D, Gawell K. A Guide to Geothermal Energy and the Environment. Washington, DC: Geothermal Energy Association, 2007. Disponible en Web: <http://www.geoenergy.org/publications/reports/Environmental%20Guide.pdf>

- Stefansson V. "The renewability of geothermal energy". *Proc. World Geothermal Energy*, Japón, 2000.

- Taylor M. The State of Geothermal Technology— Part I: Subsurface Technology (Washington, DC: Geothermal Energy Association, November 2007). Disponible en Web: [http://www.geoenergy.org/publications/reports/Geothermal%20Technology%20Part%20I%20-%20Subsurface%20Technology%20\(Nov%202007\).pdf](http://www.geoenergy.org/publications/reports/Geothermal%20Technology%20Part%20I%20-%20Subsurface%20Technology%20(Nov%202007).pdf)

- *E.U. and worldwide geothermal energy inventory*. Observatoire des énergies renouvelables, Disponible en Web: http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro170.pdf

- Geothermal Energy Barometer. Systèmes Solaires – Le Journal des Énergies Renouvelables n° 181 – 2007. Disponible en Web: http://www.energies-renouvelables.org/observer/stat_baro/observ/baro181.pdf

- *The Future of Geothermal Energy: Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century*. Massachusetts Institute of Technology, 2006. Disponible en Web: http://www1.eere.energy.gov/geothermal/future_geothermal.html

- Petratherm Quarterly Report September 2008. Disponible en Web: <http://www.petratherm.com.au/reports/downloads/activities662048.pdf>



Innovación socialmente responsable

Social responsible innovation

Edurne Magro-Montero
Licenciada en Administración y Dirección de
empresasInasmet-Tecnalia

Recibido: 09/06/08 • Aceptado: 22/09/08

ABSTRACT

- Innovation is a key factor for industrial competitiveness and for the territories in which they are located. Sustainable development is also a must for economical growth. Through this paper the relation between innovation and responsible competitiveness for European Countries is studied, in order to establish a link between both concepts and economical growth. A cluster analysis is also done for EU countries. Variables concerning innovation and sustainability are included in this analysis in order to extract relevant conclusions for sustainable territorial development. Therefore, differences are obtained between developed and less developed countries in terms of sustainability.*
- Key Words:** Innovation, Sustainability, Competitiveness, Cluster Analysis, Responsibility.

RESUMEN

La innovación es un ingrediente clave para la competitividad de las empresas y de los territorios en los que se encuentran. Asimismo, el desarrollo sostenible es una necesidad imperante para el crecimiento económico. En este artículo se estudia la relación entre la innovación y la competitividad responsable de los países europeos, para poder establecer si existe una relación entre ambos conceptos y el crecimiento económico. Además, se establece una tipología de países en función de su comportamiento innovador o sostenible, extrayendo así informaciones interesantes de cara al desarrollo sostenible de los territorios. En este sentido, se obtienen diferencias en términos de sostenibilidad entre los países más avanzados y los menos desarrollados.

Palabras Clave: Innovación, Sostenibilidad, Competitividad, Análisis Cluster, Responsabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

La innovación es uno de los grandes retos a los que en la actualidad se enfrentan tanto las empresas como los países y regiones de la Unión Europea, en aras de lograr ser la economía líder en dinamismo y competitividad (Consejo Europeo, 2000). Así, en la *Estrategia de Lisboa*, la Unión Europea se fijó como objetivo lograr en el año 2010 ser la economía basada en el conocimiento más competitiva del

mundo. Lejos en la actualidad de dicho objetivo, pero con todos los esfuerzos de los países dirigidos a incrementar el gasto de I+D y en fomentar la innovación entre sus empresas, se plantea un dilema interesante en este aspecto.

Así, resulta atractivo conjugar los intereses europeos en materia de innovación y competitividad con otra tendencia en materia política y de investigación que está cada vez más presente en el día a día: el desarrollo sostenible.

Según **Pearce** y **Barbier** (2000) el desarrollo sostenible es un término que se puede interpretar como “desarrollo duradero”, es decir, como un proceso en el que las generaciones presentes y su bienestar, no sean el detonante de la reducción del bienestar de las generaciones futuras. En este sentido, tal como apunta la OCDE (2001), la innovación y la tecnología juegan un papel fundamental en el desarrollo sostenible, proporcionando nuevos medios que consigan reducir el impacto negativo de la intervención humana en la naturaleza. Los problemas suelen surgir cuando estos desarrollos no son competitivos económicamente, por lo que las administraciones y gobernantes, por medio de las políticas públicas, deben intervenir haciendo de ellos un bien público y accesible por todas las personas.

Al margen de los desarrollos tecnológicos y de innovación dirigidos a minimizar el impacto medioambiental, energético, etc. del desarrollo

económico, se hace necesario que todas las acciones que se realicen desde las empresas estén dentro de un marco de responsabilidad con el entorno y la sociedad, contribuyendo con ello al desarrollo sostenible. En este aspecto, la responsabilidad social corporativa se está imponiendo en los últimos años como una tendencia, tanto en foros empresariales como políticos, en aras de contribuir a dicho desarrollo sostenible.

Por ello, la Comisión Europea, en el año 2001, afirmó que “la *Responsabilidad Social Empresarial* (RSE), puede contribuir a conquistar el objetivo estratégico de convertirse en el 2010, en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo...”. Es decir, el comportamiento de las empresas tiene un papel significativo en la innovación y la competitividad de los territorios.

Siguiendo con esta perspectiva, se ha desarrollado un nuevo concepto de competitividad de los territorios basado en su responsabilidad. Este concepto, desarrollado por **Zadek** (2006), hace referencia a que los mercados recompensarán a aquellas empresas que sean socialmente responsables, y que este hecho contribuirá a que los países y territorios que estén promoviendo prácticas responsables sean los países más competitivos en un entorno global.

A tenor de lo anterior, resultaría obvio afirmar que aquellos países que fomenten la innovación responsable, serán más competitivos y viceversa, que los países más competitivos de una forma responsable, serán los países más innovadores. Pero quizás, esta relación no es bidireccional, y países muy innovadores no necesariamente están enfocando dicha innovación a la sostenibilidad de sus territorios. En ese caso, debería tener su reflejo en la competitividad. Así mismo, la relación puede ser diferente en el caso de países o territorios desarrollados y aquéllos en vías de desarrollo. En el primer caso, al encontrarse en un estadio de desarrollo en el que la responsabilidad social ha surgido como demanda de la sociedad y respaldada por gobiernos ya establecidos, todas las prácticas del mercado incorporarán elementos socialmente responsables, incluidas las acciones en innovación. Por otra parte, en los países en vías de desarrollo, los incrementos en competitividad y el crecimiento económico, pueden venir acompañados de prácticas no necesariamente responsables.

A través de este artículo se estudiará la relación entre innovación y competitividad responsable en un conjunto de países. En este estudio se partirá, en primer lugar de una conceptualización de las relaciones que pueden existir entre ambos términos. En segundo lugar se realizará un contraste empírico de la relación entre dichos conceptos, y su influencia en el desarrollo económico de un grupo de países. Así, se extraerán conclusiones que permitan dilucidar si existe una relación y en qué dirección, y si pueden establecerse recomendaciones a las políticas públicas que potencien dicha relación.

2. RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL Y COMPETITIVIDAD

La competitividad responsable es un concepto que relaciona la competitividad de los países con la responsabilidad social empresarial. Por ello, para entender dicho concepto, es necesario conocer los fundamentos de dichos conceptos.

La **Comisión Europea** (2001) en su *Libro Verde* define la *Responsabilidad Social de la Empresa* (RSE) como “la *integración voluntaria, por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y en sus relaciones con todos sus interlocutores*”. Tal y como exponen **Villalonga y Server** (2006) y **Royo** (2007), la RSE implica la incorporación de la sostenibilidad (económica, social y medioambiental) a las relaciones de las empresas con su entorno, satisfaciendo así las necesidades de sus grupos de interés (*stakeholders*) y contribuyendo al desarrollo sostenible.

De las anteriores definiciones destacan las siguientes características:

1. La RSE implica voluntariedad de la empresa, aunque esta voluntariedad responda a presiones del entorno. Esto implica que todas las acciones derivadas del cumplimiento de la legislación no sean consideradas como acciones de RSE, aunque estén relacionadas con aspectos relacionados con la sostenibilidad.

2. El entorno de la empresa y las relaciones que la empresa establece son claves en el concepto de RSE, ya que ésta surge como consecuencia de satisfacer sus necesidades. Así, el concepto de RSE implica la adopción de prácticas en beneficio de los *stakeholders* de la empresa (clientes, proveedores, empleados, gobierno, etc.).

Esta última característica constituye una piedra angular de la RSE, la teoría de los *stakeholders*. Los *stakeholders* según **Freeman** (1984), son “*cualquier grupo que puede afectar o ser afectado por el logro de los objetivos de de la empresa*”. Atendiendo al enfoque de los *stakeholders*, la empresa tiene una responsabilidad frente a esos colectivos (ya que tiene que atender sus necesidades) y es esta responsabilidad la que da lugar a acciones concretas de RSE. Los *stakeholders* de una empresa los conforman grupos muy variados, que van desde sus accionistas a sus empleados, competidores, proveedores, clientes, gobierno, etc.

Desde el punto de vista microeconómico, la RSE contribuye al incremento de la competitividad de la empresa, tal y como apunta **Moreno** (2006), puesto que la adopción de la Responsabilidad Social por parte de la empresa conlleva unas mejoras en la gestión interna, por una parte, y a un incremento en la aportación de valor añadido por parte de los grupos de interés, por otra. No obstante, la argumentación de que la RSE tiene un impacto positivo en la competitividad de las organizaciones y en sus resultados económicos, tal y como afirma el autor, se basa en indicios, sin que haya evidencia empírica suficiente para avalarlo.

Tomando como referencia un contexto más amplio, desde el punto de vista macroeconómico, la RSE de la empresa se convierte en el concepto denominado como desarrollo sostenible. Atendiendo al concepto que se menciona en el informe **Brundtland** (*World Commission on Environment*, 1987), el desarrollo sostenible es “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. Es decir, el desarrollo sostenible implica no renunciar a una calidad de vida futura sin reducir el bienestar de la sociedad en el presente. Por otra parte, la **Comisión Europea** (2001) entiende por desarrollo sostenible un crecimiento basado en el pleno empleo, respeto al

Innovación y sociedad

medioambiente y competitividad de las empresas. Tal y como afirman **Morrós y Vidal** (2005), el desarrollo sostenible es un proceso, y esto implica que no existan niveles meta a alcanzar por los países.

En el desarrollo sostenible, por lo tanto, es importante la acción gubernamental y de las políticas públicas, pero también de las empresas como parte fundamental de las economías y del progreso económico. Es ahí, en donde la RSE toma importancia, en tanto en cuanto las prácticas responsables de las empresas están contribuyendo a un desarrollo económico sostenible.

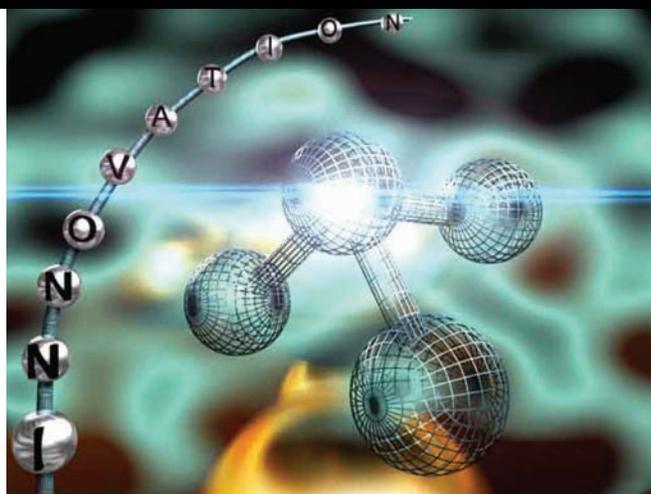
En este sentido, se ha desarrollado un nuevo concepto en el que se integra la competitividad de los territorios con las acciones responsables, en aras de contribuir al desarrollo sostenible. Este concepto es el denominado *Competitividad Responsable*, que según **Zadek** (2006) consiste en hacer que el desarrollo sostenible cuente en los mercados globales, es decir, que la sostenibilidad sea un factor clave para la competitividad de las naciones. Así, expone que la responsabilidad tiene una relación positiva en la competitividad de los países, sea cual sea su nivel de desarrollo. **Zadek** (2006), sostiene que los mercados recompensan aquellas prácticas empresariales que tengan un efecto positivo en los ámbitos económicos, sociales y medioambientales, lo que en un mercado global implica un mayor desarrollo para aquellas naciones o territorios que estén fomentando dichas prácticas. Así **Zadek** encuentra, tal y como se expone en el informe *El Estado de la Competitividad Responsable* (2007), una correlación positiva entre la Competitividad Responsable de los países y sus niveles de competitividad (medidos a través del Índice de Competitividad que proporciona el *World Economic Forum*).

El *World Economic Forum* (1), define la competitividad como la habilidad de un país para alcanzar un crecimiento a medio largo plazo sostenible. Por lo tanto, una correlación positiva entre los dos índices está indicando que las naciones, para un crecimiento sostenido de su competitividad, deben de estar llevando a cabo prácticas responsables tanto desde un plano político y de los gobiernos, como desde un plano empresarial.

Otro de los factores que el *World Economic Forum*, entre otras instituciones y corrientes teóricas, identifican como claves para la competitividad territorial es la innovación.

3. INNOVACIÓN Y SOCIEDAD

La innovación es un elemento de crucial importancia para la competitividad de los territorios. La innovación, según la OCDE en la última edición del *Manual de Oslo* (2006, p.56) “es la introducción de un nuevo, o significativamente



mejorado producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores”. El entorno de la empresa, así como sus propias competencias determinan la capacidad de las empresas para ser innovadoras.

En este contexto, en los últimos años, ha surgido en la literatura una serie de corrientes teóricas que destacan la importancia del territorio para la innovación. Entre estas teorías destacan el modelo de *milieux innovateurs*, los distritos industriales, los sistemas de innovación nacionales y regionales y las regiones que aprenden (**Moulaert y Sekia**, 2003). Además, de que el territorio es un elemento importante para estos modelos, la relación con el entorno y la sociedad de las empresas situadas en el territorio se esgrime como eje fundamental de los mismos.

En este sentido, según el modelo que se cite, se estará haciendo más o menos énfasis a una de las siguientes características: cooperación, entorno, aprendizaje y localización geográfica, pero siempre bajo la perspectiva de que la concentración de empresas en un territorio concreto que colaboran entre sí, favorece la innovación y el desarrollo económico. Por lo tanto, estas corrientes, en mayor o menor medida, ponen en relieve la importancia de la interacción de las empresas entre ellas y con la sociedad. Por ello, la sociedad tiene un papel importante en la innovación y en el desarrollo económico.

Por otra parte, la innovación es un factor fundamental para la competitividad de los territorios. La competitividad de un lugar, según **Storper** (1997, p.20) es “la habilidad de una economía para atraer y mantener empresas con cuotas de mercado estables o crecientes en una actividad, mientras que mantiene o mejoran los estándares de calidad de vida de aquéllos que participan en la economía”.

⁽¹⁾ El *World Economic Forum* es una institución que desde 1977 se dedica a estudiar el fenómeno de la competitividad de las naciones en base, sobre todo, a las teorías de M. E. Porter.

La definición anterior pone en relieve la influencia de las empresas eficientes en los sistemas económicos y sobre todo en el impacto de éstas sobre todos los agentes que forman parte de dicha economía. En este sentido, para **Porter** (1990) el término competitividad significa productividad, es decir, la habilidad de las naciones o regiones para emplear sus recursos de la forma más eficiente con el objetivo, también, de aumentar la calidad de vida de sus ciudadanos. Por ello, un crecimiento de los estándares de calidad en un territorio, viene delimitado por la capacidad de las empresas de ser productivas y de incrementar su productividad a lo largo del tiempo. Este incremento de productividad puede originarse por un aumento del empleo o por un incremento del valor añadido de la producción, siendo esta última vía la más adecuada para el crecimiento, y la derivada para la innovación.

4. METODOLOGÍA

Partiendo de los fundamentos expuestos en las páginas anteriores, se pueden extraer las siguientes hipótesis de trabajo:

- Si la Responsabilidad Social de las Empresas tiene una influencia positiva en la competitividad de las naciones y la innovación tiene un impacto positivo en la competitividad, las naciones más competitivas en términos de responsabilidad serán además las más innovadoras.

- Teniendo en cuenta que la innovación depende de la interacción de las empresas con su entorno y que la responsabilidad social de las empresas e instituciones de un país está relacionada de forma positiva con los niveles de competitividad del mismo, siendo ésta una medida del desarrollo económico de un territorio, los países que más están creciendo en competitividad serán países que están apostando por una innovación más sostenible.

Para analizar la primera afirmación se ha analizado la relación existente entre dos índices: el *Índice de Competitividad Responsable 2007*, índice elaborado por *AccountAbility*, y el *Índice de Innovación 2007* desarrollado por el *European Innovation Scoreboard* para 35 países.

El Índice de Competitividad Responsable 2007 es un índice calculado para 108 países a nivel mundial, en base a 21 indicadores agrupados en torno a tres elementos comunes: las fuerzas impulsoras de las Políticas, las acciones de las empresas y los facilitadores sociales.

Por su parte el Índice de Innovación 2007, se compone de 20 indicadores calculados para 37 países, en su mayor parte de la Unión Europea que se engloban en cinco elementos clave para la innovación: Fuerzas conductoras de la Innovación, Creación de Conocimiento, Innovación y Emprendizaje, Aplicaciones y Propiedad Intelectual.

Por otra parte, se ha realizado un análisis de componentes principales seguido de un análisis cluster para poder establecer tipologías de países en torno a la innovación sostenible y la competitividad. Así, se han obtenido para 33 países europeos (países de la Unión Europea, candidatos como Turquía, otros como Noruega,...) una serie de indicadores a través de Eurostat (Instituto Europeo de Estadística) que se utilizan

como medida de la innovación y desarrollo sostenible y se clasifican de la siguiente forma:

- Medidas de crecimiento económico y competitividad: Crecimiento de la tasa de PIB per cápita, Productividad por hora trabajada.
- Innovación: Gasto de I+D (% PIB)
- Sostenibilidad y ecoeficiencia: Efectos de la innovación en la eficiencia energética (porcentaje de empresas cuyas innovaciones tienen un alto impacto en la reducción de materiales y energía por unidad producida), Intensidad energética (cantidad de energía necesitada para producir una unidad en una economía).

5. RESULTADOS

En la figura 1 se observa que existe una relación positiva entre el Índice de Competitividad Responsable y el Índice de Innovación para los países analizados²

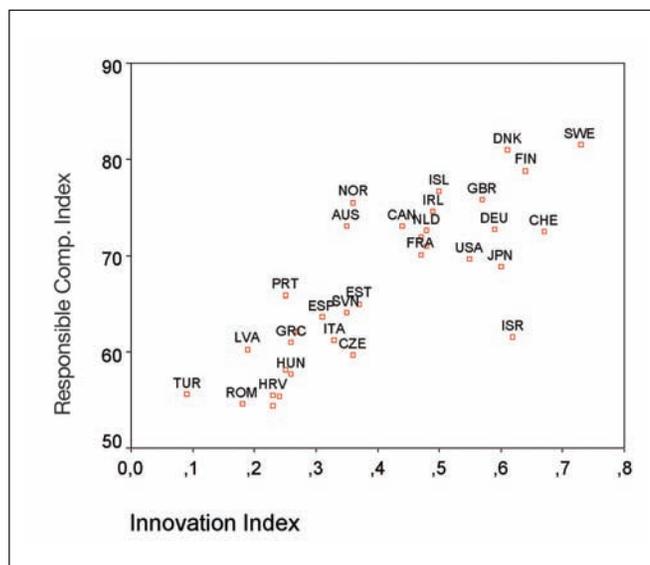


Figura 1: Relación entre el Índice de Competitividad Responsable y el Índice de Innovación
Fuente: Elaboración propia

Así se observa que los países nórdicos son los países más innovadores y con un mayor índice de Competitividad Responsable. Por otra parte, hay países como Estados Unidos, Israel o Japón, que a pesar de ser muy innovadores tienen un índice medio o incluso bajo en competitividad responsable. España, Italia, Lituania, etc., son ejemplos de países con índices medios tanto de innovación como de competitividad responsable. Por último, hay países como Rumania y Turquía que están lejos de alcanzar la competitividad responsable y la innovación.

Por otra parte, se ha realizado un análisis de componentes principales para 33 países con los indicadores anteriormente mencionados (crecimiento de la tasa de PIB per cápita, productividad por hora trabajada, gasto de I+D, efectos de la innovación en la eficiencia energética e intensidad energética).

² El coeficiente de correlación corregido obtenido entre ambos índices es de un 0,65.

el análisis cluster ha proporcionado unas conclusiones interesantes en torno a la competitividad, el crecimiento económico y la innovación sostenible.

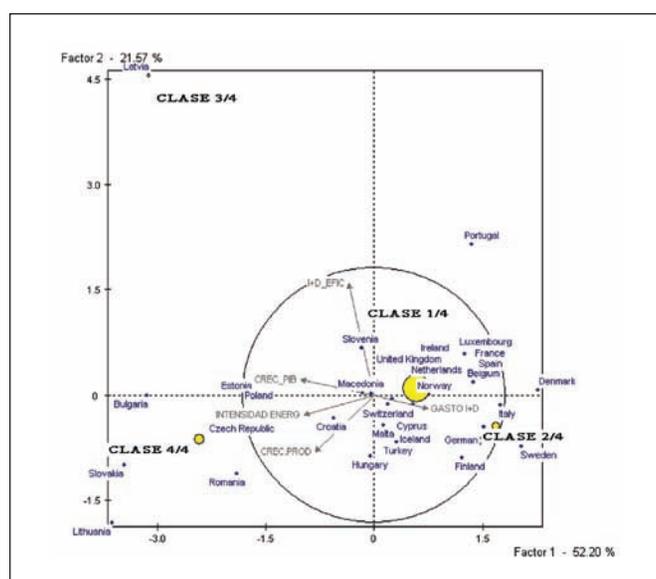


Figura 2: Análisis de Componentes Principales y Análisis Cluster
Fuente: Elaboración propia

En dicho análisis se han obtenido dos componentes principales. El primer componente (factor 1) está caracterizado en su eje de abscisas por el gasto de I+D, mientras que en su eje de ordenadas se caracteriza por el crecimiento del PIB per cápita y la Intensidad energética. El factor 2 se caracteriza en su eje superior por la variable definida como Efectos de la innovación en la eficiencia energética y en su eje inferior (aunque en menor medida) por la Productividad por hora trabajada. Atendiendo a estos factores se ha realizado un análisis cluster para el conjunto de países europeos que Eurostat proporciona datos. En la figura 2, se puede observar el resultado obtenido.

El análisis cluster ha permitido definir una tipología de países. Así se pueden definir tres grupos de países, ya que hay un cuarto (Latvia) que es un *outlier*, y se ha dejado fuera del análisis:

- **Países en estancamiento en crecimiento económico:** En este grupo se encuadran 20 países. Entre ellos se encuentran Reino Unido, Países Bajos, Noruega, Irlanda, Turquía, Bélgica,... Son países cuyo crecimiento en el PIB per cápita es inferior a la media, cuya productividad también es inferior a la media y la energía consumida para producir una unidad es inferior a la media. Por lo tanto son países que no están creciendo a un gran ritmo pero lo hacen de una forma sostenible.

- **Países innovadores:** En este grupo se encuentran aquellos países cuyo Gasto de I+D es superior a la media. En

este grupo se encuentran Alemania, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Austria.

- **Países con crecimiento no sostenible:** Son países que están creciendo a un ritmo superior a la media (crecimiento superior del PIB per cápita), con niveles de productividad por hora muy altos, pero con un gasto energético por unidad producida superior a la media. En este grupo se encuentran 7 países, los Países del Este: Estonia, Polonia, Rumania, Lituania, República Checa, Eslovaquia y Bulgaria.

Por lo tanto, se ha constatado que existe una relación positiva entre innovación y competitividad responsable. No obstante, se pueden establecer diferentes tipologías de países en torno a sus actuaciones más o menos responsables en términos de innovación y su desarrollo económico. Así, existen países innovadores, países responsables e innovadores aunque con un crecimiento económico ralentizado y países que están creciendo de forma no sostenible.

6. CONCLUSIONES

Entre las conclusiones que se extraen del análisis planteado se extraen algunas relevantes tanto para alimentar el concepto de Competitividad Responsable como para analizar la relación entre innovación y responsabilidad social empresarial.

En primer lugar, se ha encontrado que existe una relación positiva entre el Índice de Competitividad Responsable de *AccountAbility* y el Índice de Innovación del *European Innovation Scoreboard*. Esta relación parece indicar que los países innovadores realizan una innovación que contribuye a la competitividad responsable. Es decir, que las empresas y la sociedad están contribuyendo a la generación y desarrollo de nuevos productos, servicios o procesos responsables con el entorno. La relación entre estos índices también puede ser interpretada de otra forma. Dada una sociedad que ha evolucionado hacia una economía responsable, todas las innovaciones que se produzcan en el sistema estarán de

Se ha encontrado que existe una relación positiva entre el Índice de Competitividad Responsable de *AccountAbility* y el Índice de Innovación del *European Innovation Scoreboard*.

acuerdo con ese marco de responsabilidad. El potencial innovador de algunos países como es el caso de Estados Unidos e India, por ejemplo, que pueden ser considerados como innovadores (cada uno en su rango) y la pérdida de posiciones en cuanto se analiza el índice de competitividad responsable, induce a pensar que es más bien el marco de responsabilidad el que potencia la innovación responsable que viceversa. Por último, es necesario considerar que el modo de cálculo de los índices puede estar favoreciendo la correlación entre ambos, ya que por ejemplo en el índice de competitividad responsable se incluyen aspectos relacionados con la tecnología.

Por otra parte, el análisis cluster ha proporcionado unas conclusiones interesantes en torno a la competitividad, el crecimiento económico y la innovación sostenible. Así, se observa que los países más innovadores y por lo tanto los más competitivos no están dirigiendo su innovación hacia la ecoeficiencia, aunque parece tratarse de países sostenibles. Por otra parte, hay un grupo de países intermedio, que aunque no están creciendo económicamente a gran velocidad, y tampoco destacan por el gasto de I+D, su consumo energético por unidad producida es inferior a la media. Es decir, son países eficientes energéticamente, aunque quizás esta eficiencia pase por un menor crecimiento económico. Por último, resulta interesante observar, que los países europeos que más están creciendo, los países de la convergencia (Países del Este) lo están haciendo de forma no sostenible. Estos países, no son responsables ni innovadores, pero a pesar de ello son los que más valor añadido están generando a la economía.

Estos resultados hacen reflexionar sobre la relación entre el nivel de desarrollo de los países y el compromiso con la sostenibilidad. Así, a tenor de los resultados, no parece oportuno afirmar que la responsabilidad contribuye a la competitividad sea cual sea el nivel de desarrollo. Es necesario realizar un análisis más profundo de este concepto y su relación con el crecimiento económico. Asimismo, se puede extraer la siguiente conclusión, y es que los países en crecimiento están cometiendo los mismos errores que los países más desarrollados. En definitiva, los resultados inducen a pensar que la innovación requiere un marco de sostenibilidad para que ésta esté comprometida con la sociedad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- COMISIÓN EUROPEA. *Libro Verde, Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social en las empresas*, Bruselas. 18.07.2001, COM (2001) 366 final.

- EUROPEAN COUNCIL. “*Presidency conclusions 23 and 24 March*”, Lisbon: European Council, 2000, disponible en Internet: www.bologna-berlin2003.de/pdf/PRESIDENCY_CONCLUSIONS_Lissabon.pdf

- Freeman RE. *Stakeholder Management: Framework and Philosophy*, Pitman: Mansfield, 1984, MA.

- MacGillyvray A, Begley P, Zadek S. *El Estado de la Competitividad Responsable 2007*, London: Accountability, 2007. ISBN: 978-1-901693-25-2, disponible en <http://www.accountability21.net/>

- Midttun A, Granda G. (2007): *Innovación y responsabilidad social empresarial*. Madrid: Forética, 2007. ISBN: 978-84-612-1035-0. Disponible en: www.foretica.es

- Moreno JA. “Responsabilidad Social Corporativa y competitividad: una visión desde la empresa”, en VARGAS L. (Coord.): *Mitos y Realidades de la Responsabilidad Social Corporativa en España. Un enfoque multidisciplinar*. Cizur Menor: Ed. Aranzadi, Thomson Civitas, 2006, p.187-225. ISBN: 844702640X

- Morrós J, Vidal I: *Responsabilidad Social Corporativa*. Madrid: Fundación Confemetal, 2005. ISBN:9788496169678.

- Moulaert F, Sekia F. “Territorial Innovation Models: A Critical Survey”, *Regional Studies*, 37:3, 2003, 289 – 302.

- OECD: *Corporate Responsibility. Private Initiatives and Public Goals*, OECD: Paris, 2001. ISBN: 9264186697

- OECD: *Manual de Oslo*, 3ª edición. OECD: Paris, 2006.

- Pearce D, Barbier EB. (Eds.): *Blueprint for a Sustainable Economy*, Earthscan Publications, London, 2000. ISBN: 1853835153.

- Porter ME. *The Competitive Advantage of Nations*. London and Basingstoke: The Macmillan Press, 1990. ISBN: 0-333-51804-7

- Royo-Luesma T. “La Responsabilidad Social Empresarial. Oportunidad de mejora interna de gestión, ventaja competitiva, diferenciación y reputación de medianas y pequeñas empresas”. *DYNA Ingeniería e Industria*. Vol. 82, nº8, 2007, pp. 445-449.

- Storper M. *The Regional World: Territorial Development in a Global Economy*. New York: Guilford Press, 1997. ISBN: 1-57230-258-5

- Villalonga I, Server RJ: “El Concepto de Responsabilidad Social Corporativa. Razones para incorporarla en la estrategia empresarial”, en VARGAS L. (Coord.): *Mitos y Realidades de la Responsabilidad Social Corporativa en España. Un enfoque multidisciplinar*. Cizur Menor: Ed. Aranzadi, Thomson Civitas, 2006, pp.-19-35. ISBN:844702640X.

- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT. *Our Common Future*, Oxford: Oxford University Press, 1987, ISBN-13:978-0-19-282080-8

- WORLD ECONOMIC FORUM: *The Global Competitiveness Report 2007-2008*, 2007. Disponible en: <http://www.gcr.weforum.org/>

- Zadek S. Responsible competitiveness: reshaping global markets through responsible business practices. *Corporate Governance*. Vol. 6, No. 4, 2006, pp. 334-348.

Condiciones mínimas exigibles a los equipos médicos de Rayos X para su donación a las ONGD



Minimum required conditions for X-Ray machines for its donation to NGDO

José Luis González-Alonso
Ingeniero Industrial
ONGD IC-LI

Recibido: 10/10/08 • Aceptado: 19/01/09

ABSTRACT

- The X-ray machines employed in medicine for the diagnosis of some diseases and pathologies, require in Spain for their installation and development of the activity, the fulfilment of a series of fundamental measures that are included in the Communitarian Directive 97/43/EURATOM regarding the radiological safety of the patients and users, taking care of the recommendations formulated by the Commission the International of Radiological Protection (ICPR), the World Health Organization (WHO) and the Scientific Committee of the United Nations for the study of the ionizing effects of radiation.
- **Key words:** Radio diagnosis, Recovery of equipment through its donation, Equipping of NGD, ionizing radiation dispersed.

RESUMEN

Los equipos de Rayos X empleados en medicina para el diagnóstico de algunas enfermedades y patologías, requieren en España para su instalación y desarrollo de la actividad, el cumplimiento de una serie de medidas fundamentales que se recogen en la Directiva Comunitaria 97/43/EURATOM relativas a la protección radiológica de los pacientes y usuarios, atendiendo a las recomendaciones formuladas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICPR), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de los efectos de las radiaciones ionizantes.

Palabras claves: Radiodiagnóstico médico, Recuperación de equipos mediante su donación, Equipamiento de ONGD, Radiaciones ionizantes dispersas.

1. INTRODUCCIÓN

Estos equipos desde su comienzo a finales del siglo XIX han estado sometidos a un desarrollo progresivo y constante, especialmente el que se ha producido en la última década, por lo que los usuarios de los mismos los vienen sustituyendo actualmente por los de tecnologías y prestaciones más avanzadas, creándose con ello la posibilidad de que los equipos retirados puedan ser cedidos o donados gratuitamente a instituciones y ONGD de carácter humanitario, que operan en las

zonas más desfavorecidas de los países del tercer mundo, donde no se dispone de ningún equipo y en las que la necesidad de su empleo es vital para un desarrollo mínimo sanitario de su población.

El problema que se plantea con estos equipos que se retiran, es que en el momento de ser cedidos para un nuevo uso posterior podrían encontrarse en un cierto estado de deterioro y desajuste en sus principales elementos, generando por ello radiaciones ionizantes parásitas de fuga y dispersas, que podrían afectar tanto a los pacientes como al personal encargado de su manipulación con dosis superiores a los límites máximos permitidos.

Se trata por tanto de una responsabilidad transferida a las ONGD que realizan las donaciones y a los países de destino, teniendo en cuenta que el Consejo de Seguridad Nuclear como único órgano regulador competente en la protección radiológica frente a las radiaciones ionizantes, no tiene competencias para su control fuera de España.

Este artículo pretende explicar de forma resumida, los aspectos más esenciales sobre los requisitos técnicos mínimos a tener en cuenta en los equipos cedidos, las condiciones de los locales donde se ubiquen en los países de destino así como las normas que ha de seguir el personal encargado de su manipulación, con el fin de mantener la protección necesaria frente a las radiaciones ionizantes durante su funcionamiento, concluyendo con la propuesta

para las ONGD de la implantación de un sistema que garantice una gestión lo más eficaz posible para su control desde el momento que se decide su donación.

2. ELEMENTOS DE UN EQUIPO DE RAYOS X

Básicamente todo equipo de Rayos X consta de un tubo o ampolla de vidrio, en cuyo interior se ha realizado el vacío y se ha colocado un filamento incandescente emisor de electrones libres al espacio que le rodea llamado cátodo, y una placa metálica formada por un material de elevado punto de fusión como por ejemplo el wolframio que se denomina ánodo o anticátodo, y que es el elemento donde se van a generar los Rayos X al chocar violentamente contra él los electrones procedentes del cátodo, tal como se muestra en la fig. 1

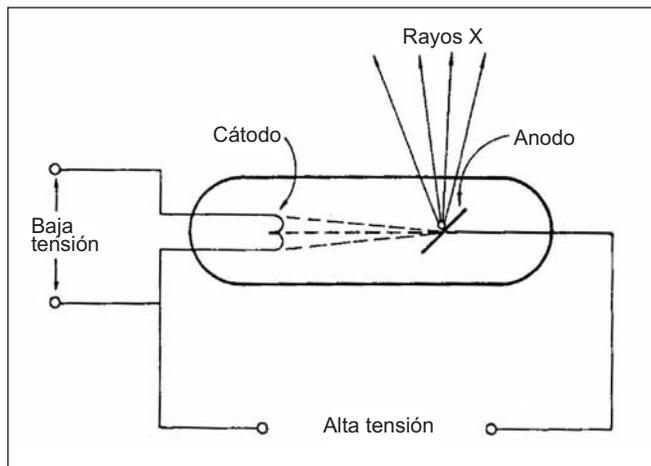


Fig. 1 – Esquema de un tubo generador de Rayos X

El espectro de los fotones de Rayos X que se obtendría a la salida del citado tubo generador, es el que se muestra en la figura 2.

Además del tubo de Rayos X descrito, los elementos que se añaden a éste hasta configurar un equipo completo en una

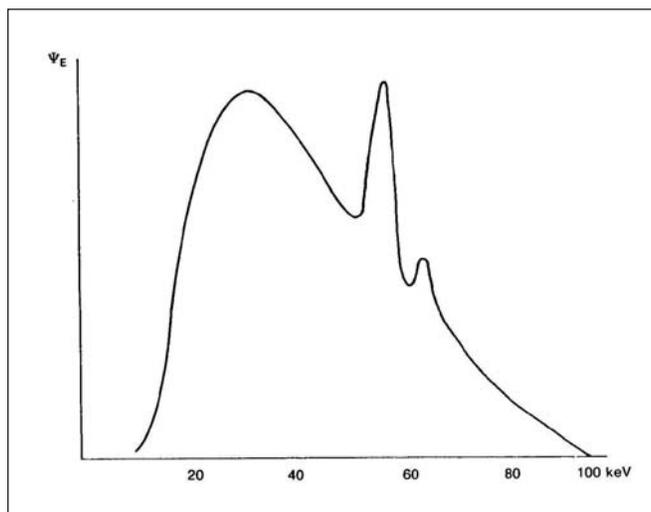


Fig. 2 – Espectro combinado de frenado y característico para un ánodo de Wolframio, con tensión de aceleración de 100 KV y 1 mm. de Al de filtración.

unidad de radiología básica serían: Generador de alimentación constituido por un autotransformador y transformadores de alta y baja tensión, miliamperímetro y voltímetro asociados al cuadro de mandos, rejillas antidifusoras (Bucky), sistema de imagen que incorpora sustancias fluorescentes (cartulinas reforzadoras), sistema de focalización, colimadores, filtros, espejo, blindajes, etc., así como todos aquellos otros elementos necesarios para mantener al paciente en la posición adecuada.

3. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES RELACIONADAS CON LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y CALIDAD DE LA IMAGEN

3.1. TIPOS DE RADIACIÓN Y BARRERAS DE PROTECCIÓN

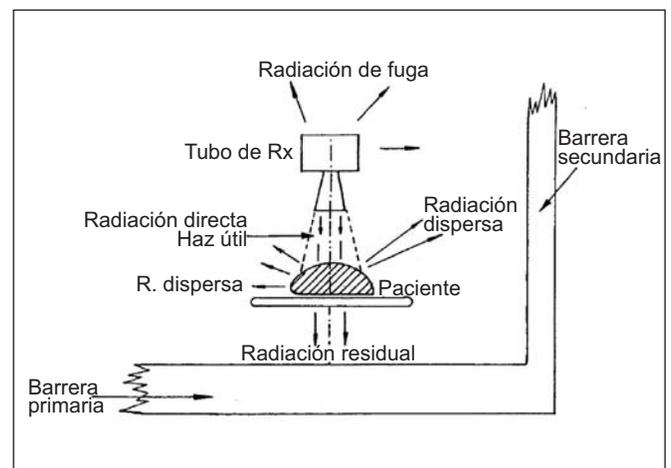


Fig. 3. – Tipos de radiación

Es importante saber que no todo el haz útil que procede del ánodo del tubo de Rayos X y se dirige a explorar la zona del paciente, va a alcanzar directamente la placa radiográfica una vez ha incidido sobre dicha zona de exploración, sino que se van a producir radiaciones parásitas de fuga, dispersas y residuales que no solo no van a contribuir a la calidad de la imagen, sino que además pueden causar efectos de irradiación sobre el paciente, personal de la instalación e incluso público en general que se encuentre en locales adyacentes.

Por esta razón, para que los efectos de dichas radiaciones no superen el valor de los límites de dosis máximas permitidas, deberán instalarse barreras (primarias ó secundarias) de protección en las paredes del local donde se realiza la exploración, con materiales de blindaje suficiente para atenuar estas radiaciones parásitas (véase fig. 3)

R. Directa es el haz útil que proviene del tubo de rayos X y que incide directamente sobre la zona que interesa explorar, definido como el campo de radiación delimitado por conos ó colimadores.

R. Dispersa se produce cuando el haz útil incide sobre el paciente y que motiva reflexiones múltiples, es decir, cambios de dirección del haz y reducción de su energía.

R. Residual es la fracción del haz útil que emerge de la placa radiográfica después de que el haz incidente la atraviese.

R. de fuga es aquella radiación que emerge de los blindajes de protección de la carcasa del generador y tubo de rayos X.

3.2. EFECTO DE LA RADIACIÓN DISPERSA SOBRE LA IMAGEN

Como se ha indicado anteriormente la radiación dispersa que alcanza la imagen hace disminuir el contraste, por lo que para corregir el problema existen varios métodos entre los cuales el más extendido es el de utilizar la “Rejilla Antidifusora” ideada por **Gustav Bucky**, que consiste en unas láminas absorbentes de la radiación (de plomo o wolframio) (fig. 4) entre las cuales hay un material menos absorbente (aluminio, material orgánico ó fibra de carbono), orientadas de manera que la radiación dispersa quede absorbida en buena parte. El antidifusor o Bucky se coloca entre el paciente y el sistema de imagen, y su uso implica aumentar la dosis al paciente para que la película adquiera una exposición suficiente.

Otro método es el de las rejillas localizadas en las que sus láminas convergen hacia una línea, con lo cual la radiación directa es paralela a ellas. Esta focalización exige que el foco de rayos X se sitúe muy próximo a esta línea y no exista un desenfoque debido a la distancia del foco a la rejilla. (fig. 5)

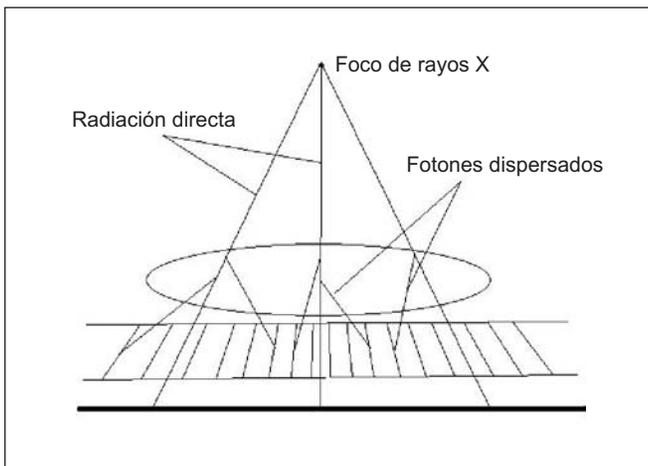


Fig. 4— La radiación directa encuentra a las láminas “de canto” y tiene mayor probabilidad de pasar a través de la rejilla

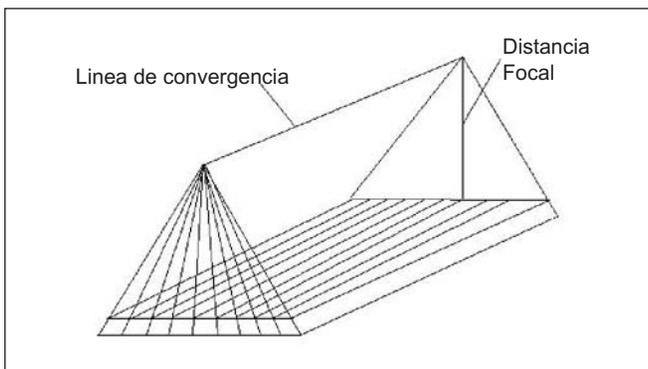


Fig. 5 — Las láminas convergen hacia una línea y el foco de rayos X debe situarse sobre dicha línea

3.3. INFLUENCIA DE LA FILTRACIÓN

Al observar el espectro de un haz de rayos X como el de la fig. 2, se comprueba que los fotones de menor energía están situados en la parte izquierda del espectro teniendo mayor probabilidad de ser absorbidos al atravesar los cuerpos, puesto que son menos penetrantes.

Si a la salida del haz se coloca una lámina de un determinado material, dicho haz pierde preferentemente los fotones “blandos” o menos energéticos. Este proceso se conoce con el nombre de filtración de rayos X destinada a eliminar la radiación blanda del espectro, puesto que no aporta nada positivo a la imagen radiográfica o radioscópica, y en cambio produciría una irradiación adicional al paciente.

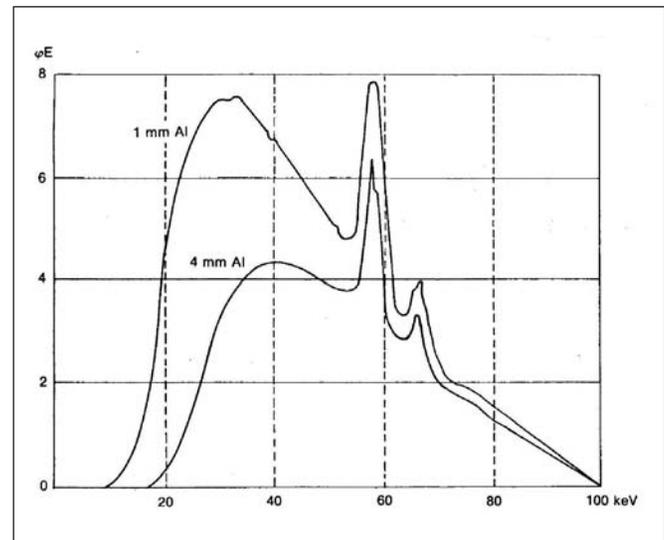


Fig. 6.- Filtración de rayos X con filtros de aluminio

3.4. TAMAÑO DEL CAMPO Y SU INFLUENCIA EN LA PROTECCIÓN Y EN LA CALIDAD DE LA IMAGEN

Si el haz está más abierto de lo necesario se cubre también un campo exploratorio mayor y se produce una irradiación directa mayor y más fotones dispersos.

Todo ello se traduce en los siguientes efectos:

Fotones A: Más radiación dispersa al ser mayor el volumen irradiado dentro del campo exploratorio con efectos sobre el paciente.

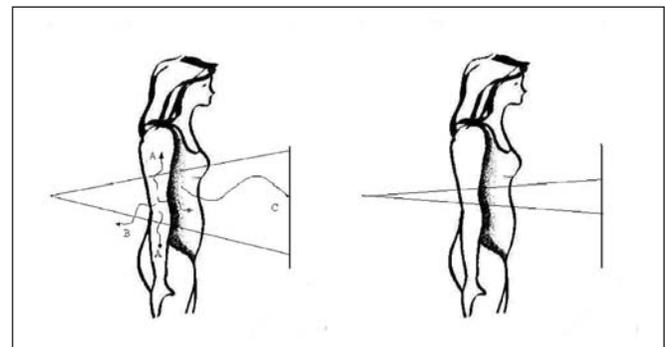


Fig. 7. — Tamaño del campo

Fotones B: Más radiación dispersa en el ambiente con efectos sobre el personal de la instalación.

Fotones C: Efectos negativos sobre la imagen al superponerse al haz directo y a las sombras radiológicas haciendo perder contraste.

Si el borde del campo está próximo a órganos críticos (por ej. genitales) hacen que estos se aproximen o entren en haz directo, lo que exige que éste se pueda conocer de antemano proyectando una luz y que el campo iluminado coincida con el de rayos X.

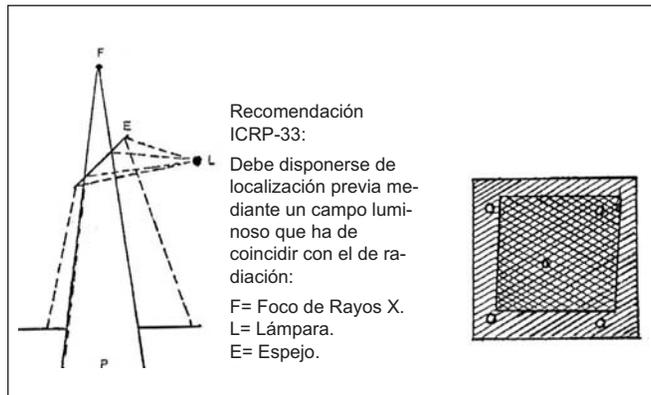


Fig. 8. — Debe comprobarse periódicamente que coinciden el haz luminoso y el de radiación

4. PRUEBAS A REALIZAR PARA GARANTIZAR LA CALIDAD Y USO ADECUADO DE LOS EQUIPOS

Para garantizar un nivel de calidad en el funcionamiento de los equipos, obtener un contraste adecuado en la imagen y una protección suficiente al paciente y personal de operación, es preciso realizar como mínimo anualmente a dichos equipos y al resto de la instalación, una serie de pruebas no invasivas siguiendo un protocolo de verificaciones recogido en el Anexo III del Real Decreto 1769/1999 de 23 de diciembre por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.

De forma resumida los parámetros y características más importantes que han de considerarse como mínimo en cualquier tipo de prueba que se realice serán los siguientes:

4.1. CONTROL DEL GENERADOR

Tensión de pico. Al aumentar la tensión se obtiene un mayor nº de fotones. Este parámetro es uno de los más relevantes para el equipo y tiene una incidencia fundamental sobre la dosis al paciente.

En esta prueba se comprobará la correspondencia entre los valores seleccionados y los reales, con una dispersión máxima de $\pm 10\%$, así como la reproducibilidad de la medida de la tensión del tubo que debe ser inferior a $\pm 5\%$.

Dosis absorbida y linealidad. Se comprobará para ciertos valores de tensión según las características del equipo, la constancia del cociente de la dosis absorbida y la carga (mAs) obteniendo las mismas salidas para diferentes combinaciones mA-tiempo cuando se mantiene constante la carga y la tensión de pico. Un resultado negativo de esta prueba puede deberse a una ó varias de estas 3 causas:

- Desajuste en la tensión de pico.
- Desajuste en el cronómetro.
- Desajuste en la intensidad.

Tiempo de exposición. En esta prueba se trata de valorar la precisión y reproducibilidad de los tiempos de exposición, entendiéndose por tal el intervalo de tiempo en el que la diferencia de potencial en el circuito de alta tensión ha alcanzado por primera vez un valor superior al 65% pero no superior al 85% del valor de pico, y el tiempo en el cual finalmente cae entre los mismos valores. Esta variación debe estar dentro del $\pm 10\%$ del valor indicado.

4.2. CONTROL DEL TUBO DE RAYOS X Y COLIMADORES

Filtración. Explicados ya en el apartado 3.3 el concepto y finalidad de la filtración a la salida del tubo de rayos X, se trata de verificar en esta prueba que la cantidad de material absorbente que se fija es superior o igual a 2,5 mm. de Al, para equipos que trabajen a una tensión superior a 70 kVp., aplicando el concepto de Capa Hemireductora entendida como el espesor de filtro necesario para reducir la intensidad del haz a la mitad.

Rendimiento del tubo. El rendimiento del tubo debe ser mayor que 25 $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ a 1 m. para una tensión de 80 kV reales y una filtración total de 2,5 mm. de Al., y el rendimiento medido en exposiciones repetidas no debe desviarse más del $\pm 20\%$ de la media.

4.3. COINCIDENCIA DEL HAZ LUMINOSO / HAZ DE RADIACIÓN Y CONCORDANCIA CON EL INDICADOR DEL TAMAÑO DEL CAMPO

Se evalúa el grado de coincidencia entre la simulación luminosa y el haz de radiación, constituyendo una buena

Si a la salida del haz se coloca una lámina de un determinado material, dicho haz pierde preferentemente los fotones "blandos" o menos energéticos. Este proceso se conoce con el nombre de filtración de rayos X destinada a eliminar la radiación blanda del espectro, puesto que no aporta nada positivo a la imagen radiográfica o radioscópica, y en cambio produciría una irradiación adicional al paciente.

Control de chasis radiográficos y cartulinas reforzadoras

referencia para posicionar adecuadamente al paciente y evitar irradiar porciones corporales sin interés de diagnóstico.

La suma de las distancias entre los bordes respectivos de los campos luminosos y de rayos X en cada una de las direcciones principales, no debe rebasar el 3% de la distancia desde el foco al campo luminoso.

4.4. CONTROL DE LA CALIDAD DE IMAGEN RADIOGRÁFICA Y SU RELACIÓN CON LA DOSIS

Uniformidad del haz de radiación. Se comprobará sobre un plano perpendicular al haz de radiación, la uniformidad de la intensidad de radiación incidente así como la simetría del campo de radiación, teniendo en cuenta que cualquier diferencia de densidad apreciable en las imágenes obtenidas, deberán obedecer únicamente a las características atenuadoras propias del paciente explorado.

Control del tamaño focal. Se medirá el tamaño del foco del tubo de rayos X verificando su correspondencia con los valores nominales del fabricante. Se pretende con ello valorar la influencia que el estado del foco puede tener sobre la calidad de la imagen o el tiempo de exposición que podrían verse afectado por la degradación del foco.

Control de rejillas antidifusoras. No deben verse artefactos ajenos a los elementos que deben aparecer en la imagen, y se comprobará el correcto alineamiento de la rejilla respecto al haz central, poniéndose de manifiesto descentrados laterales que influyan en el contraste de la imagen y en la dosis al paciente.

4.5. CONTROL DE CHASIS RADIOGRÁFICOS Y CARTULINAS REFORZADORAS

Se verificará la opacidad del chasis radiográfico a la luz ambiente y la existencia de un contacto uniforme entre película radiográfica y pantalla reforzadora.

4.6. CONTROL DE CALIDAD EN FLUOROSCOPIA

Perpendicularidad del haz de radiación con el plano del intensificador.

Se comprobará el ángulo existente entre las rectas foco-centro del intensificador y la perpendicular por el foco al plano anterior del intensificador, ya que una desviación importante reproduciría imágenes diagnósticas deformadas.

Resolución a contraste alto y bajo.

Para medir la capacidad que tiene el equipo al identificar ciertos tipos de detalle anatómico, se reproducirán series de líneas oscuras estrechas con espacios claros intercalados, así como objetos relativamente grandes que difieren en su opacidad del área circundante.

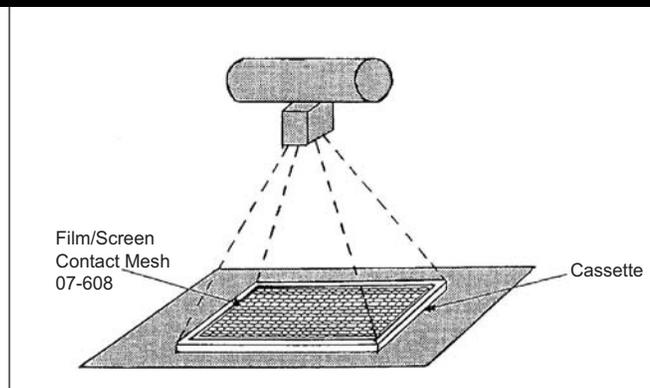


Fig. 9. – Control del chasis y cartulinas

Distorsión de imagen.

Se valorará la distorsión introducida por toda la cadena de imagen comprobando su concordancia con la nominal del fabricante, y constatando que su valor es aceptable.

5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS SALAS DE RADIODIAGNÓSTICO

Será responsabilidad del nuevo usuario o titular del equipo de rayos X, que el local donde se ubicará dicho equipo para realizar las exploraciones de acuerdo con las normas dictadas por el Organismo regulador en el país de destino, reúnan las características técnicas de los materiales y blindajes necesarios a fin de lograr la protección necesaria frente a las radiaciones ionizantes a los pacientes, personal de la instalación y público en general.

Deberán como mínimo tenerse en cuenta las siguientes cuestiones:

- Blindajes mínimos para barreras primarias y secundarias.
- Blindajes requeridos para los lugares de almacenamiento de películas.
- Cargas de trabajo semanales y factores de ocupación para personal expuesto y miembros del público.

6. NORMAS DE UTILIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE RADIODIAGNÓSTICO

Se ajustarán igualmente a lo establecido en el país de destino que entre otras deberán incluir al menos los siguientes aspectos:

- Personal acreditado con suficiente formación para la manipulación de los equipos.
- Control dosimétrico y médico del personal profesionalmente expuesto.
- Prohibición de manipulación y exposición de mujeres gestantes.

- Dotación de prendas personales de protección tales como delantales plomados, protectores gonadales, cortinillas plomadas, medios mecánicos de sujeción etc.

- Realizar revisiones periódicas a la instalación por empresas autorizadas.

7. CONCLUSIONES

Cuando el propietario o titular de uno de estos equipos decide retirarlo definitivamente de su uso, cuenta con las siguientes opciones:

- Proceder a su reventa a otro usuario si el equipo dispone del marcado CE.

- Destinarlo al desguace si no dispone del marcado CE, en cuyo caso no se encuentra permitida reglamentariamente su reventa.

- Donarlo a una ONGD ó institución de carácter humanitario.

La tercera opción, es decir la donación, además del valor humanitario que esta acción representa en si misma, podría reportar beneficios fiscales a su propietario, pero al mismo tiempo implicaría necesariamente la exigencia de que el equipo cedido cumpla unas condiciones mínimas de funcionamiento y calidad técnica para su uso posterior, tal como se ha explicado en el desarrollo de este trabajo.

El no cumplimiento de estas condiciones, podría causar graves daños y perjuicios a los pacientes y personal encargado de su manipulación en el lugar de destino, lo que a su vez supondría una importante responsabilidad para la ONGD titular de la cesión del equipo.

Se comprenderá que es bastante difícil que todas y cada una de las ONGD e instituciones, dispongan de los recursos humanos y materiales necesarios para controlar y verificar con eficacia los mencionados requisitos y condiciones, teniendo en cuenta además que los criterios aplicados por cada una de ellas podrían ser diferentes, obteniendo en consecuencia resultados también diferentes.

Por tanto, y con la finalidad de llevar a cabo este proceso con las necesarias garantías de eficacia y uniformidad, la Coordinadora de ONGD de Euskadi ha propuesto para llevar a cabo este cometido a IC-LI (INGENIERIA PARA LA COOPERACION-LANKIDETZARAKO INGENIARITZA). Se trata de una ONGD vinculada a los Colegios de Ingenieros Industriales de Alava, Gipuzkoa y Bizkaia, que disponiendo de los medios necesarios para el transporte y almacenamiento de estos equipos, cuenta además con personal con la experiencia técnica suficiente para gestionar el control y verificación de las condiciones requeridas en estas instalaciones.

A partir de esta primera recepción, los equipos donados podrán distribuirse al resto de las ONGD atendiendo sus peticiones y necesidades, pero contando ya con la seguridad de que dichos equipos cumplen con las debidas condiciones técnicas para su correcto funcionamiento y protección radiológica.

8- BIBLIOGRAFÍA

- Real Decreto 1132/1990 de 14 de septiembre, por el que se establecen medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos.

(B.O.E. nº 224 de 18 de septiembre de 1990)

- Real Decreto 1891/1991 de 30 de diciembre, sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

(B.O.E. nº 3 de 3 de enero de 1991)

- Real Decreto 414/1996 de 1 de marzo por el que se regulan los productos sanitarios. (B.O.E. nº 99 de 24 de abril de 1996)

- Real Decreto 1976/1999 de 23 de diciembre por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.

(B.O.E. nº 311 de 29 de diciembre de 1999)

- Real Decreto 815/2001 de 13 de julio sobre justificación de radiaciones ionizantes con ocasión de exposiciones médicas.

(B.O.E. nº 168 de 14 de julio de 2001)

- Real Decreto 783/2001 de 6 de julio, sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes (B.O.E. nº 178 de 26 de julio de 2001)

- Álvarez C. "Las instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico en España" *Seguridad Nuclear: II Trimestre 2002* p 3-6.

- Sánchez F, Murias B, Bezares González M, López Franco P. *et al.* "Protección Radiológica, Parte I: Concepto Generales" 1ª Edición. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría General Técnica. Publicaciones, Documentación y Biblioteca, 1988. 86 p. ISBN: 84-7670-068 -7.

- Martín A. "Manual de Curso de Directores de Instalaciones de Radiodiagnóstico dental" Radioprotección Consultores S.L. 2007 p. 99 - 143.

- Carranza P. "Curso de capacitación para Supervisores de Instalaciones Radiactivas". Instituto de Formación Científica y Tecnológica. 2006 p. 9-13.

- Rosales Espizua F. "Consideraciones acerca de la retirada de equipos de rayos X" Servicio de Protección Radiológica del Hospital de Basurto (Vizcaya). 2008 p. 1-5.

Los sistemas certificados de calidad en la industria: factores que determinan su implantación



The systems of certification of quality in the industry: factors that determine their implantation

- Fernando López-Rodríguez
- Pedro Álvarez-Martínez
- Fernando Guijarro-Merelles
- Angel Mena-Nieto

Dr. Ingeniero Industrial
Dr. Ciencias Exactas
Dr. Ingeniero Industrial
Dr. Ingeniero Industrial

Universidad de Extremadura
Universidad de Extremadura
Universidad de Extremadura
Universidad de Huelva

Recibido: 03/03/08 • Aceptado: 14/07/08

ABSTRACT

- Certified quality management systems represent one of the most competitive strategies used in industry today. Its general use, has motivated the study of the different factors that take part in their implementation. Numerous studies approach this subject but without valuing the importance of each factor. This work is focused on determining the influence of each one of the factors during the implementation of certified QMS according to norm ISO 9000.
- Once collected the data in order to hierarchize them, Rasch's model was adapted to the present study. We observed that the internal factors, such as having a good organizational structure and having clearly defined processes, were the most significant in the certification process. On the other hand, external type factors, such as customer pressure or the quality level of the competition, were less significant to improve the certification process
- **Key words:** Quality Management, ISO 9000, Certification, Factors, Rasch

RESUMEN

Los sistemas certificados de gestión de la calidad, representan actualmente, una de las estrategias competitivas más utilizadas en la industria. Su empleo generalizado, ha motivado el estudio de los distintos factores que intervienen en la implantación de los mismos. Son numerosos los estudios que abordan este tema, pero sin valorar la importancia de cada factor. El presente trabajo se centra en determinar la influencia de cada uno de los factores durante la implantación de SGC certificado según la norma ISO 9001.

Una vez obtenidos los datos, para su jerarquización, se utilizó el modelo de *Rasch* adaptado al presente estudio, observándose que los factores que más favorecen el proceso de certificación son los de tipo interno, como disponer de una adecuada organización o de procesos bien definidos, frente a los de tipo externo como pueden ser la presión de los clientes o el nivel de calidad de la competencia.

Palabras clave: Gestión de la calidad, ISO 9000, certificación, factores, *Rasch*

1. INTRODUCCIÓN

El constante aumento de la competitividad registrado durante los últimos años en el sector industrial ha obligado a muchas compañías a cambiar su estilo de gestión, implantando en su organización

sistemas para la mejora de la calidad como estrategia fundamental para hacer frente a estas circunstancias (**Deming**, 1989). La alternativa más empleada, para realizar estas actividades, es la adopción de sistemas basados en la norma ISO 9001 (ISO, 2006). Su reconocimiento a nivel mundial, el apoyo institucional mediante subvenciones, y la posibilidad de utilizarse en prácticamente cualquier sector, hacen que la norma ISO 9001 lidere, de forma destacada, el ranking de los modelos para la gestión de la calidad utilizados por las empresas industriales.

Desde su publicación el número de empresas que la utilizan va creciendo año tras año (ISO, 2006), por lo que las empresas certificadas en todo el mundo a finales del 2006 superaba ampliamente las 890 000. En el caso español la aceptación de esta norma ha sido muy alta, ocupando España el cuarto puesto por número de certificaciones en términos absolutos a nivel mundial. En

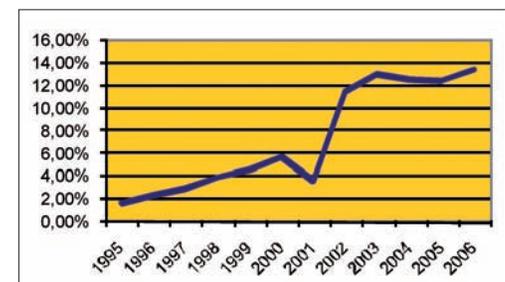


Figura 1. Porcentaje de certificados ISO 9000 de empresas españolas frente al total europeo. Fuente ISO Survey

términos relativos, el volumen de certificaciones españolas frente al total europeo ofrece unos valores muy superiores los que correspondería por nuestro tamaño, producto interior bruto o volumen de empresas. Esta situación queda reflejada en la Figura 1.

Considerando pues el interés demostrado por las empresas por este tipo de sistemas de gestión, el deseo por determinar qué factores son los que influyen en el proceso de implantación de los mismos ha centrado los esfuerzos de las investigaciones en este terreno durante los últimos años (Sila y Ebrahimpour, 2002). Trabajos como los realizados por Vloeberghs y Bellens (1996), han contribuido a la identificación de estos factores, muchos de los cuales se repiten en estudios posteriores como los llevados a cabo por Erel y Gosh (1997), o más recientemente Conca et al. (2004).

De forma paralela otro importante grupo de investigaciones han estado dirigidas a analizar las claves de los procesos de implantación y certificación. Algunas de las más recientes como las realizadas por Poksinska, et al. (2006) señalan incluso la influencia que tienen los propios organismos de auditoría y certificación.

Los objetivos planteados en este trabajo son fundamentalmente dos. En primer lugar revisar dichos factores considerando las modificaciones incluidas por la última versión de la norma (la del año 2000), y en segundo lugar, jerarquizar la influencia de cada uno de los factores obtenidos a lo largo del proceso de certificación.

La práctica totalidad de los trabajos realizados en esta última materia, utilizan para el tratamiento de los datos obtenidos, el análisis de la varianza como herramienta fundamental (Hua, et al 2006; Poksinska, et al 2002...). En nuestro estudio se utiliza el modelo de Rasch con el fin de poder obtener una escala que permita valorar cada uno de los factores de forma objetiva.

Una vez identificados los factores más relevantes en el proceso de certificación, se trató de obtener conclusiones en relación con su influencia en la implantación de sistemas de mejora de la calidad. Para esto se utilizó la experiencia acumulada por aquellas empresas que han implantado con éxito sistemas de gestión de la calidad según la norma ISO 9000. La propia naturaleza de la norma, permite identificar a éstas empresas por el certificado que obtienen al someterse a una auditoría por un organismo independiente. Estas empresas se encuentran, una vez superado el proceso de certificación, en situación de valorar los distintos aspectos relacionados con el mismo, y su punto de vista, es el más interesante para otras organizaciones dispuestas a seguir este camino.

Para la obtención de los datos se consideraron todas las entidades certificadas en Extremadura. Esta comunidad

presenta un tamaño y volumen de empresas certificadas más que suficiente para la realización del estudio. La colaboración facilitada por organismos públicos, y por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Extremadura ha sido determinante a la hora de la elección de esta región, ya que, gracias a ellos ha sido posible la identificación y colaboración de las empresas certificadas.

Por último, y como ya se ha indicado, para jerarquización y ordenación de los datos, así como para la obtención de las conclusiones se utilizó el modelo de Rasch, adaptado al presente estudio.

2. METODOLOGÍA

2.1 ELECCIÓN DE FACTORES

El origen de los factores seleccionados se encuentra, más que en las propias normas ISO 9000, en los orígenes generales de la gestión de la calidad. De forma general, todos los modelos de gestión de la calidad basados en alguna norma, como los modelos de excelencia (EFQM, 2.003; BNQP, 2.003) y los autores más clásicos (Deming, 1.989; Juran, J.M. y Gryna, F. 1.993) señalan la necesidad de ofrecer mejores resultados a los clientes mediante una gestión más eficaz de los elementos que desencadenan estos resultados.

En este mismo sentido las últimas modificaciones de la norma introducen nuevos aspectos fruto de la experiencia acumulada y el intento de aportar mejoras en los sistemas de gestión. Así, desde su inicio, la norma hace especial mención a que el enfoque basado en los procesos, la gestión y la mejora continua de los mismos deben conducir a un aumento de la calidad. En la misma introducción de la norma, se señala que en un sistema de gestión de la calidad basada en procesos deben intervenir:

-Los clientes, que marcan los requisitos del producto y exigen un nivel de satisfacción, identificándose en este estudio como mercados de las empresas certificadas.

-La empresa, que mediante la utilización de recursos y desarrollando procesos, genera productos, lo que se identifica como organización.

-Los procesos, mediante los cuales las organizaciones obtienen los distintos productos para satisfacer a los clientes.

-Los productos, resultado de la adecuada gestión de los procesos por la organización.

Todo esto ha obligado a realizar un análisis detallado de los sistemas de gestión de la calidad y las normas que los amparan para determinar los factores que influyen en su desarrollo.

Por otra parte, en los últimos tiempos, el interés general por difundir la utilización de las normas ha dado origen a nuevos factores que junto a los relacionados con los elementos citados anteriormente, deben ser tenidos también en consideración. Destacando entre ellos, las subvenciones recibidas por las empresas o las ayudas facilitadas por organismos intermedios encargados de difundir la mejora de la calidad.

En la Tabla 1 se relaciona los factores estudiados agrupados por los elementos que deben componer cualquier sistema de gestión de calidad según la norma ISO 9000.

Una vez identificados los factores más relevantes en el proceso de certificación, se trató de obtener conclusiones en relación con su influencia en la implantación de sistemas de mejora de la calidad.

Factores relacionados con el Mercado.	-El nivel de competitividad del sector. -La presión de los clientes. -Disponer de distribución propia.
Factores relacionados con la Organización.	-La necesidad de coordinación interna. -El compromiso de los empleados. -El tamaño de la empresa. -Disponer de un organigrama definido
Factores relacionados con los Procesos.	-El nivel tecnológico de la empresa. -Disponer de unos procesos definidos. -El grado de automatización. -La experiencia en el sector
Factores relacionados con los Productos.	-El nivel de calidad de la competencia. -La necesidad de mejorar el producto. -La amplitud de la cartera de productos.
Factores relacionados con el Entorno.	-El acceso a ayudas oficiales. -El acceso a empresas consultoras. -El acceso a entidades de colaboración independientes

Tabla 1. Factores escogidos

2.2 DATOS UTILIZADOS

Los datos empleados para la realización del presente trabajo se obtuvieron de empresas que estaban en posesión de un sistema de gestión de la calidad certificado por la norma ISO 9000. De esta forma todas tenían una visión completa del proceso de certificación, y podían valorar con su propia experiencia la importancia de cada uno de los factores analizados. Para contar con un adecuado volumen de datos se contactó con todas las industrias extremeñas certificadas.

Al no existir un registro oficial de empresas certificadas fue necesario realizar un trabajo de recogida de datos lento y laborioso, acudiendo a distintas fuentes para completar toda la información necesaria. Para reunir las direcciones y otros

datos comunicados por las empresas al registro mercantil.

La participación en el trabajo de la *Asociación para la Promoción de la Calidad en Extremadura (APCE)* y el *Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Extremadura (COIIE)* permitió identificar en casi todas las empresas una persona de contacto para la consecución de datos adicionales.

La información de cada empresa se recabó mediante una encuesta diseñada expresamente para este trabajo. Mediante un cuestionario de respuesta cerrada se solicitaba a los participantes que dieran su valoración, de una forma personal y directa, sobre la

importancia de cada uno de los factores. En el cuestionario se evitaron las preguntas que requiriesen búsqueda de datos concretos o que exigiesen mucho tiempo y esfuerzo para su obtención. Por el contrario lo que se solicitó era una valoración directa y espontánea por parte del entrevistado, según su propia experiencia.

Antes del envío definitivo y tras diversas pruebas entre los responsables de calidad de algunas empresas, las preguntas se modificaron para evitar interpretaciones erróneas y garantizar que en poco tiempo (máximo 10 minutos), se podía cumplimentar el cuestionario en su totalidad.

Finalmente se añadieron algunas preguntas de carácter general, a fin de poder realizar un análisis comparativo de los

La alternativa más empleada, para realizar estas actividades, es la adopción de sistemas basados en la norma ISO 9001 (ISO, 2006)

datos de estas empresas se emplearon por una parte los datos facilitados por las distintas entidades de certificación que operan en España. Estos datos los recaba anualmente la *Dirección General de Promoción Industrial de la Junta de Extremadura*. Si bien esta información permite obtener prácticamente la totalidad de empresas certificadas en la región, los datos así obtenidos se limitan, sencillamente, al nombre de la empresa certificada.

Para completar los datos, necesarios para realizar el trabajo de campo, se empleó la "*Guía Empresarial de Extremadura*" (Base de datos Ardan), facilitada también por la *Dirección General de Promoción Industrial de la Junta de Extremadura*. Esta Guía se nutre, fundamentalmente, de los

datos facilitados, permitiendo que las empresas sugirieran observaciones que podrían ser de interés para el estudio.

Por último se analizó la forma más adecuada para solicitar las respuestas. Para ello se consideraron las siguientes alternativas:

- 1) Entrevistas personales realizadas por encuestadores en las que se cumplimentase el cuestionario. (Entrevistas)
- 2) Remitir por correo electrónico el cuestionario y esperar la respuesta por esta misma vía. (e-mail)
- 3) Enviar por Fax los cuestionarios, y esperar la respuesta por esta misma vía. (Fax)
- 4) Realizar entrevistas telefónicas y cumplimentar simultáneamente el cuestionario. (Teléfono)

5) Remitir por correo las encuestas junto con un sobre franqueado para la respuesta. (Correo)

La mejor de estas alternativas se determinó realizando:

- Un análisis *DAFO* de cada una de ellas.
- Una prueba piloto a pequeña escala.

Los resultados obtenidos condujeron a emplear el correo como la alternativa que garantizaba un mayor número de respuestas. En aquellos casos en los que no se obtuvo respuesta a la solicitud por correo, se estableció contacto telefónicamente con el interesado, mejorando de forma considerable el resultado final.

El número de respuestas recibidas, supone algo más del 30 % sobre el total de empresas encuestadas, en total 155.

2.3 MEDIDA

Los datos remitidos por las empresas no permiten realizar una medida directa de la contribución de cada uno de los factores en el proceso de certificación. Siempre podrá generarse un indicador para cada uno de ellos, sumando todas las respuestas de las empresas, pero este valor no discrimina los distintos factores en término de las empresas. También se puede obtener un valor para cada una de las empresas, sumando todas sus respuestas, pero tampoco las discriminará en término de los factores. Para poder obtener una medida de la propensión a la certificación tanto de factores como de empresas se ha empleado el modelo de *Rasch*. Para abordar este problema, **Rasch** (1960) propone un modelo matemático que representa la respuesta de un individuo (persona o empresa), ante un ítem (pregunta, o requisito del sistema de gestión de calidad según la norma ISO 9000). El modelo utiliza un único parámetro ligado al ítem para valorar la medición (**Tristán**, 2002). Esto permite representar la medición empleando una simple dimensión con su correspondiente escala, sobre la que se podrá valorar tanto los ítems como los individuos.

La variable unidimensional puede representarse por medio de una recta orientada, en la que la dirección izquierda indicará menor capacidad para certificarse y la dirección derecha la mayor capacidad para certificarse. La Figura 2 representa un esquema de lo expuesto. En él se han

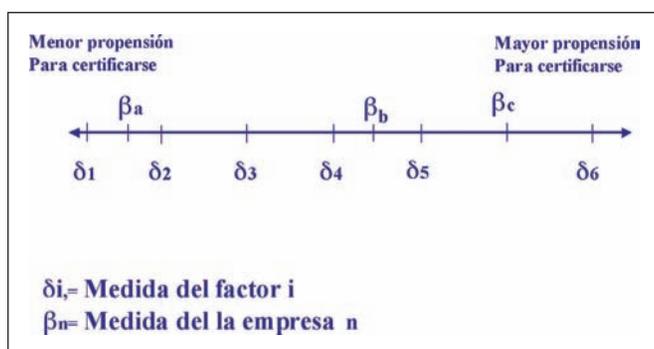


Figura 2. Modelo de Rasch

representado sobre una recta los ítems $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$ y δ_6 y las empresas β_a, β_b , y β_c . En dicho esquema la empresa β_a , tiene una medida menor que la empresa β_b , y esta menor que la empresa β_c , algo similar puede decirse en cuanto a los factores.

Comparando unas y otros, empresa β_c ha contado durante su proceso de certificación con los factores $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ y δ_5 pero no con el factor δ_6 . De esta forma se aprecian aquellos factores con los que cuenta la empresa y aquellos de los que carece, para poder obtener la certificación. La posición relativa de factores y empresas en la recta, viene dada por las respuestas facilitadas en la encuesta. Cuando un factor favorece el proceso de certificación este se debe situarse a la izquierda de la empresa y cuando no lo favorece debe situarse a la derecha.

Considerando un número suficiente de empresas puede construirse una recta con escala donde se sitúan tanto factores como empresas, con su propensión a la certificación claramente identificada.

Para determinar la medida de la propensión a la certificación de factores y empresas utilizando el modelo de *Rasch*, se ha empleado el programa informático, WINSTEPS versión 3.35.

3. RESULTADOS

Las respuestas recibidas se representaron en una tabla, identificando a cada una de las empresas por un código numérico a fin de garantizar el anonimato de las mismas. También se asignó un código a cada factor para su identificación, tal y como se aprecia en la Tabla 2.

Nivel de Competitividad del Sector.	F-1.
Presión de los Clientes.	F-2.
Necesidad de Coordinación Interna.	F-3.
Compromiso de los Empleados.	F-4.
Tamaño de la Empresa.	F-5.
Dispones de un Organigrama Definido.	F-6.
Nivel Tecnológico.	F-7.
Disponer de unos Procesos Definidos.	F-8.
Grado de Automatización.	F-9.
Experiencia en el Sector.	F-10.
Nivel de calidad de la competencia.	F-11.
Necesidad de Mejora del producto.	F-12.
Amplitud de la cartera de productos.	F-13.
Distribución propia.	F-14.
Ayudas oficiales.	F-15.
Acceso a Consultoras.	F-16.
Acceso a Entidades Independientes.	F-17.

Tabla 2. Código asignado a cada factor

El resultado de aplicar el modelo de *Rasch* sobre estos datos, puede apreciarse en la Figura 3. Las empresas han sido representadas por puntos y también se puede apreciar las distintas medidas obtenidas para su propensión a la certificación, y los factores que han favorecido el proceso de implantación de un sistema de gestión de la calidad (el factor F-6 por ejemplo, obtiene mejor medida y por tanto es el más valorado por las empresas). Es destacable que un

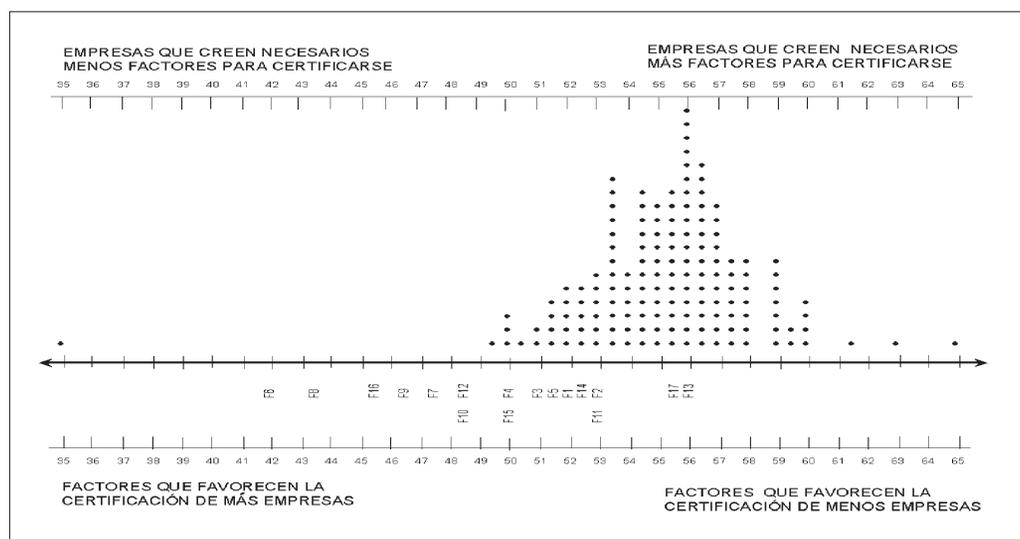


Figura 3. Medida de los factores

número elevado de factores, el 6, 8, 16, 9, 7, 10 y 12 han favorecido la certificación de prácticamente el cien por cien de las empresas consultadas.

También se aprecia como prácticamente la mitad de las empresas consideran que todos los factores han favorecido su proceso de certificación, pues se encuentran situadas a la derecha de todos ellos (del valor 53 en adelante).

La clasificación obtenida por los factores puede resumirse en la Tabla 3.

Destaca a simple vista como los factores relacionados con la estructura interna y operativa de las empresas (Disponer de organigramas definidos...), han sido considerados por la

mayoría de las empresas como los más determinantes a la hora de favorecer el proceso de certificación. Mientras que, contrariamente a lo que en muchas ocasiones se sostiene, los relacionados con el mercado o los clientes, tienen una menor importancia.

A continuación se analizan los desajustes, que son aquellos resultados que no se ajustan al comportamiento elegido por la mayoría de las empresas, o lo que es lo mismo, aquellos que no se ajustan

al patrón definido de forma global por la medida Rasch. Los desajustes pueden analizarse tanto desde el punto de vista de las empresas como desde el de los factores.

De los factores estudiados sólo dos presentan desajustes, F-16 acceso a Consultoras y F-15 acceso a ayudas oficiales.

Analizando estos desajustes de forma global, lo primero que se aprecia, es que todos son negativos. Ninguna empresa ha manifestado que el acceso a las empresas consultoras de calidad facilita el proceso de certificación más de lo que cabría esperar por su medida. Utilizando los datos adicionales solicitados a las empresas en el cuestionario, llama la atención que estas empresas, como media, han

Factor N°	Puntos totales	n° de respuestas	Medida	Error	Desajustes infit		Desajuste outfit		Correlación Puntuación medida
					Media cuadrática	Residuo standart	Media cuadrática	Residuo standart	
F-13 Amplitud de la cartera productos.	310	154	56.2	0.4	0.69	-3.4	0.70	-3.2	0.37
F-17 Acceso entidades independientes.	317	154	55.9	0.4	1.07	0.7	1.08	0.7	0.40
F-11 Nivel de calidad de la competencia.	378	154	53.4	0.4	0.67	-3.3	0.66	-3.4	0.53
F-2 Presión de los clientes.	386	154	53.1	0.5	0.91	-0.8	0.91	-0.8	0.47
F-14 Distribución propia.	391	154	52.8	0.5	1.19	1.6	1.20	1.6	0.44
F-1 Competitividad del Mercado.	408	154	52.0	0.5	1.01	0.1	1.00	0.0	0.52
F-5 Tamaño de la empresa.	414	154	51.8	0.5	0.95	-0.4	0.95	-0.4	0.38
F-3 Necesidad de Coordinación interna.	426	154	51.2	0.5	0.89	-0.9	0.89	-1.0	0.29
F-15 Ayudas oficiales.	440	154	50.4	0.5	1.59	4.2	1.54	3.9	0.48
F-4 Compromiso de los empleados.	443	154	50.3	0.5	0.75	-2.3	0.72	-2.6	0.47
F-10 Experiencia en el sector.	470	154	48.8	0.5	1.10	0.8	1.10	0.9	0.44
F-12 Necesidad de mejora del producto.	472	154	48.6	0.5	0.93	-0.6	0.94	-0.5	0.49
F-7 Nivel Tecnológico.	485	154	47.8	0.5	0.89	-1.0	0.91	-0.8	0.47
F-9 Grado de automatización.	499	154	46.9	0.6	1.04	0.3	1.01	0.1	0.51
F-16 Acceso a consultoras en calidad.	521	154	45.3	0.6	1.87	6.0	1.75	5.3	0.38
F-8 Disponer de Procesos definidos.	544	154	43.4	0.6	0.75	-2.3	0.74	-2.3	0.56
F-6 Disponer de Organigrama definido	558	154	42.0	0.7	1.04	0.3	0.99	-0.1	0.51
MEDIA	439	154	50.0	0.5	1.02	-0.1	1.00	-0.2	
S.D.	69	0	3.9	0.1	0.30	2.3	0.28	2.2	

Tabla 3. Clasificación de los factores según la medida de Rasch.

MEDIDA = 53.7	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10	F-11	F-12	F-13	F-14	F-15	F-16	F-17
NIVELES:	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3	1	1	1	0	2
DESAJUSTES		2									2				-2	-4	

Tabla 4. Desajustes para la empresa 58

necesitado bastante más tiempo para certificarse que el resto. Si la media total de las empresas encuestadas es de que 14,1 meses para certificarse, este grupo ha necesitado 26,8 meses. De estas empresas casi la mitad son empresas del sector alimentario, sector para el que normalmente no trabajan las empresas consultoras. Éstas están más especializadas en sectores industriales y de servicios. La falta de empresas de consultoría en gestión de la calidad en algunos sectores, dificulta el proceso de certificación de las empresas de esos sectores.

Los desajustes pueden analizarse también desde el punto de vista de las empresas. En este caso son un total de 25 las empresas que presentan algún desajuste. Considérese por ejemplo la empresa 58, la Tabla 4 refleja los desajustes de dicha empresa.

La empresa nº 58 forma parte de una multinacional del sector del automóvil, mercado altamente competitivo en el que los grandes fabricantes de vehículos ejercer fuertes presiones sobre sus suministradores. Al mismo tiempo, por tratarse de una empresa multinacional, no tiene acceso a subvenciones para la implantación de sistemas de calidad.

También en la tabla 4 se aprecian dos desajustes positivos, en los factores presión de los clientes F-2 y nivel de calidad de la competencia F-11. Esto quiere decir que para esta empresa la presión de sus clientes y el nivel de calidad de sus competidores es muy alto y han sido factores que

favorecieron la implantación de su sistema de calidad de manera destacada. Por el contrario el acceso a subvenciones o empresas consultoras especializadas es algo que no ha tenido una influencia muy positiva en este proceso, lo que concuerda con el tipo de empresa estudiada.

4. CONCLUSIONES

Las primeras conclusiones que se desprenden del trabajo, son las relacionadas con la metodología empleada.

1ª El procedimiento empleado confirma la idoneidad de los factores considerados, manteniendo una línea de coherencia con la mayoría de los trabajos referenciados, pero introduciendo al mismo tiempo, una serie de nuevos factores fruto de las últimas modificaciones de la norma.

2ª Los factores 15 y 16, acceso a ayudas oficiales y acceso a consultoras especializadas, presentan un comportamiento anómalo dentro del conjunto de los factores estudiados, como evidencia el nivel de desajustes obtenidos para ellos. Estos desajustes se explican, fundamentalmente, por la existencia de empresas que no han tenido la posibilidad de acceder a las ayudas oficiales valorando muy poco este factor, y a la falta de empresa consultoras especializadas dedicadas al sector de la agricultura y la alimentación, lo que también ha provocado que muchas empresas de estos sectores valoren muy poco el segundo de estos factores.

3ª De las empresas participantes en el estudio, 25 presentan un comportamiento anómalo, como indican los desajustes obtenidos para ellas. Este comportamiento se explica por la carencia de alguno de los factores considerados o, por el contrario, por contar con alguno de ellos de manera especial. Esto demuestra la validez de la metodología como herramienta de diagnóstico en el comportamiento de las empresas, durante el proceso de certificación.

En cuanto a las conclusiones relacionadas con los procesos de certificación según la norma ISO 9000 se obtienen las siguientes.

4ª Los factores que más favorecen los procesos de certificación son, en general, aquellos que están relacionados con la organización operativa de las empresas, como:

- Disponer de una estructura organizativa bien definida.
- Disponer de unos procesos bien documentados.
- Contar con un alto grado de automatización.

5ª Las empresas manufactureras presentan una menor propensión a la certificación que las empresas de servicio, por lo que es recomendable establecer medidas de fomento a la certificación para este tipo de empresas.

6ª Las empresas manufactureras valoran en general de forma más positiva que el resto de empresas, disponer de

Estos desajustes se explican, fundamentalmente, por la existencia de empresas que no han tenido la posibilidad de acceder a las ayudas oficiales valorando muy poco este factor, y a la falta de empresa consultoras especializadas dedicadas al sector de la agricultura y la alimentación, lo que también ha provocado que muchas empresas de estos sectores valoren muy poco el segundo de estos factores.

organigramas bien definidos. Facilitar que estas empresas dispongan de ellos, por ejemplo, mediante la contratación de especialistas en este terreno (ingenieros), facilitaría el proceso de certificación.

7ª No disponer de acceso a empresas consultoras especializadas aumenta sensiblemente el tiempo necesario para el proceso de certificación, y esto es especialmente importante en sectores como el de la industria alimentaria, de gran peso en la economía extremeña. Fomentar la existencia de empresas de servicios especializadas en esta materia mejorará el proceso de certificación en empresas agroalimentarias.

8ª Disponer de un alto grado de automatización favorece especialmente la propensión a la certificación de las empresas manufactureras. Simplificar el acceso a la tecnología mediante la contratación de personal especializado (ingenieros) y proporcionar ayudas a la inversión, aumentarán la certificación de estas empresas.

9ª Contar con un buen nivel tecnológico, favorece de forma especial la propensión a la certificación de las empresas manufactureras. Medidas como las citadas en el párrafo anterior facilitarán el proceso de certificación de estas empresas.

10ª La experiencia en el sector es un factor que favorece, fundamentalmente, la certificación de las empresas de servicio especializadas.

11ª Las empresas de mayor tamaño, tienen más dificultad para contar con el compromiso de sus empleados que las de menor tamaño. Así mismo las empresas de mayor tamaño tiene más dificultad para contar con una adecuada coordinación interna que las de menor tamaño, lo que dificulta el proceso de certificación de las grandes organizaciones.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Buzzell R, Gale B. (1987). *The PIMS Principles- Linking Strategy to Performance*. Free Press. New York.

- Conca FJ, Llopis J, Tari JJ. (2004). Development of a measure to assess quality management in certified firms. *European Journal of Operational research* Vol. 156, pp. 683-697.

- Deming WE. (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad la Salida de la Crisis*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid.

- Ehrenfeld T. (1994). Juran, Moss Kanter, Peters... y la Calidad Total. *Harvard Deusto Business Review* nº 60.

- Erel E, Gosh JB. (1.997) 'ISO 9000 Implementation in Turkish Industry '. *International Journal of Operations & Productions Management*, Vol. 17-12.

- Eurostat. (2007). *Europe in Figures*. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.

- Hua H, Chin KS, Sun H, Xu Y. (2000). An empirical study on quality management practices in Shanghai manufacturing industries. *Total Quality Management*. Vol. 11 (8).

- International Organization for Standardization. (1997). ISO, ISO 9000, ISO 14000. ISO RF/CS9707800089 (documento recogido del servidor oficial de Internet de ISO).

- International Organization for Standardization. (2005). *The ISO Survey of ISO 9000 2005*, ISO Central Secretariat.

- Murray J, O'Gorman C. (1994). Growth strategies for the smaller business. *Journal of Estrategic Change*. Vol 3, pp.175-183.

- Poksinska B, Dahlgaard J, Antoni M. 2002. The state of ISO 9000 certification: a study of Swedish organizations. *The TQM Magazine* Vol. 14 (5).

- Poksinska B, Jens Jörn Dahlgaard, Jörgen Eklund (2006). *From Compliance to Value-Added Auditing*. - Experiences from Swedish ISO 9001:2000 certified organizations. *Total Quality Management*. Vol. 7, pp. 879 - 892.

- Rasch G. (1960). On General Laws and the meaning of measurement in psychology. *Documento del cuarto symposium de Estadística Matemática y probabilidad*, en Berkeley.

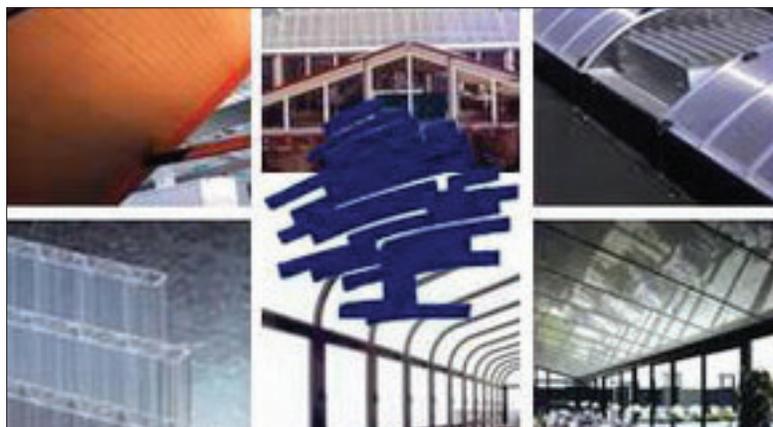
- Sila I, Ebrahimpour M. (2002). An investigation of the total quality management survey based research published between 1989 and 2000: A literature review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 19, (7), pp. 902-970.

- Tristán A. 2002. Análisis de Rasch para todos. Una guía simplificada para evaluadores educativos. *Ceneval*. México D.F.

- Wiele T, Iwaarden J, Williams R, Dale B. (2004). Perceptions About The ISO 9000 (2000) Quality System Standard Revision And Its Value: The Dutch Experience. *Erasmus Research Institute of Management*. Rotterdam.

Cerramientos de vidrios especiales

Análisis de aplicación en edificios sostenibles



Smart Glazings. Analysis of Application in Sustainable Buildings

M^a del Carmen Giménez-Molina
Arquitecto
Universidad Politécnica de Madrid

Recibido: 18/11/08 • Aceptado: 19/01/09

ABSTRACT

- Energy efficiency is nowadays a major issue regarding to sustainability in housing. In this way, energy efficiency has to do with CO₂ emissions reduction. Maybe, the weakness point in housing envelopes is the glazed surfaces. So it is a necessity to improve the Energy Efficiency from glazed surfaces. This study tries to explore the contribution and optimization of new high tech types of glass to get improvements in general energy efficiency in houses glazed surfaces. This study will carry out a research on developed commercial products and their application to housing and testing process. The study will allow designing new glazed envelopes for their use in Energy efficient houses. It also will allow exploring the return of the initial investment in special types of glass, by means of energy savings.
- **Key words:** Electro-chromic glass, energy efficiency, sustainable buildings, switchable glass, smart windows.

RESUMEN

La eficiencia energética es actualmente uno de los principales aspectos en lo que a la sostenibilidad en viviendas se refiere. En este sentido, la eficiencia energética está directamente relacionada con la reducción de emisiones de CO₂. Es seguramente la envolvente o piel de vidrio de las viviendas el punto más débil energéticamente hablando.

Por tanto, nos vemos en la necesidad de estudiar y mejorar la eficiencia energética de estas superficies.

Este artículo intenta explorar la contribución y optimización de nuevos tipos de vidrio de alta tecnología, a la mejora de la eficiencia energética general de superficies acristaladas. Esto permitirá el diseño de nuevas envolventes acristaladas para su uso en viviendas eficientes energéticamente. Ello permitirá además, explorar la amortización de la inversión inicial en nuevos tipos de vidrio, teniendo en cuenta el ahorro energético conseguido.

Palabras clave: Vidrios electro-crómicos, eficiencia energética, edificios sostenibles, vidrios dinámicos, ventanas inteligentes.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy día el acristalamiento usado convencionalmente en viviendas no alcanza las cotas de eficiencia energética deseables en una casa de máximo ahorro energético. Como unidad de obra nueva convencional, la ventana

está formada generalmente por un doble acristalamiento, con carpintería de aluminio o PVC con o sin rotura del puente térmico y protección solar exterior o interior. Este artículo se ocupa de la contribución de las nuevas tecnologías del acristalamiento a la mejora de la eficiencia energética de los cerramientos de vidrio convencionales en viviendas, puesto que éstos, no son eficientes hoy día.

Con mejores acristalamientos se conseguiría una mejora de la eficiencia energética de la vivienda. De aquí la problemática del estudio al que nos enfrentamos. Pretendemos una mayor eficiencia térmica; un ahorro de energía consiguiendo así costes menores y una disminución de las emisiones de CO₂.

Los nuevos vidrios especiales o “*smart glazings*” contribuyen a la mejora de la eficiencia energética y su actual aplicación en cerramientos de viviendas.

2. EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL VIDRIO

Es bien conocido, que la principal característica del vidrio es su transparencia, proporcionando un sinfín de posibilidades en el ámbito arquitectónico y de expresión plástica, abarcando un amplio abanico de soluciones funcionales, ya sea con respecto a la iluminación natural, o a la percepción o comunicación visual.

Por ello está considerado como un material único en construcción. Sin embargo, a pesar

ello, en función del clima, lugar utilizado y época del año, el vidrio puede jugar bien en nuestra contra, o a nuestro favor. En efecto, su propiedad de captación térmica, también llamada efecto invernadero, resulta deseable en invierno pero contraproducente en verano. Igualmente su valor de bajo aislamiento térmico afecta negativamente, causando pérdidas térmicas en invierno.

Aun cuando la transparencia es una de sus propiedades más importantes, que impulsa al proyectista a la utilización de grandes superficies acristaladas para conseguir el efecto de fluidez espacial y de las vistas, es probable que, a veces, llegue a convertirse en un gran inconveniente, dado que debido al efecto invernadero, se origine una gran cantidad de calor que en algunas épocas puede resultar desfavorable para la habitabilidad de los edificios. Es por ello por lo que se plantea la necesidad de una investigación sobre nuevos tipos de vidrios.

Ya desde los inicios de la arquitectura moderna surgieron los primeros problemas técnicos en el uso de las superficies vidriadas de grandes dimensiones. Debido a ello la tecnología de producción de vidrio para la construcción ha ido diversificando su producto, bien variando la composición química del material, realizando tratamientos superficiales, agregando elementos o gases de baja emisividad entre dos vidrios, incluyendo sistemas pasivos o activos de control solar y térmico, o combinando varios de éstos, para ofrecer así distintos tipos de vidrios que pretenden solucionar uno o varios problemas: vidrios de comportamiento óptico modificado, de control solar, aislantes térmicos y acústicos, de baja emisividad, de seguridad, decorativos, laminados, resistentes al fuego, tintados, etc.

Por tanto, tras el creciente interés en la construcción por la incorporación del vidrio en las fachadas, se ha potenciado el uso de nuevas tecnologías que mejoren y aumenten el confort, la productividad y la comodidad para sus ocupantes, reduciendo los costes y contribuyendo a una mejora de la salud del planeta reduciendo el uso de energía y el consecuente impacto negativo medioambiental.

Entre los posibles candidatos a la contribución a la mejora en su comportamiento frente a las cargas térmicas, y por tanto en eficiencia energética, están los vidrios actualmente conocidos como bajo emisivos y reflectantes. Sin embargo, tanto unos como otros tienen un comportamiento óptimo frente a condiciones concretas de invierno o de verano, resultando desfavorables en otras. Debido a ello se plantea el estudio de vidrios capaces de cambiar sus propiedades según ciertas condiciones, que llamaremos vidrios dinámicos.

Hasta el momento se han realizando numerosas patentes y diversas empresas se están volcando en su desarrollo comercial, pero aún hay un punto que no está estudiado, y que es fundamental para la incorporación de estos vidrios a la arquitectura. Se trata del comportamiento frente a la radiación infrarroja, la causante del efecto invernadero y del aumento de temperatura en el interior del recinto.

3. TIPOLOGÍA VIDRIOS ESPECIALES

Este artículo pretende estudiar los distintos vidrios especiales-inteligentes, llamados “*smart glazings*” que se están

desarrollando actualmente, tanto en periodo de investigación como en proceso de comercialización.

No actúa igual un cerramiento de vidrio en invierno que en verano. Cuando una composición es ventajosa en invierno (por captación solar) puede resultar contraproducente en verano (sobrecalentamiento). Del mismo modo ocurriría a la inversa. Por ello, se busca un vidrio que sea cambiante, dinámico, capaz de adaptarse a las condiciones climáticas, ya sea activamente, o pasivamente.

Llamamos vidrios especiales a aquellos vidrios que cambian su color-opacidad, bien en función de las condiciones externas a la que es expuesto, o bien aplicándoles un pequeño potencial eléctrico. Pues bien, hablamos de vidrios inteligentes si forman parte de un sistema ya inteligente, es decir, de un edificio domotizado, que sepa actuar o reaccionar según las condiciones expuestas previamente y activar el mecanismo correspondiente. Entonces, como tal componente, podemos hablar de un vidrio inteligente.

Estos vidrios pueden clasificarse en dos tipos, que a continuación describiremos y estudiaremos por separado: vidrios pasivos y vidrios activos.

3.1.- VIDRIOS PASIVOS

Un vidrio pasivo, es controlado por las condiciones externas al cual es expuesto el edificio.

3.1.1.- Fotocrómicos

Los vidrios fotocrómicos, aún en estado de investigación, utilizan el fenómeno de “cambio de estado”, considerado el más antiguo y datado ya desde los años 80. Este material cambia su transparencia en respuesta a la intensidad lumínica, oscureciendo en función de la radiación, usualmente la ultravioleta, entre unas longitudes de onda que va desde la 300 a los 400 nm, y volviendo a sus propiedades originales en la oscuridad. Básicamente el fenómeno es el cambio reversible de una reacción química entre dos estados de energía con espectros de absorción distintos. Este cambio de estado es inducido generalmente por radiación electromagnética (usualmente la ultra-violeta).

Los cristales fotocrómicos, han sido ya usados y probados, y son altamente conocidos en las lentes de las gafas de sol, cambiando desde el claro en interiores a oscuro en ambientes exteriores.

Aunque pequeñas unidades han sido producidas en volúmenes reducidos a nivel de consumidor privado, aún no está disponible en el mercado, debido a su elevado coste, pero se espera que estén disponibles en un futuro cercano.

Según **Cronin** la coloración total de los prototipos ensayados hasta el momento por el *Lab's Enviromental Energy Technology* División de Berkeley (California), requiere al menos 10 minutos, aunque aún se deben resolver algunos problemas, debido a que ahora mismo el material se oscurece principalmente en respuesta a la luz ultravioleta, y es necesario modificar la película transparente de Níquel-Titanio introducida en la cámara, para que responda eficientemente al espectro solar, así como también se debe seguir desarrollando dicha capa, para que sean lo más transparentes y uniformes posibles.

Su rango de transmitancia visible varía entre un 83% (no activado o transparente) y un 33% con un color azul (activado).

Prototipo de ventana gasocrómica

Su aplicación sería útil en edificios de oficinas, y reduciría por tanto el uso de protecciones solares. Al ser un vidrio pasivo, no haría falta la domotización para su control.

3.1.2.- Termocrómicos

Un vidrio termocrómico, cambia su transparencia en respuesta a la temperatura, inducida por una reacción química. Los materiales termocrómicos se conocen desde 1870 aproximadamente, y al igual que el fotocromismo, es uno de los procesos cromogénicos más antiguos que se conocen.

Los materiales actualmente bajo desarrollo para ventanas, son geles entre vidrio y plástico (hidrogeles de polímero), que varían desde un estado claro, cuando baja la temperatura, a un color difuso y blanco, que refleja la luz, cuando sube la temperatura. En su estado encendido, la visión a través de él, es nula. Algunos vidrios podrían en efecto, eliminar totalmente la transmisión de luz solar, cuando las cargas de aire acondicionado resulten demasiado altas.

La temperatura del vidrio, la cual va en función del ambiente exterior e interior, regularía la cantidad de radiación solar que incide.

Los vidrios termo-crómicos, están pensados esencialmente para lucernarios, porque en su estado opaco no interfiere en la visual tanto como en una ventana normal. Una ventana termocrómica podría ser también activada por un sensor térmico en la ventana, operando como otros vidrios electro-crómicos, pero resulta menos efectiva energéticamente hablando.

Se han realizado y ensayado prototipos de vidrios, pero no están comercialmente disponibles por el momento. Los actuales problemas con los geles son la inestabilidad ante la radiación ultravioleta, el ciclo de vida y la no homogeneidad durante el encendido.

3.2.- VIDRIOS ACTIVOS

Un vidrio activo, cambia su transparencia, por la aplicación de una pequeña corriente eléctrica, controlada por los propios ocupantes del edificio.

Tras el creciente interés en la construcción por la incorporación del vidrio en las fachadas, se ha potenciado el uso de nuevas tecnologías que mejoren y aumenten el confort



Prototipo de ventana gasocrómica.
Fuente: Platzer (2003)

3.2.1.- Vidrios de cristal líquido disperso (LCD)

Consiste en una fina película de cristal líquido colocado entre dos conductores eléctricos transparentes sobre delgadas películas de plástico y todo ello laminado entre dos capas de vidrio. Cuando está apagado, el cristal líquido está desordenado y desalineado, reflejando la luz, y consiguiendo un estado translúcido. Los tiempos de conmutación entre los estados OFF y ON son del orden de ≈ 1 ms, y se pretenden reducir, ya que esto incrementaría sus posibilidades aplicativas. La posibilidad de incorporar color es viable y actualmente se está investigando en esta dirección.

Los vidrios de cristal líquido tienen solamente dos estados, claro y difuso, y la potencia (0.5 vatios, operando entre 24 y 100 voltios) debe ser continuamente aplicada al cristal para mantener el estado de claro. El rango de transmitancia visible es del 50 al 80%. Algunos productores ofrecen el vidrio en diversos colores e incluso curvados. Diversas aplicaciones realizadas hasta ahora acerca de estos vidrios sobre los rayos ultravioleta, permiten su aplicación en exteriores, pero comúnmente es usado en interiores.

3.2.2.- Gasocrómicos

El vidrio gasocrómico utiliza el gas hidrógeno, solo o mezclado con otros gases inertes. Su componente activo es una película de óxido de tungsteno (WO_3), más delgada que $1\mu m$ de espesor y laminada con un catalizador. Cuando dicha película es expuesta a una baja concentración de hidrógeno, adquiere un color azulado, reduciendo la visibilidad y los valores de transmitancia óptica visible. Variaciones en la concentración del hidrógeno, harían variar el color. Bajo la exposición a una pequeña concentración de oxígeno, vuelve a su estado original (transparente). La mezcla de gas es introducida en la cámara entre el panel exterior e intermedio de un triple vidrio. La segunda cavidad y el tercer vidrio, que suele llevar una capa bajo emisiva, asegura que el vidrio gasocrómico obtenga unas propiedades térmicas adecuadas.

La transmitancia visible puede variar entre un 10 y un 59%. Niveles de transmitancia menores del 1% para privacidad o control de la luminosidad, son posibles. La rapidez de encendido varía entre 2 y 10 minutos.

La ventana electrocrómica se compone de un doble panel de vidrio aislante, donde la capa electrocrómica es aplicada en la superficie interior del vidrio externo

La clave principal en los requerimientos de diseño de un vidrio gasocrómico en comparación con un vidrio convencional se basa en el hecho de que dicho vidrio está conectado a un complejo sistema con cables eléctricos y tuberías. Las ventanas gasocrómicas, están siendo experimentadas y sometidas a ensayos de durabilidad actualmente, y se esperan que alcancen el mercado, en un futuro cercano. En la producción de dichas ventanas experimentales comenzadas en el 2002, se han llegado a alcanzar unas dimensiones de 1,5x1,8m.



Vistas exteriores de prototipos de ventanas electrocrómicas, en su estado claro (izquierda) y tintado (derecha).
Fuente: (Ward, Inkarojrit & Yazdanian 2006)

3.2.3.- Vidrio de partículas en suspensión (SPD)

Este vidrio, controlado eléctricamente, utiliza una delgada capa de líquido, en el cual numerosas partículas microscópicas están suspendidas. En un estado apagado, las partículas están desordenadas y bloquea parcialmente la transmisión solar y la vista. Conductores eléctricos transparentes, permiten la aplicación de un campo eléctrico en la película de partículas dispersadas, alineándolas y aumentando así la transmitancia visible. Esa transmitancia visible varía desde 22%-5% a 57%-12%.

El tiempo de encendido es más limitado que el electrocrómico (ver punto 3.2.4), y requiere unos 100 voltios, desde el estado de apagado (coloreado) al encendido (casi transparente), y puede ser modulado a cualquier estado intermedio. La potencia requerida es de 0.05 vatios, tanto para encenderlo como para mantenerlo en una constante transmisión si no está apagado, adquiriendo un color azul cobalto.

Estos vidrios laminados, pueden ser fabricados ya hoy día en láminas dimensiones aproximadas de 1.2x2,4 m, tanto planos como curvos. La durabilidad y propiedades ópticas solares, no están verificadas actualmente.

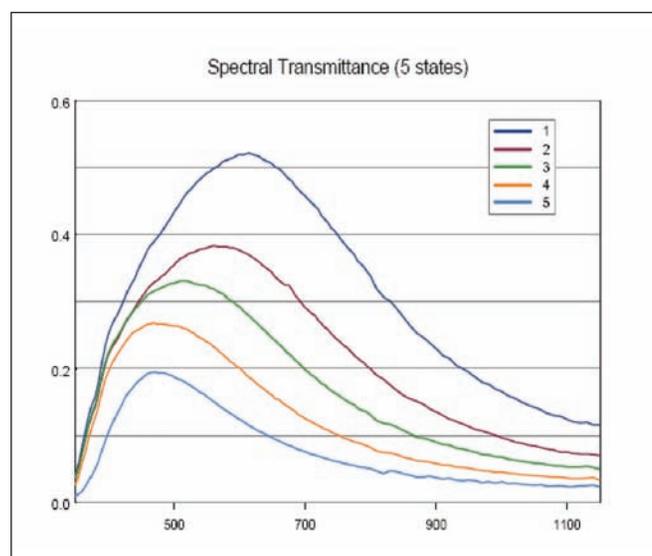
Este vidrio es comercializado en dimensiones máximas de 1x3 metros y es recomendado principalmente para interiores, aunque también se puede emplear para exteriores, siempre y cuando se utilice en el exterior un vidrio de baja emisividad o de control solar, y al interior un "climalit", pero nunca deberá utilizarse para lucernarios. Su uso limitado para exteriores es debido a su precio.

3.2.4.- Vidrios electrocrómicos:

Una capa electrocrómica es un conjunto de capas "activables" de delgadas películas, que aplicados al cristal o al plástico, pueden cambiar su apariencia desde un claro (amarillo claro) a un azul oscuro (azul de Prusia), cuando se le aplica un pequeño voltaje, permitiendo siempre la visión a través de él.

En cualquier estado, la ventana permite una visión perfecta sin distorsiones o neblina.

La transmitancia visible (T_v) y el coeficiente de ganancia de calor (SHGC), varía dependiendo de la composición del material. El factor U (Coeficiente Global de transmisión de calor, unidades $WT/m^2 K$), no se ve afectado por el tintado,



Curvas de la transmitancia espectral de un vidrio electrocrómico en 5 estados.
Fuente: Kraft (2006)

La velocidad del encendido varía en función de la superficie y la temperatura exterior del vidrio (según los niveles de radiación solar, velocidad de viento y temperatura del aire)



permaneciendo siempre invariable. Generalmente, el rango entre encendido y apagado, varía según las condiciones ambientales exteriores.

La ventana electrocrómica se compone de un doble panel de vidrio aislante, donde la capa electrocrómica es aplicada en la superficie interior del vidrio externo. El rango de encendido, no está solo determinado por la capa electrocrómica, sino también por los paneles de vidrio aislante. El vidrio externo puede ser tintado o claro, y el interno puede ser de cualquier tipo (tintado, de baja emisividad, etc.).

Como se indica en la imagen, el cambio en la transmitancia de luz visible puede variar desde el 8% en coloreado al 77% en apagado. La transmitancia solar puede cambiar desde el 6% al 56%. Cada estado intermedio entre el estado de totalmente apagado-encendido, puede ser ajustado.

La velocidad del encendido varía en función de la superficie y la temperatura exterior del vidrio (según los niveles de radiación solar, velocidad de viento y temperatura del aire).

Estos vidrios resisten bien a los rayos ultravioleta y pueden utilizarse tanto para exteriores como para interiores. Con ellos sería posible sustituir las protecciones solares, siempre y cuando estos vidrios vayan en combinación con un buen sistema domótico.

El producto está disponible en vidrios de dimensiones máximas de 1x1.5m, según datos obtenidos de la única empresa que comercializa vidrios electrocrómicos en EEUU.

4. CONCLUSIONES

Estos vidrios se han desarrollado esencialmente pensando en modificar sus condiciones de transparencia. El asunto de la atenuación o absorción de infrarrojos es un aspecto secundario en estas investigaciones y que en general está todavía por estudiar en profundidad.

Los vidrios especiales están la mayoría aun en periodo de investigación, y se espera una aplicación cada vez más próxima en el mercado arquitectónico, y con costes muchos menores que los que encontramos actualmente. Estos acristalamientos ayudarán a bajar los precios y las demandas de las energías no renovables, iluminación y refrigeración. Las perspectivas ahora mismo son bastante buenas, gracias a la gran cantidad de empresas involucradas en estas investigaciones, y aunque la mayoría de ellas se encuentran en EEUU, se espera que en un futuro no muy lejano vayan llegando a Europa. En España, los únicos vidrios que podemos encontrar son los vidrios de cristal líquido, aunque son demasiado caros y su estabilidad a la radiación UV es aún muy baja.

Por tanto, por ser una vía en investigación, consideramos de principal interés exponer los tipos con los que nos encontramos hasta el momento y su evolución en el mercado. Estas nuevas tecnologías, pueden ayudar a disminuir el efecto de las cargas térmicas, ya que como se sabe, la radiación infrarroja de onda corta es la culpable del calentamiento de las estancias interiores y del llamado efecto invernadero.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Carmody J, Selkowitz S, Hescong L. *Residential Windows : A Guide To New Technologies And Energy Performance*. New York: W.W. Norton, 2007. ISBN: 0-393-73004-2.

- Cronin JP, Gudgeon TJ, Kennedy SR. "Electrochromic Glazing". São Carlos: , Enero. 1999. ISSN: 1516-1439. Available From: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14391999000100002>

- Larnpert CM. "Chromogenic Switchable Glazing: Towards The Development Of The Smart Window". Toronto, Canada, June 5-6, 1995, Ed. , June 1995. Available From <<Http://Gaia.Lbl.Gov/Btech/Papers/37766.Pdf>>. ISBN: Lbl-37766 Uc-16(M).

- Roland Pitts J et al. *Electrochromic Window Durability*. National Renewable Energy Laboratory Ed. . Available From: <Http://Www.Nrel.Gov/Buildings/Electrochromic_Activities.Html#Durability>.

- Ward GJ, Inkarojrit V, Yazdanian M. "Advanced Of Electrochromic Windows. A Design Guide For Early-Market Electrochromic Windows". California Energy Commission. Public Interest Energy Research Program (Pier) Ed. Berkeley, California: Lawrence Berkeley National Laboratory, Mayo, 2006. Available From: <http://windows.lbl.gov/comm_perf/Electrochromic/refs/LBNL-59950.pdf>

Captura y almacenaje del carbono en un mecanismo de desarrollo limpio

Este texto es traducción y resumen del documento preparado por la OECD y el secretariado de la IEA en otoño de 2007 como respuesta al Anexo I del Grupo Experto, contenido en el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). El documento ha sido elaborado por Cédric Filibert (IEA), Jane Ellis (OECD) y Jacek Podkanski (IEA).

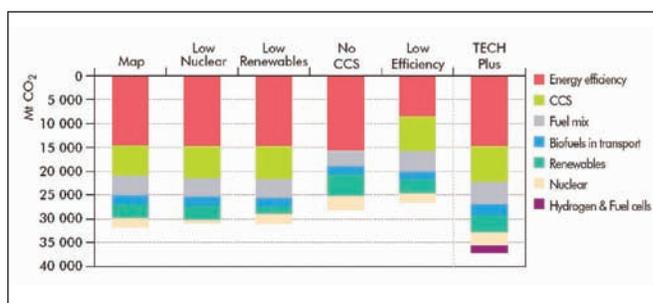
Extractado y traducido por Ignacio Fernández de Aguirre

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas para captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CCS) están cada vez más reconocidas por su capacidad para aportar una importante contribución en mitigar las emisiones de gas de efecto invernadero en las próximas décadas. Por ejemplo, la IEA (2006) expone que en 2050 la importancia de la CCS como tecnología de reducción de emisiones puede situarse la segunda tras las mejoras en la eficiencia energética, como se muestra en la figura 1 (la segunda franja en el escenario). A la inversa, la ausencia de CCS como medida de reducción podría significar un 21% más en las emisiones globales.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC-2005), en su informe especial sobre la CCS, consideraba que su potencial debería suponer entre el 15% y el 55% del esfuerzo global de mitigación mundial para conseguir el 2100 una estabilización de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero entre 450 y 750 ppm de media según el escenario considerado.

Aunque este potencial puede aplicarse en todos los países, se sugiere que la CCS debería en el 2050 aplicarse masivamente en los países en desarrollo. Estos países con importantes recursos en carbón, petróleo o gas incrementarán sus emisiones en las últimas décadas por la aportación de CO₂, a pesar de los avances en eficiencia energética y el desarrollo de fuentes sin carbono. Ello dependerá de forma notable de los incentivos que se les aporten, ya que suponen un consumo suplementario de energía y costos que no obtienen más beneficios que la mitigación del cambio climático



Fuente: IEA-2006

Figura 1: Reducciones globales en las emisiones de CO₂ por factores que contribuyen a ello en diferentes escenarios (bajo perspectiva del 2050). Los cinco primeros utilizando diferentes tecnologías intensivas disponibles, con Map en su empleo general, y el sexto TECHplus llevando todas ellas a su mayor potencial y agregando el uso del hidrógeno y pilas de combustible.

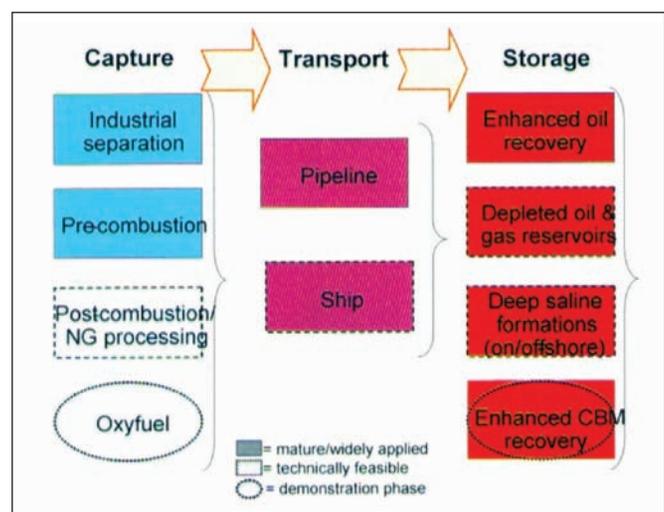
2. CONTEXTO

Las emisiones de CO₂ se producen por una amplia variedad de fuentes relacionadas con la combustión y procesos industriales. Los de emisión muy elevada, como plantas de energía, refinerías o cementeras, pueden ser capturadas, transportadas y almacenadas por diferentes medios (Figura 2). Las tecnologías utilizadas en cada fase de la cadena de captura y almacenaje están en diferentes grados de desarrollo. Varias están asentadas y ampliamente aplicadas; algunas son económicamente viables en ciertas condiciones, mientras que otras están en fase de comprobación. Los proyectos geológicos de CCS pueden incorporar diferentes combinaciones de tecnologías de captura, transporte y almacenaje.

2.1. TECNOLOGÍAS DE CAPTURA, TRANSPORTE Y ALMACENAJE DE DIÓXIDO DE CARBONO.

La captura de CO₂ ya se utiliza en algunas actividades energéticas e industriales. Por ejemplo, se hace rutinariamente en industrias donde resulta ser producto para un proceso de fabricación (como la producción de urea). El CO₂ debe ser eliminado del gas natural durante su extracción en los yacimientos de contenido significativo. También se origina en refinerías y plantas de amoníaco o hidrógeno.

La separación del CO₂ en **pre-combustión** se practica durante la combustión parcial de combustibles fósiles, aplicada



Fuente: Información IPCC-2005

Figura 2. Variantes para la captura, transporte y almacenaje de CO₂ (NG = Gas Natural / CBM = Metano en Yacimiento de Carbón)

A menos que se incentive el almacenaje de CO₂, no existe virtualmente ningún aliciente para el despliegue de estas tecnologías

por ejemplo en la producción de hidrógeno o combustibles ricos en hidrógeno. La generación eléctrica por plantas de Ciclo Combinado de Gasificación Integrada (IGCC) también requiere una separación del CO₂ en pre-combustión.

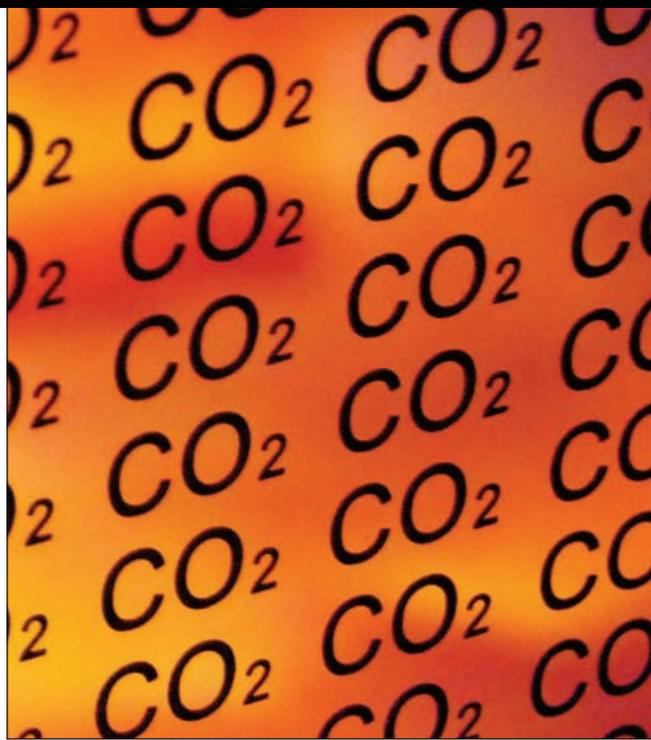
La captura de CO₂ en los gases de **post-combustión** también es posible por absorción o por tratamiento de los mismos. Puede utilizarse en las centrales de generación eléctrica, siendo realmente la única opción posible en las ya existentes, aunque consume considerable energía y ello supone una reducción de su producción.

La combustión **oxi-fuel** se refiere a una tecnología en desarrollo en la que el combustible se quema en oxígeno y gases de recirculación en vez de aire que contiene principalmente nitrógeno. De esa forma, los gases emitidos contienen solamente CO₂ y H₂O, de los que el agua es fácilmente condensable, obteniendo un gas con predominio del CO₂.

El transporte de CO₂ puede hacerse por tubería o buques, siendo ya usuales ambos métodos. Por tubería circula habitualmente comprimido en forma gaseosa, mientras que en los buques es más frecuente que lo sea licuado pues ocupa menos volumen, como rutinariamente se efectúa con el LPG o el LNG.

También hay distintos medios en los que el CO₂ pueda ser almacenado. En ellos se incluyen diferentes tipos de formaciones geológicas como yacimientos de petróleo o gas (en explotación o agotados), formaciones salinas o vetas carboníferas (extraíbles o no). La experiencia en el almacenaje de CO₂ en estos tipos de formaciones es muy diversa. Por ejemplo, el mayor proyecto hasta la fecha, el llamado Sleipner lo hace en una formación salina. Hay otros proyectos, piloto y comerciales, en marcha para inyectar CO₂ en yacimientos agotados de gas y minas de carbón.

El CO₂ se reinyecta a diferentes yacimientos de petróleo para incrementar la velocidad y cantidad de crudo extraído. Esta actividad puede utilizar para ese fin otros fluidos, como agua o vapor, pero los proyectos basados en CO₂ utilizan actualmente unos 40 millones de toneladas anuales de CO₂, de las que 30 proceden de las mismas fuentes subterráneas naturales y otras 10 es aportada por plantas industriales. El uso de CO₂ para la recuperación incrementada de petróleo puede facilitar a corto plazo una oportunidad para adquirir experiencia en el almacenaje, pero necesita hacerse en el período adecuado de la vida de cada yacimiento y la recuperación de metano en vetas carboníferas está en fase de desarrollo.



2.2. IMPLICACIONES DE LAS PÉRDIDAS Y DE RESPONSABILIDAD

El riesgo de pérdidas del dióxido de carbono almacenado en formaciones subterráneas varía dependiendo de su geología. Cuando se inyecta como operativo para la recuperación intensiva de petróleo, una parte retorna con el petróleo que ayuda a recuperar. Usualmente se le separa y reinyecta pero una fracción permanece en el combustible y aunque este método busca maximizar la producción de petróleo y no almacenar CO₂, los futuros proyectos podrán gestionarse de diferente forma para maximizar el almacenamiento.

En otros tipos de almacenaje, filtraciones y pérdidas son más probables si las formaciones se extienden junto a líneas de fallas y/o contienen potenciales “vías de escape” como pozos abandonados. Sin embargo el riesgo de pérdidas es mínimo si se planifica cuidadosamente. Se estima que en depósitos geológicos adecuadamente seleccionados y gestionados, más del 99% del CO₂ inyectado es *muy probable*¹ que permanezca en ese lugar los primeros 100 años de almacenamiento y *probablemente*¹ más de 1.000 años.

Dado que, sin embargo, puede haber escapes, es importante determinar la responsabilidad de cualquier suceso y la

¹⁾ Según el informe IPCC WGI, *muy probable* corresponde a probabilidades entre 90 y 99%, y *probable* entre 66 y 90%.

En la práctica, la importancia de los proyectos de CCS será significativamente menor que su potencial tecnológico, sobre todo si los precios internacionales del carbón son bajos, ya que generalmente solo se llevan a cabo proyectos cuyo costo incremental sea pequeño con relación a los beneficios operacionales, como los aplicados en la recuperación intensiva de petróleo o en los que el CO₂ está ya listo para capturar.

reposición de los incentivos asociados con las emisiones; aunque los riesgos sean pequeños, los problemas de responsabilidad son importantes a corto plazo (por ejemplo para los incentivos de desarrollo limpio) y a largo plazo (con vistas a cientos o miles de años). Y más aun si el CO₂ se almacena en depósitos que cruzan fronteras o se extienden bajo aguas internacionales.

2.3. COSTO Y POTENCIAL DE LA CCS.

A menos que se incentive el almacenaje de CO₂, no existe virtualmente ningún aliciente para el despliegue de estas tecnologías – excepto quizá en el caso de algunos proyectos para incrementar la recuperación de petróleo. Los costos varían considerablemente según los casos, dependiendo del tipo de tecnología de captura, de transporte y del almacenaje geográfico utilizado, de la profundidad del mismo así como de si la separación se efectúa por rutina o no, de la pureza exigida para el CO₂ o si se aplica a un sistema ya existente o nuevo.

Hay un gran potencial técnico para las actividades de la CCS en países en desarrollo. Algunas de estas actividades podrían efectuarse integradas en el proceso normal del negocio (como la recuperación intensa de petróleo), aunque en otros no lo sería (como la reforma de centrales energéticas para incluir la captura de CO₂). A corto plazo, aparte de la ya citada recuperación de petróleo, este potencial se dirigiría a los

procesos en que ya se debe separar de otros materiales como refinerías, plantas de amoníaco, de hidrógeno o yacimientos de gas natural².

De llevarse a efecto en todas las actividades, el potencial de captura de CO₂ para esos países es considerable: 9.300 millones de toneladas anuales el 2020. Sin embargo a corto plazo es mucho menor, unas 584 toneladas anuales el 2012, y teniendo en cuenta las inversiones requeridas y el tiempo de desarrollo de los proyectos, es probable que sea aun menor, sobre todo para el 2012. La estimación del 2020 considera además que la captura se haría en todas las fuentes importantes



⁽²⁾ La mayoría de las reservas de gas natural contienen entre el 1 y el 10% CO₂, asumiendo para los cálculos una media del 7% y considerando que al comercializarlo debe situarse por debajo del 2%. Ello supone que si la extracción anual está alrededor de 20.000 millones de metros cúbicos por año, podrían capturarse y almacenarse al menos 90 millones de toneladas anuales en el subsuelo



de emisión y que las tecnologías de captura en pre- y post-combustión están disponibles para el 2020.

2.4. POTENCIAL IMPACTO DE LA CCS EN EL PROCESO DE DESARROLLO LIMPIO

El potencial de la CCS podría teóricamente ser muy significativo ya que, con solo aplicar desde este momento los desarrollos actuales, duplicaría los objetivos de reducción de emisiones y si los medios de pre- y post-combustión se llegasen a utilizar ampliamente, llegaría a ser en teoría, el medio dominante.

Sin embargo, en la práctica, la importancia de los proyectos de CCS será significativamente menor que su potencial tecnológico, sobre todo si los precios internacionales del carbón son bajos, ya que generalmente solo se llevan a cabo proyectos cuyo costo incremental sea pequeño con relación a los beneficios operacionales, como los aplicados en la recuperación intensiva de petróleo o en los que el CO₂ está ya listo para capturar.

Otros proyectos, como la mayoría de captura de CO₂ en plantas de generación eléctrica, solo serían posibles si los precios del carbón fueran altos y los requisitos nacionales o internacionales para las emisiones fueran suficientemente rigurosos. Además, los proyectos de CCS necesitan un considerable tiempo de implantación, y lo mismo la planificación de sus ubicaciones e implantación de infraestructura, como las tuberías de transporte.

Por eso, dada la diferencia entre el potencial teórico y el práctico de la CCS, no se deben marginar otros tipos de mecanismos de desarrollo limpio, implantando proyectos más

En términos generales, si la formación se escoge adecuadamente, no hay razones para dudar de la capacidad del subsuelo para retener el CO₂ por muy largos períodos.

sencillos, como los de pequeña escala correspondientes a energías renovables y a eficiencia energética. También podría ser útil diseñar un sistema de incentivos que anime al desarrollo limpio o que lo complemente en la mitigación del cambio climático a partir del 2012.

3. PÉRDIDAS Y ESTABILIDAD

De acuerdo con el Protocolo de Kyoto, los proyectos para un mecanismo de desarrollo limpio deben redundar en reducciones de emisión que sean “reales, medibles y durables”. En el ámbito de la CCS esto solo será posible si el CO₂ inyectado no es re-emitido.

3.1. ALMACENAJE

Los depósitos geológicos potenciales para almacenaje de CO₂ son formaciones porosas de rocas que hayan contenido

Los depósitos geológicos de almacenamiento potenciales se extienden con frecuencia en áreas muy grandes.



Durante la ejecución de un proyecto, se aseguraría por el contratista la responsabilidad global por pérdidas, pero esto no garantiza un marco correcto sobre soluciones para la ubicación y es una opción más lógica la de involucrar a todos los participantes en el proyecto.

fluidos como salmuera (sales diversas disueltas), petróleo o gas. La profundidad mínima de almacenaje es de uno 800 m para asegurar que el gas inyectado permanezca en estado supercrítico.

Los cinco mecanismos básicos en estos depósitos pueden ser primarios, incluyendo (1) el secuestro estratigráfico bajo una cubierta rocosa que estanca la formación o (2) en fracturas, pliegues y cavidades varias, y secundarios como (3) disolución en agua presente en el subsuelo, (4) disperso en formaciones porosas por capilaridad y (4) químicamente reaccionado con las rocas. Progresivamente, los mecanismos secundarios jugarán un papel más importante disminuyendo los riesgos de filtraciones y los requisitos de vigilancia.

3.2. PÉRDIDAS

Por las razones citadas, es preciso considerar las pérdidas potenciales que pueden producirse durante la cadena de separación, captura, transporte y almacenaje. El riesgo mayor existe durante la fase de inyección y algunas décadas posteriormente, por lo que el seguimiento de la inyección proporciona información sobre escapes de CO₂ (indicando

potencial fuente de pérdidas como por fallo o pozo), mientras que el posterior aporta conocimiento sobre su comportamiento y permite la verificación del modelo.

Las causas de pérdidas varían dependiendo del tipo de formación geológica. En el caso de formaciones salinas, la filtración puede originarse por insuficiente información previa sobre la cubierta rocosa y en los yacimientos de petróleo o gas por fallos en los pozos debido al deterioro del cemento de aislamiento o por corrosión de sus componentes.

En términos generales, si la formación se escoge adecuadamente, no hay razones para dudar de la capacidad del subsuelo para retener el CO₂ por muy largos períodos. Los yacimientos naturales de ese gas indican que en condiciones favorables puede estar retenido durante millones de años. Actualmente, más de 3 millones de toneladas de CO₂ de origen antropogénico se inyectan cada año en los tres proyectos mayores: Sleipner en Noruega, Weyburn en Canadá e In Salah en Argelia, y no se han detectado filtraciones de ninguno de ellos.

Todos los procesos de extracción intensiva de hidrocarburos conllevan un almacenaje permanente de CO₂. Aunque más del 50% del gas inyectado retorna con el petróleo producido, habitualmente es separado y reinyectado para reducir el costo operativo. Por ejemplo en el proyecto Rangely en Colorado (USA), del total de 2,97 millones de toneladas inyectadas en el yacimiento, se reciclan aproximadamente 2,29 y la liberación superficial está bajo las 170 toneladas, que supone un porcentaje del 0,00076% del total almacenado.

3.3. SEGUIMIENTO

Como las pérdidas de un almacenaje de CO₂ pueden acaecer sobre todo por fallas y pozos, el seguimiento del mismo debe incluir estos componentes, tanto en zonas sub-superficiales como sobre el terreno, en áreas relativamente reducidas correspondientes a esas fallas y pozos, permitiendo fácil detección y remedio. En estos casos, las pérdidas serían probablemente lentas y facilitarían soluciones como reducir la presión de la inyección o del recinto, sellar los pozos dañados y, en caso extremo vaciar el recinto reinyectando el gas en otras ubicaciones.

Las pérdidas físicas a largo plazo son improbables si las ubicaciones son cuidadosamente seleccionadas y apropiadamente gestionadas, incluyendo medios de reacción cuando esa gestión se efectúa durante la fase de inyección y algunas décadas posteriormente. Sin embargo, el almacenaje



aun de menor duración, pocos cientos de años, puede ser útil para reducir las puntas de CO₂ en la atmósfera al final de la era de los combustibles fósiles. Con filtraciones anuales menores del 0,01% de las cantidades geológicamente almacenadas, sería muy efectivo para mitigar el efecto invernadero. Ese nivel de pérdidas asegura que en un siglo persistirá secuestrado el 90% del CO₂ inyectado.

4. CONCLUSIONES

La captura y almacenaje de dióxido de carbono (CCS) es un medio potencialmente prometedor para ajustar las emisiones mundiales de gas de efecto invernadero pues las formaciones geológicas pueden almacenar grandes cantidades de CO₂ con seguridad a lo largo de miles de años. No pueden excluirse reemisiones, aunque su riesgo es improbable que sea significativo si las ubicaciones de almacenamiento se eligen con cuidado y son bien gestionadas.

Potencial

El CCS puede ayudar a mitigar estas emisiones, particularmente en los países en desarrollo, que probablemente incrementarán el empleo de combustibles fósiles durante las próximas décadas. Sin embargo esos proyectos, salvo quizá para actividades de recuperación intensiva de hidrocarburos, es difícil que se aborden sin incentivos financieros o de otros tipos. Su larga duración de desarrollo puede también frenarlos, prefiriéndose otras vías de reducción menores a corto plazo.

Pérdidas, estabilidad y límites de proyecto

En alguno de los proyectos de CCS son probables las reemisiones de CO₂ a corto plazo, como en los de recuperación intensiva de hidrocarburos donde el gas inyectado sale mezclado con el petróleo o el gas natural recuperados. Estas reemisiones deben ser separadas y recicladas.

Los depósitos geológicos de almacenamiento potenciales se extienden con frecuencia en áreas muy grandes. La definición previa de los límites del proyecto debe asegurar que cualquier filtración es debidamente seguida y considerada emisión del mismo. Tanto la buena elección de la ubicación y el apropiado seguimiento y gestión durante y después de la inyección son requisitos clave y su verificación debe ser parte del proceso de aprobación. Para abordar un mecanismo de desarrollo limpio se necesitarán incentivos adecuados para asegurar que los participantes en el proyecto gestionen el almacenaje varias décadas una vez finalizada la inyección y apliquen las soluciones adecuadas si se detectan pérdidas.

Problemas de responsabilidad

Durante la ejecución de un proyecto, se aseguraría por el contratista la responsabilidad global por pérdidas, pero esto no garantiza un marco correcto sobre soluciones para la ubicación y es una opción más lógica la de involucrar a todos los participantes en el proyecto. Como el período de seguimiento puede extenderse más allá del de garantía, habría que establecer alguna forma de seguro que cubriese las responsabilidades por un tiempo determinado, aun si los

participantes hubieran desaparecido e incluso establecer una supervisión por entes asignados. A largo plazo, la fiabilidad podría recaer en el gobierno del país anfitrión del depósito, que es el mejor situado para prevenir pérdidas debidas a acciones antropogénicas que dañasen el depósito

Los tipos de proyecto con mayor riesgo, como los de metano en vetas carboníferas, y los de responsabilidad más compleja deberían ser examinados caso a caso. La diversidad de situaciones complejas y la escasez de estas situaciones no pueden detener los esfuerzos para desarrollar un marco para definir las responsabilidades.

Fugas

Se daría el caso de fuga si del proyecto se originan emisiones fuera de los límites del mismo. Este problema ha sido planteado particularmente cuando se utiliza para incrementar la producción de hidrocarburos. En el caso del petróleo hay muy poca evidencia de haberse originado fugas. Sin embargo, esta posibilidad debe ser analizada caso a caso como base para otras operaciones de recuperación intensiva de hidrocarburos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Benson, Sally M., 2006: *Monitoring Carbon Dioxide Sequestration in Deep geological Formations for Inventory Verification and Carbon Credits*, Society of Petroleum Engineers 102833
- Benson, Sally M., 2007: *Potential Liability and Mitigation Strategies for CCS*, Presentation at a WRI CCS long-term liability workshop, http://pdf.wri.org/sally_benson_ccs_june5.pdf
- CDM Executive Board, 2006: Recommendation on CO2 capture and storage as CDM project activities based on the review of cases NM0167, NM0168 and SSC_038, EB 26 Meeting Report, Annex 13
- Cui, Yuan-Sheng (2006) *Potential and major strategies for energy saving and CO2 emission reduction in Chinese cement industry*, <http://www.iea.org/Textbase/work/2006/cement/Cui.pdf>,
- Dooley J.J., RT Dahowski, CL Davidson, MA Wise, N Gupta, SH Kim, EL Malone, 2006. *Carbon Dioxide Capture and Geological Storage*, tbc
- IEA, 2004: *Prospects for CO2 Capture and Storage*, OECD/IEA, Paris
- IEA, 2006: *Energy Technology Perspectives*, OECD/IEA, Paris
- IEA GHG R&D (not dated) *Projects database*, http://www.CO2captureandstorage.info/project_specific.php?project_id=26
- IEA GHG R&D, 2006: *IEA GHG R&D CO2 point sources database*, 2006 update
- Haefeli, Suzanne, Martina Bosi and Cédric Philibert, 2004: *Carbon Dioxide Capture and Storage Issues—Accounting and Baselines under the United Nations*

Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), IEA Information paper, IEA/OECD, Paris, May

- Hawkins, David and George Peridas, 2007, *No Time Like the Present - NDRC's Response to MIT's 'Future of Coal' Report*, NRDC Brief, March, NY, NY

- Hepple, R.P. and S.M. Benson, 2004: *Implications of Surface Seepage on the Effectiveness of Geologic Storage of Carbon Dioxide as a Climate Change Mitigation Strategy: Performance Requirements and the Implications of Surface Seepage*, Environmental Geology paper DI 10.1007:s00254-004-1181-2

- Holloway, S., J.M. Pearce, V.L. Hards, T. Oshumi and J. Gale, 2007: Natural emissions of CO₂ from the geosphere and their bearing on the geological storage of carbon dioxide, *Energy* **32**: 1194-1201

- IEA Greenhouse Gas R&D Programme (IEA GHG), 2007: *ERM – Carbon Dioxide Capture and Storage in the clean development mechanism*, 2007/TR.2, April

- International Energy Agency (IEA), 2007: *Legal Aspects of Storing CO₂ – Update and Recommendations*, IEA/OECD, Paris.

- IPCC, 2005: *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz, B., O. Davidson, H.C. de Coninck, M. Loos and L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 442 pp.

- IPCC, 2006: *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

- IPIECA, 2007: *Carbon Capture and Geological Storage, Emission Reduction Family, Oil and Natural Gas Industry Guideline for Greenhouse Gas Reduction projects*

- Miguez, José, 2006, *A Brazilian perspective on CCS*, Presentation at a side-event, Bonn, 15 May

- Michaelowa, Axel and Daisuke Hayashi, 2006: *Comments on the consideration of carbon dioxide capture and storage as clean development mechanism project activities*, Hamburg Institute of International Economics, Hamburg, Germany, 13 February

- Philibert, Cédric, 2006: *Technology penetration and capital stock turnover: Lessons from IEA scenario analysis*, IEA/OECD Information Paper, Paris

- Rubin, Edward S., Chao Chen, Anand B. Rao, 2007: Cost and performance of fossil fuel power plants with CO₂ capture and storage, *Energy Policy*, **35**: 4444-4454

- UNEP/Risoe, 2007: *CDM/JI Pipeline Analysis and Database*, www.cdmpipeline.org

- UNFCCC, 2006a: *Report on the workshop on carbon dioxide capture and storage as clean development mechanism project activities*, Note by the Secretariat, Conference of the Parties serving as the

Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, Second Session, Nairobi, 15 August, FCCC/KP/CMP/2006/3

- UNFCCC, 2006b: *Further Guidance relating to the clean development mechanism*, Decision 1/CMP.2, Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, Second Session, Nairobi, 17 November, FCCC/KP/CMP/2006/L.8

- Vajjhala, Shalini, Jenny Gode and Asbjørn Torvanger, 2007: *An International Regulatory Framework for Risk Governance of Carbon Capture and Storage*, RFF DP 07-13-REV, Resources for the Future, Washington, D.C., July

- The World Bank 2005. *Gas Flaring Reduction Projects – Framework for CDM Baseline Methodologies*. Global Gas Flaring Reduction report n°6, Washington D.C., April 28.

ACRÓNIMOS QUE FIGURAN EN EL TEXTO

- OECD = Organisation for Economic Co-operation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). Ver www.oecd.org

- IAE = Internacional Energy Agency (Agencia Internacional de la Energía). Ver www.iea.org

- UNFCCC = United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). Ver <http://unfccc.int/index.html>

- CDM = Clean Development Mechanism (Proceso de Desarrollo Limpio).

- CCS = Carbon Capture and Storage (Captura y Almacenaje de Carbono)

NOTA DEL TRADUCTOR

Dada la extensión del documento original, no se ha incluido el capítulo 4 del mismo, que corresponde a la definición de los límites estructurales, físicos o territoriales de los proyectos, de las responsabilidades jurisdiccionales o de las responsabilidades legales que afectan a este tipo de proyectos. Estimamos que, aunque de notable interés, se apartan del enfoque tecnológico que pretendemos para la revista.

Los interesados en ello pueden acudir a la extensa bibliografía citada en el documento y aquí reproducida; una buena parte de la misma es accesible por la web.

desarrollo sostenible

desarrollo sostenible

De acuerdo con los contenidos recogidos en esta Sección referente a la normativa relacionada con el Desarrollo Sostenible, a continuación comentamos algunas de las últimas novedades legislativas en esta materia.

Colaboración de



1.- NORMATIVA MÁS IMPORTANTE RECIENTEMENTE APROBADA

En España

(Conviene significar a nuestros lectores que en materia de Medio Ambiente corresponde al Estado la aprobación de legislación básica, por lo que las normas de este apartado son de obligado cumplimiento en todo el territorio estatal).

• **Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (BOE 23/12/2008)**

El 23 de diciembre fue publicado el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, **Reglamento que entrará en vigor el próximo 23 de abril.**

Con la aprobación de la Ley 26/2007 se ha establecido un nuevo régimen jurídico de reparación de daños medioambientales, conforme al cual los operadores (entendiendo como tal, las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, que desempeñen una actividad económica o profesional o que en virtud de cualquier título controle dicha actividad o tenga un poder económico determinante sobre su funcionamiento técnico) que ocasionen o amenacen con ocasionar daños al medio ambiente, adopten las medidas adecuadas para prevenir dichos daños, o cuando éstos ya hayan sido causados, para devolver los recursos naturales al estado en el que se encontraban con anterioridad al daño.

Por tanto, con la adopción de este Reglamento se desarrolla en parte este nuevo régimen jurídico y en concreto, las cuestiones que a continuación se recogen.

Uno de los aspectos destacados de este Reglamento es el establecimiento de un marco metodológico para la

determinación del daño medioambiental que se ha producido y en función del mismo, poder establecer las medidas de reparación necesarias en cada caso. Los rasgos principales de este marco metodológico se resumen a continuación:

En primer lugar se establecen una serie de operaciones que permiten identificar el agente causante del daño y los recursos naturales y servicios afectados, así como cuantificar el daño causado en función de su intensidad, extensión y escala temporal, evaluando finalmente la significatividad del mismo.

En segundo lugar, quedan reguladas en este Reglamento las medidas de reparación. Además de las medidas de reparación primarias, que son reflejo de la reparación tradicional y que por lo tanto no entrañan especial dificultad, como novedad se introducen las medidas de reparación denominadas complementarias y compensatorias. Las complementarias serán acometidas cuando la reparación primaria no se considere adecuada, bien por razón del plazo necesario para su efectividad, bien por considerar que su coste es desproporcionado en relación con el beneficio ambiental que se vaya a obtener.

Por otro lado, las medidas compensatorias serán aplicadas con el objetivo de compensar las pérdidas provisionales de recursos naturales y servicios, desde que se produce el daño hasta que la reparación primaria o en su caso complementaria, produce sus efectos.



Finalmente, en relación al marco metodológico para la determinación del daño causado y con el objetivo de garantizar un mínimo de seguridad jurídica al operador, el Reglamento traza un esquema general de actuación por parte de éste, esquema que consiste a grandes rasgos en comunicar el daño causado a la autoridad competente, realizar un proyecto en el que conste las medidas necesarias para reparar el daño y en tercer lugar, una vez ejecutadas las medidas pertinentes, elaborar y presentar un informe final de cumplimiento.

Otro de los aspectos más relevantes de este Reglamento es la regulación referida a la garantía financiera obligatoria. Esta garantía deberá mantenerse en vigor durante todo el periodo de actividad, con independencia de que pueda renovarse alguno de sus elementos. Además, en los supuestos de una pluralidad de actividades o instalaciones, se prevé la posibilidad de garantizarse a través de un único instrumento de garantía.

Finalmente, se recoge una serie de previsiones específicas, de cada una de las tres modalidades de garantía financiera permitidas: el aval, la reserva y la póliza de seguro.

En las Comunidades Autónomas

(A su vez, conviene recordar a nuestros lectores que en materia de Medio Ambiente corresponde a las Comunidades Autónomas la aprobación de legislación de desarrollo respecto de la legislación básica estatal y además el establecimiento de normas adicionales de protección. Por ello las normas de este apartado son de obligado cumplimiento en el territorio de la Comunidad Autónoma que las apruebe)

GALICIA: Ley 10/2008, de 3 de noviembre, de residuos de Galicia (BOE 6/12/2008)

El 6 de diciembre ha sido publicada en el Boletín Oficial del Estado la Ley 10/2008, de 3 de noviembre, de residuos de Galicia. Esta Ley, por la que se deroga la Ley 10/1997, de 22 de agosto, de residuos sólidos urbanos de Galicia y **que entrará en vigor el 19 de febrero de este mismo año**, se aprueba con el objetivo, por un lado, de completar el marco jurídico existente en dicha Comunidad Autónoma en el ámbito de residuos, extendiendo su ámbito de aplicación a los residuos generados por las actividades comerciales e industriales, las cuales carecían en esta Comunidad de una regulación con rango de ley, y por otro, de regular la Declaración de suelo contaminado.

La Ley queda enmarcada en la Directiva europea 2006/12/CE relativa a residuos y en las directrices europeas más recientes, conforme a las cuales se ha aprobado recientemente la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos y

por la que se derogan determinadas Directivas. (Esta nueva Directiva se analiza también en este número), e incorpora los principios contemplados tanto en los programas comunitarios de acción en materia de medio ambiente natural y en la Ley estatal 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

De este modo, se establece un régimen de autorización administrativa tanto para la producción, como para la gestión de residuos, autorización que deberá ser solicitada por los titulares de las industrias o actividades afectadas. En relación a la producción quedan afectadas, la instalación de industrias o actividades productoras de residuos peligrosos, la ampliación o modificación sustancial o el traslado de las mismas, así como las industrias o actividades que, aún produciendo residuos no peligrosos, su gestión presenta dificultades excepcionales. La Ley prevé, aunque sin establecer plazo alguno, la aprobación de un listado con las industrias o actividades que se encontrarían en este último supuesto.

En cuanto a la gestión de residuos, requieren de autorización el almacenamiento, valorización y eliminación de residuos, así como el transporte de residuos peligrosos, siempre y cuando el transportista asuma la titularidad de los residuos, en el momento de su recogida en el lugar de su producción.

El resto de las industrias de producción y gestión de residuos no necesitarán de una autorización, pero sí estarán obligadas a notificar su actividad al órgano ambiental competente, para su inscripción en el Registro de Productores y Gestores de Residuos.

También quedan excluidas de la obligación de solicitar dicha autorización las industrias y actividades a las que se les aplique la normativa sobre prevención y control integrado de la contaminación, ya que la misma queda integrada en la propia Autorización Ambiental Integrada.

Finalmente, hay que destacar que la nueva Ley de residuos prevé diversos instrumentos económicos para ayudar al cumplimiento de las obligaciones previstas en el mismo, como convenios de colaboración, subvenciones a gestores privados



o el establecimiento de tributos. Asimismo, la Ley regula la Declaración de Utilidad Pública e interés social, a los efectos de la legislación de expropiación forzosa, para el establecimiento o ampliación de instalaciones de gestión de residuos.

Por otro lado, en relación a los suelos contaminados, tal y como se recogía con anterioridad, la Ley 10/2008 establece el régimen general de Declaración de suelo contaminado.

Cuando se declare que un suelo está contaminado, los responsables de causar dicha contaminación estarán obligados a realizar las actuaciones necesarias para limpiar y recuperar el suelo, en la forma y plazos que se establezca por el órgano competente y harán frente a los costes derivados de dichas actuaciones. Cuando los causantes de la contaminación sean varios, se responderá de forma solidaria y subsidiariamente, por este orden, los poseedores de los suelos contaminados y los propietarios no poseedores.

Para hacer frente a los costes derivados de la limpieza y recuperación de los suelos contaminados, igual que con la gestión de residuos, la ley prevé la posibilidad de aplicar dos instrumentos distintos:

- Acuerdos voluntarios con la administración.
- Convenios de colaboración con la administración que permitan concretar incentivos económicos.

País Vasco: Decreto 181/2008, de 4 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento económico financiero del canon del agua (BOPV 18/11/2008)

Con fecha 18 de noviembre fue publicado en el Boletín Oficial del País Vasco el Decreto 181/2008, de 4 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento económico financiero del canon del agua, que desarrolla normativamente dicho impuesto, creado y regulado por la Ley 1/2006, de 23 de junio, de aguas. Las funciones de gestión, liquidación, recaudación e inspección del canon del agua corresponderán a la Agencia Vasca del Agua (en adelante URA).

De conformidad con el Reglamento, el cual establece un tipo de gravamen que asciende a seis céntimos de euro por metro cúbico consumido, están sujetos al canon de agua las personas físicas o jurídicas, tanto públicas como privadas, usuarias del agua en baja, con independencia de que el agua la reciban de una entidad suministradora o la capten por medios propios en régimen de concesión de aprovisionamiento o abastecimiento.

El hecho imponible del canon del agua lo constituye el consumo real o potencial del agua en el conjunto del País Vasco y así, entre otros, el canon del agua se aplicará a cualquier

consumo o utilización de agua, independientemente de su procedencia o fuente de suministro, esté o no asociado a un uso productivo, sea o no medido con contadores homologados y sea o no facturado.

Asimismo, se prevén una serie de exenciones en la aplicación del canon, entre las que destaca la reutilización del agua y la utilización no consuntiva para la obtención de energía o de otros usos industriales, siempre que no se altere la cantidad y calidad del agua. La aplicación de esta exención requiere de la acreditación ante URA de la concesión correspondiente para el aprovechamiento del agua y de la autorización de vertido.

Por otro lado, entre las bonificaciones reguladas por este Reglamento cabe reseñar:

- La bonificación en el 95% de la base imponible del consumo de agua para uso agropecuario, siempre y cuando se acredite el cumplimiento del Código de Buenas Prácticas Agrarias del País Vasco, el cuaderno de explotación, el Contrato Ambiental u otras acreditaciones similares.
- La bonificación en el 95% de la base imponible del uso de aguas pluviales o de escorrentía.
- La bonificación en el 70% de la base imponible del consumo para uso industrial, en concreto, en relación a las actividades comprendidas entre las divisiones 05 y 43, ambas incluidas en el CNAE 2009. En todo caso, se requerirá utilizar las Mejores Técnicas Disponibles o disponer de una certificación de gestión ambiental (EMAS o ISO 14001) o EKOSCAN.

Tanto en el caso de las exenciones, como de las bonificaciones, éstas se aplicarán a partir del siguiente periodo de facturación o declaración en que la Agencia Vasca del Agua comunique su resolución a la persona física o jurídica de que se trate y en todo caso, será necesaria la presentación por parte del interesado de una solicitud, junto con la documentación acreditativa correspondiente.

En la Unión Europea

• Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos (DOUE 22/11/2008)

Con la aprobación y publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea de 22 de noviembre de 2008 de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan las Directivas 75/439/CEE, 91/689/CEE y 2006/12/CE, quedan revisados ciertos aspectos, que se entendían imprescindibles para la adecuada regulación de los residuos, tal y como se reflejaba en las conclusiones de 1 de julio de 2004 del Consejo a la Comisión.

En concreto, se refuerzan las medidas con respecto a la prevención de residuos, se introduce un nuevo enfoque en el que se tiene en cuenta todo el ciclo de vida de los productos y materiales y se concentran esfuerzos para disminuir el impacto medioambiental de la generación y gestión de residuos, reforzando de este modo el valor económico de los residuos.

Se introduce, además, una jerarquía de productos que determina el orden de prioridad a la hora de elaborar la legislación y la política sobre la prevención y la gestión de los residuos (no se descartan excepciones a esta regla general en base a criterios de viabilidad económica, técnica y protección del medio ambiente): prevención, reutilización, reciclado, otro tipo de valorización y por último, la eliminación, estableciendo una serie de obligaciones, más bien genéricas, que los Estados Miembros deben introducir en sus respectivas normativas internas. En algunos supuestos, además, como en el caso del reciclado y la reutilización, la Directiva establece unos objetivos de cumplimiento por parte de los Estados Miembros.

Una de las novedades en el marco legislativo europeo es la responsabilidad ampliada del productor, es decir, se abre la posibilidad de que los Estados Miembros adopten medidas para garantizar que cualquier persona física o jurídica que fabrique, procese, trate, venda o importe productos de forma profesional, vea ampliada su responsabilidad de productor. En todo caso, para su aplicación deberán tenerse en cuenta criterios de viabilidad económica y técnica, así como de impacto medioambiental, de salud y sociales.

El objetivo de esta medida es apoyar el diseño y fabricación de productos en línea con el nuevo enfoque anteriormente mencionado, esto es, reducir el impacto medioambiental y facilitar el uso eficaz de los recursos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

Asimismo, esta nueva Directiva introduce una serie de especificidades y obligaciones generales, que deberán ser incorporadas a la normativa interna de cada Estado Miembro. En concreto, estas obligaciones se refieren, entre otras, al etiquetado e identificación de los residuos peligrosos y a la recogida y gestión tanto de los aceites usados, como de los biorresiduos.

Otro de los puntos destacados de esta nueva norma es la referida a las aclaraciones que se introducen con respecto a una serie de conceptos clave, en especial, la diferenciación entre residuo y subproducto. De este modo, por residuo se entiende "cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o obligación de desprenderse", mientras que será subproducto "la sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia u objeto" y siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- Seguridad en el ulterior uso de la sustancia u objeto.
- La sustancia u objeto pueden utilizarse directamente sin necesidad de una transformación posterior distinta de la práctica industrial normal.
- La sustancia u objeto se produce como parte integrante de un proceso de producción y el uso posterior cumple con todos los requisitos legales.

Asimismo, se regula por primera vez el fin de la condición de residuo, introduciendo a tal efecto una serie de criterios. Así, determinados residuos dejarán de serlo cuando cumplan con las siguientes condiciones:

- La sustancia u objeto se usa habitualmente para finalidades específicas.
- Existe un mercado o demanda para la sustancia u objeto concreto.
- La sustancia u objeto cumple los requisitos técnicos y la legislación existente y demás normas aplicables a los productos.
- El uso de la sustancia u objeto no genera impactos medioambientales o de salud adversos.

A falta de modificaciones y desarrollos posteriores a este respecto, la Directiva especifica que los criterios establecidos para el fin de la consideración de residuos, se deberán tener en cuenta al menos con relación a los áridos, al papel, vidrio, metal, neumáticos y textiles.

Finalmente, se amplía en parte la regulación que sobre las autorizaciones y registros realizaba la anterior Directiva 2006/12/CE, y de este modo, además de regular el contenido mínimo de la autorización, su ámbito de aplicación, exenciones y obligación de registro, se prevé la posibilidad de adoptar normas técnicas mínimas para las actividades de tratamiento sujetas a dicha autorización, siempre y cuando se demuestre que estas normas técnicas, permiten obtener beneficios en términos de protección medioambiental y de la salud.

Los Estado Miembros tienen como fecha tope el 12 de diciembre de 2010 para trasponer esta Directiva.

2. SERVICIO DE DOCUMENTACIÓN Y CONSULTAS

Con el fin de ampliar la información publicada en esta Sección, se ofrece la posibilidad de establecer una relación directa del Lector con el equipo de especialistas, a fin de aclarar las dudas que se presenten en relación con su contenido.

Para ello, se pueden dirigir a la dirección de correo electrónico siguiente: de la revista DYNA o a nuestra página web dyna@revistadyna.com, (sección *contactar*). En ellas, también se podrán solicitar los textos completos de las normativas comentadas en esta Sección.

Arqueología Industrial

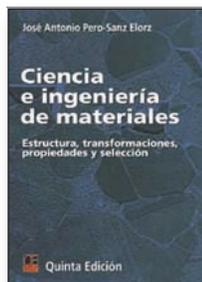
Arqueología Industrial

Ingenieros Industriales de Asturias y León

FONDOS DE ARQUEOLOGÍA INDUSTRIAL

Referencia:	1-A
Situación:	Colegio de Ingenieros Industriales Asturias y León
Denominación:	Transmisor marino portátil
Finalidad:	Comunicación radio telegráfica entre dos barcos o dos puntos distantes
Origen:	
Antigüedad:	
Fabricante y modelo:	PHILIPS – IBERICA – SAE TELECOMUNICACIONES 8 MR 320/20 – 1B
Dimensiones y referencia:	Ref – 2052 Dimensiones: 28 x 21 x 7 cm
Características principales:	Aparato construido en chapa galvanizada con micrófono incorporado adaptada para suspenderla del cuello del operador mediante correas. Pulsadores de recepción, emisión y cambio de canal. Funcionamiento por pilas.
País y localidad de fabricación:	España
Grupo de clasificación:	01010030112
Valoración estimada:	268 €
Fecha:	8-08-2005





CDU: 620.1 = 134.2
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES: ESTRUCTURA, TRANSFORMACIONES, PROPIEDADES Y SELECCIÓN. Autor: Pero-Sanz Elorz, José Antonio. 673 p. ; 17x 24 cm. Editorial: CIE Dossat. 5ª Edición. 2006

La ingeniería cualifica en este libro el ángulo de acceso a la ciencia y, consiguientemente, delimita el ámbito de los materiales que de modo preferente se consideran; es decir, los que cabría definir como estructurales: aquellos que interesan

por sus propiedades masivas (rigidez, elasticidad, resistencia mecánica, densidad, tenacidad, comportamiento a temperatura, a fatiga, etc.) y estructurales de superficie (dureza, fricción, desgaste, etc.). Concebida esta obra para cursos institucionales de Escuelas de Ingeniería o Facultades Universitarias, trata de prestar servicio a un amplio espectro de lectores: desde estudiantes hasta industriales interesados en el origen, utilización y selección de materiales estructurales. El libro, Premio de la Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid al Mejor Libro de Texto, contempla aspectos básicos de los materiales: estructura, transformaciones, propiedades y selección; y tiende un puente entre el campo de la investigación científica y el de las aplicaciones industriales.

CDU: 697 = 134.2
MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO. 640p. 21x 27 cm. Editorial: Marcombo ediciones Técnicas. 2008

El libro presenta en primer lugar, datos y ejemplos que pueden servir de guía al ingeniero en el anteproyecto y cálculo de las cargas de refrigeración y calefacción, e incluye un capítulo de aplicación para pasar certeramente del cálculo a la selección del equipo.

Explica la aplicación y la selección de refrigerantes, salmueras y aceites utilizados en los sistemas de acondicionamiento. Se exponen los fundamentos teóricos indispensables para que el ingeniero pueda solventar sin dificultad los problemas derivados del agua en los sistemas de acondicionamiento del aire, así como sus causas y efectos, incluyendo algunas de las prácticas más usuales para aminorar el efecto de los depósitos y la corrosión. Es una obra exhaustiva, solvente y guía segura para cada fase del proyecto de sistemas de acondicionamiento de aire.



CDU: 697 = 134.2
TÉCNICAS DE CLIMATIZACIÓN. Miranda, Ángel Luis. 195 p.; 17x 23 cm. Editorial: Marcombo Ediciones Técnicas. 2ª Edición. 2008

Este libro se titula "Técnicas de climatización", precisamente para reforzar la idea que el Aire acondicionado no es más que un conjunto de técnicas, en las que intervienen muchas y variadas disciplinas, tales como el control de las instalaciones, la transmisión de calor, la refrigeración y la mecánica de fluidos entre otras, con el único objetivo de mantener, en un recinto,

unas condiciones climáticas distintas de las que pueda haber en el exterior para evitar la sensación de incomodidad que éstas puedan producir.

El programa TECLIMA, que se adjunta con el libro "Técnicas de climatización", tiene la finalidad de instruir al lector en aquellos conceptos básicos de la psicrometría, tales como la determinación y utilización del diagrama psicrométrico, las operaciones básicas en acondicionamiento de aire: mezcla adiabática, calentamiento y enfriamiento sensibles, procesos de humidificación y deshumidificación.

CDU: 534.84 = 134.2
GUÍA ACÚSTICA DE LA CONSTRUCCIÓN. Autor: Rodríguez Rodríguez, Miguel Ángel; Puente Crespo, Javier de la; Díaz Sanchidrián, César. 351 p. ; 17x 24 cm. Editorial: CIE Dossat 2000. 2ª Edición, revisada y adaptada al Código Técnico de la Edificación. 2008.

El "DB-HR Protección frente al ruido" introduce, entre otros, criterios de aislamiento más restrictivos, exigencias de acondicionamiento acústico de locales y, debido a los nuevos índices, la posibilidad de verificación "in situ" del cumplimiento de los requisitos establecidos. Ello origina la necesidad de actuar convenientemente a lo largo de todas las etapas del proceso constructivo (proyecto y diseño, selección de materiales y ejecución en obra). Los pilares básicos de la monografía están constituidos por los siguientes factores condicionantes: – Conceptos fundamentales. – Análisis de los contenidos y requisitos del "DB-HR Protección frente al ruido". – Ejemplo de justificación documental de proyecto acústico según la opción simplificada. – Recomendaciones en fase de proyecto (diseño y dimensionado). – Recomendaciones de actuación en obra. – Resultados derivados de ensayos "in situ".



CDU: 624 = 134.2
MEDICIONES Y PRESUPUESTOS: Y otros A4 del proyecto según el CTE. Autor: Valderrama, Fernando. 297 p. ; 17x 24 cm. Editorial: Reverte. 2008.

Este libro tiene como objetivo fundamental enseñar a realizar mediciones y presupuestos tanto a los alumnos de arquitectura, arquitectura técnica e ingeniería como a los profesionales con poca experiencia. Pero para alcanzar ese objetivo es imprescindible describir los restantes documentos escritos, variantes y complementos requeridos actualmente por un proyecto, es decir, todo aquello que se entrega habitualmente en formato DIN-A4, como la memoria y el pliego de condiciones.

Este libro considera que una parte importante del trabajo del profesional de la edificación se realiza antes, durante y después del proyecto; considera que el proyecto no es sólo una serie de planos con una memoria que los justifica, sino que todos sus documentos deben mantener un punto de vista integrado; demuestra que el presupuesto es una parte interesante, y no burocrática, del proyecto, que aporta valor al profesional y mejora la calidad de la construcción.



CDU: 697 = 134.2
TÉCNICAS DE REFRIGERACIÓN. Jutglar, Luis; Miranda, Ángel L. 248 p.; 17x 24 cm. Editorial: Marcombo Ediciones Técnicas. 2008

La refrigeración es el conjunto de técnicas que permite mantener, de forma continuada, una cierta sustancia (la carga de refrigeración) a una temperatura inferior a la ambiente. Para ello debe mantenerse un foco frío a menor temperatura que la carga y esta operación comportará necesariamente un gasto energético, excepto en el caso de utilizar una fuente inagotable natural como foco frío.

La obra está estructurada en dos partes que pueden abordarse de forma independiente. La primera estudia los fundamentos termodinámicos de la refrigeración, los fluidos frigoríficos, la licuefacción de gases y los componentes de las máquinas de refrigeración. La segunda está dedicada al estudio y dimensionado de las cámaras frigoríficas.



INFORME ANUAL ESTADÍSTICO DEL PROCESO EDITORIAL DE DYNA

	Cantidad	%
Nº DE ARTÍCULOS RECIBIDOS	170	100%
Nº DE ARTÍCULOS TRAMITADOS	141	83%
Nº DE ARTÍCULOS TRAMITADOS ACEPTADOS	73	53%
Nº DE ARTÍCULOS TRAMITADOS RECHAZADOS	65	47%
Nº DE ARTÍCULOS NO TRAMITADOS (EN PROCESO)	29	17%

Nº DE ARTÍCULOS RECIBIDOS POR DISCIPLINA

AGROQUÍMICA	1	0,6%
ECONOMÍA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO	9	5,8%
ECONOMÍA SECTORIAL	7	4,5%
ELECTROMAGNETISMO	1	0,6%
ELECTRÓNICA	1	0,6%
FILOSOFÍA SOCIAL	2	1,3%
FÍSICA TEÓRICA	1	0,6%
HISTORIAS POR ESPECIALIDADES	1	0,6%
INGENIERÍA AGRÍCOLA	1	0,6%
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE	5	3,2%
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRICAS	2	1,3%
INGENIERÍA Y TECNOLOGIAS QUÍMICAS	1	0,6%
MECÁNICA	2	1,3%
ÓPTICA	1	0,6%
ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL Y POLÍTICAS GUBERNAMENTALES	3	1,9%
ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS	51	32,9%
PLANIFICACIÓN URBANA	2	1,3%
PSICOLOGÍA INDUSTRIAL	2	1,3%
TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES	4	2,6%
TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	7	4,5%
TECNOLOGÍA DE LOS FERROCARRILES	1	0,6%
TECNOLOGIA DE LOS ORDENADORES	1	0,6%
TECNOLOGÍA DE MATERIALES	2	1,3%
TECNOLOGÍA DE VEHÍCULOS DE MOTOR	4	2,6%
TECNOLOGÍA DEL CARBÓN Y DEL PETRÓLEO	1	0,6%
TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICAS	3	1,9%
TECNOLOGÍA ENERGÉTICA	17	11,0%
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL	14	9,0%
TECNOLOGÍA METALÚRGICA	2	1,3%
TEORÍA Y MÉTODOS EDUCATIVOS	6	3,9%
TOTAL	170	100%

Nº DE ARTÍCULOS ACEPTADOS POR DISCIPLINA

ECONOMÍA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO	7	9,6%
ECONOMÍA SECTORIAL	4	5,5%
ELECTROMAGNETISMO	1	1,4%
FILOSOFÍA SOCIAL	1	1,4%
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE	3	4,1%

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICAS	2	2,7%
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS QUÍMICAS	1	1,4%
ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS	20	27,4%
PLANIFICACIÓN URBANA	1	1,4%
TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES	1	1,4%
TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	7	9,6%
TECNOLOGÍA DE LOS ORDENADORES	1	1,4%
TECNOLOGÍA DE VEHÍCULOS DE MOTOR	4	5,5%
TECNOLOGÍA DEL CARBÓN Y DEL PETRÓLEO	1	1,4%
TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICAS	1	1,4%
TECNOLOGÍA ENERGÉTICA	11	15,1%
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL	3	4,1%
TECNOLOGÍA METALÚRGICA	2	2,7%
TEORÍA Y MÉTODOS EDUCATIVOS	2	2,7%
TOTAL	73	100,0%
Nº DE ARTÍCULOS RECHAZADOS SIN USAR REVISIÓN ENTRE PARES	15	11%
Nº DE ARTÍCULOS ACEPTADOS SIN MODIFICACIONES	5	4%
Nº DE ARTÍCULOS PUBLICADOS	74	52%
Nº TOTAL DE PÁGINAS PUBLICADAS	792	100%
Nº DE PÁGINAS PUBLICADAS DE ARTÍCULOS	582	73%
PLAZO MEDIO DE PUBLICACIÓN (DESDE RECEPCIÓN HASTA PUBLICACIÓN)	137	días naturales
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE PUBLICACIÓN (DESDE RECEPCIÓN HASTA PUBLICACIÓN)	82	
PLAZO MEDIO DE EVALUACIÓN (DESDE RECEPCIÓN HASTA ACEPTACIÓN O RECHAZO)	20	días naturales
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN (DESDE RECEPCIÓN HASTA ACEPTACIÓN O RECHAZO)	32	
Nº DE EVALUADORES POR ARTÍCULO	1 revisión	3%
	2 revisiones	42%
	3 revisiones	38%
	4 revisiones	14%
	5 revisiones	1%
	7 revisiones	2%
Nº MEDIO DE EVALUACIONES POR ARTÍCULO	2,73	
Nº DE ARTÍCULOS EVALUADOS POR REVISOR	1,18	

Normas para los autores de artículos

- Los artículos deberán ser originales e inéditos y no deben de haber sido enviados simultáneamente a otros medios de comunicación.
- Tendrán siempre preferencia los que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática y/o lectores a los que se dirige la revista.
- Todos los trabajos serán redactados en castellano o inglés y deberán cumplir los siguientes requisitos:
 - Título en castellano e inglés de 50 caracteres máximo
 - Un breve resumen (Abstract), entre 150 y 250 palabras, en castellano e inglés.
 - Entre tres y cinco palabras clave (Key words) en castellano e inglés, que permitan identificar la temática del artículo
 - No deberían de tener más de aproximadamente **6.000 palabras**, o 17 páginas formato A4 en fuente Arial 10 con interlineado simple (Consultar con DYNA extensiones superiores).
 - Bibliografía relacionada o referencias según normas de la revista DYNA (Consultar en web)
- Con el objeto de facilitar la “revisión entre pares”, el autor deberá asignar el código DYNA de 6 dígitos correspondiente a la temática del artículo, seleccionándolo de entre los códigos disponibles en la dirección de Internet: www.revistadyna.com
- Los originales se remitirán mediante nuestra página web (envío artículos), en formatos .DOC (msword), .RTF, o .TXT. Se recomienda una calidad mínima de 300ppp para las fotografías que se adjunten con el artículo. Se harán constar: Título del artículo, nombre del autor, título académico, empresa o institución a la que pertenece, dirección electrónica, dirección postal y teléfono.
- Se someterán al Consejo de Redacción cuantos artículos se reciban, realizándose la “revisión entre pares” por los expertos del Consejo o los que ésta decida. El resultado de la evaluación será comunicado directamente a los autores. En caso de discrepancia, el editor someterá el trabajo a un revisor externo a la revista cuya decisión será trasladada nuevamente al autor.
- Los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- La revista se reserva el derecho de no acusar recibo de los trabajos que no se ajusten a estas normas.
- Para mayor detalle sobre estas normas, por favor visite nuestra web <http://www.revistadyna.com>

PROGRAMA DE MONOGRÁFICOS 2009

Estaremos encantados de recibir artículos sobre los temas mencionados en cada monográfico o sobre cualquier otra disciplina dentro del amplio abanico que abarca la Ingeniería Industrial. Se ruega enviar los trabajos con una antelación de 3 meses con respecto al de la publicación del monográfico, para poder cumplir con garantías el proceso de revisión.

1.- Desarrollo Sostenible (Febrero)

2.- Seguridad Industrial (Mayo)

- Seguridad de Instalaciones en ambientes laborables
- Normativa y especificaciones técnicas
- Programas de captación de prevención y protección
- Metodologías de la Seguridad Industrial
- Prevención de riesgos medioambientales por agentes químicos, térmicos, ...
- Formación en Seguridad
- Novedades técnicas

3.- Innovación (Septiembre)

- Su necesidad y como desarrollarla
- Creatividad
- Equipos de trabajo
- Modelos de Innovación

- Gestión del talento humano
- La innovación por sectores: Industrial, Educación,...
- La innovación por funciones: Compras, Producción, Ventas,...
- La Innovación como concepto estratégico
- Empresas Innovadoras
- La propiedad Industrial y la Innovación

4.- Energía (Noviembre)

- Eficiencia energética
- Energías renovables: Estado actual y perspectivas
- La energía factor clave del desarrollo sostenible
- Alternativas a los combustibles fósiles La edificación y el ahorro energético
- El estado actual de la energía nuclear
- Avances en el proyecto ITER
- Cogeneración

Energia erabiltzen ikastea denon esku dago
Aprender a utilizar la energía depende de todos

EEEnergia erabiltzeko apustua egin dugu beti. Horregatik, **energiaren aurreztea, eraginkortasuna eta energia berriztagarriak** jendarteratzeko lanak sustatzen jarraitzen dugu.

Era horretan, eskaintzen dugun energia-hornidurak kostu egokiena eta ingurumenaren gaineko eragin txikiena izatea lortzen dugu. Gainera, garapen iraunkorra sustatu eta gure ingurunea babesten dugu, euskal gizartearen ongizate-maila gutxitu edo arriskuan jarri gabe.

En EVE apostamos por el uso correcto de las energías. Por eso, seguimos impulsando la divulgación del **ahorro, la eficiencia energética y las energías renovables**.

De esta forma, garantizamos la disponibilidad del suministro en las mejores condiciones de coste e impacto ambiental. Y además, contribuimos al desarrollo sostenible, preservando nuestro entorno, sin perder ni hipotecar las cotas de bienestar de la sociedad vasca.

aurrera doan
herria



Ongizatea sortzen dugu Generando bienestar



EVE Ente Vasco
de la Energía

www.eve.es

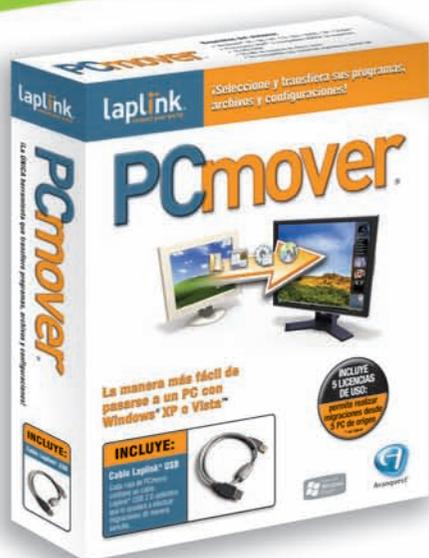
El cuento de siempre



- dolores de cabeza
- días y días para empezar a trabajar con un nuevo ordenador
- ...y al final siempre se pierde información importante o algún programa no funciona bien



- en pocas horas trabajando con tu nuevo ordenador, conservando todos los programas y archivos que tenías en el ordenador antiguo
- PCmover realizará la transferencia con unos cuantos clics.
- tiempo libre para mi familia



P.V.P. 59,95 €

tú eliges

- La manera más fácil de cambiar a un nuevo PC con Windows® XP o Vista™. PCMover te permite migrar de forma rápida y segura todos tus programas, archivos y configuraciones del PC antiguo al nuevo, manteniendo los programas existentes intactos
- Migración de programas, archivos y configuraciones a través de una conexión por red, cable o medios de almacenamiento extraíbles
- Incluye 5 licencias de uso
- Incluye 1 cable LapLink USB 2.0 que te permitirá realizar migraciones rápidas y sencillas
- Compatible con Windows® Vista™

Adquiere-lo ya en Avanquest (tlf: 91 630 70 23) o en tu distribuidor habitual de informática