



Predicción de resultados en procesos: Una herramienta de control basada en el Conocimiento

Diseño Industrial: El enfoque social de la tecnología

Sistemas de control de vibraciones para grúas torre

El mantenimiento Industrial en España. Encuesta sobre su estado y aplicación de herramientas de apoyo a la decisión

Soldadura por arco de aceros inoxidables: Optimización del $t_{8/5}$



Precio por ejemplar. 13 €

AENOR

nueva publicación

www.aenor.es ■ 902 102 201 ■ comercial@enor.es

La Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio, es fruto de la experiencia en el sector, del desarrollo notable que se ha producido en el programa de eurocódigos y de la exigencia del marcado C E para los productos citados en la EHE.

Esta publicación incluye la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), el Real Decreto 1247/2008 por la que se aprueba, la corrección de errores al Real Decreto de 24 de diciembre y todas las normas UNE citadas en la legislación junto con sus versiones actualizadas.

200 normas UNE que incluyen especificaciones sobre durabilidad, materiales, ensayos, acciones en estructuras, proyectos, evaluación de la conformidad, sistemas de gestión de la calidad y ambiental.

2009 • CD-ROM • 92,80 €
ISBN: 978-84-8143-597-9



EHE-08

Hormigón estructural. Legislación y normas UNE

EHE-08, estructuras de hormigón
seguras y sostenibles

Buscar, encontrar y comprar...
SUS LIBROS EN UN CLICK

5% de descuento
www.aenor.es

AENORediciones

La Revista DYNA, fundada en 1926, es el Órgano Oficial de Ciencia y Tecnología de la **Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España (FAIE)**. 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 ADMINISTRACIÓN Y ASESOR

Presidente de Honor: Luis Manuel Tomás Balibrea (FAIE. - 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 de 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 Ruiz-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 REDACCIÓN

Presidente: Luciano Azpiazu Canivell (Iberdrola - Bilbao)

Vicepresidente: Leopoldo Espolita Camaño (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** (Consellería 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 Arrieta** (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), **Fernán Puerto 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 Fundación 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 Camicero** (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 INGENIERÍA INDUSTRIAL COLABORADORAS

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, Escuela Politécnica Superior de Ferrol, Escola Tècnica 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, Ihobe, Tecnalia

ORGANIZACIONES AMIGAS DE DYNA

Iberdrola y Mutualia

© 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 Cornellà, 13-15, planta 14ª - 3 • 08950 Esplugas.

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

Bilbao: INGEN Ingenieria 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

Francia: Jacques Mercadier (UISBA)

Perú: Juan G. Barrientos Díaz (Revista EIC)

IMPRESOR: Rotok Industria Gráfica S.COOP.

Pol. Ind. Txirrita Maleo, Pab. 11 - 20100 Renteria (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(20090401)84:3<1.0.TX;2-5

CODEN: DYNAAU

Tirada de este número: 16.850 ejemplares

Ejemplares vendidos: 16.615

Suscripciones: 14.055



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

(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

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%.

Incluida 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 de la 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



180 DYNA hace 80 años

182 Noticias Breves

184 Sociedad e Ingeniería Industrial

186 Noticias

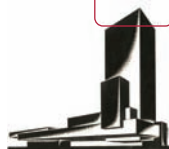
260

Arqueología Industrial
Industrial archaeology

261

Desarrollo Sostenible
Sustainable development

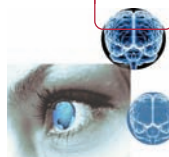
195



EL ENFOQUE SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA EN EL DISEÑO INDUSTRIAL
SOCIAL APPROACH OF TECHNOLOGY IN INDUSTRIAL DESIGN

RAMÓN RUBIO GARCÍA • JOSE ANTONIO LÓPEZ CEREZO

209



LA PREDICCIÓN DE RESULTADOS EN PROCESOS INDUSTRIALES:
UNA HERRAMIENTA DE CONTROL BASADA EN EL CONOCIMIENTO
*RESULTS PREDICTION IN INDUSTRIAL PROCESSES:
A CONTROL TOOL BASED ON THE KNOWLEDGE*

ARGOITZ ZABALA URIARTE • RAMÓN SUÁREZ CREO • JULIÁN IZAGA MAGUREGI

219

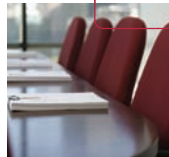


TÁNTALO: UN METAL ESTRATÉGICO

TANTALUM: A STRATEGIC METAL

GREGORIO LÓPEZ LÓPEZ • JESÚS LÓPEZ LÓPEZ • M^a ROSA GARCÍA YAGÜES

225

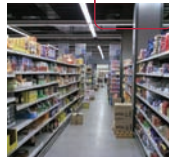


EL ESTADO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN ESPAÑA. ENCUESTA
SOBRE EL ESTADO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL Y LA APLICACIÓN
DE HERRAMIENTAS DE APOYO A LA DECISIÓN EN EL ÁMBITO.

*THE STATUS OF INDUSTRIAL MAINTENANCE IN SPAIN. INQUIRY ON THE
STATUS OF INDUST*

AITOR GOTI ELORDI • MIGUEL MARÍA EGAÑA ERRASTI •
ALFREDO ITURRITXA PÉREZ DE ALBÉNIZ

231



¿ES IMPORTANTE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL DE LOS PRODUCTOS
PARA EL CONSUMIDOR DE LA BASE DE LA PIRÁMIDE?

*IS ENVIRONMENTAL PRODUCTS INFORMATION IMPORTANT TO
CONSUMER OF THE BASE OF THE PYRAMID?*

BÉLGICA PACHECO BLANCO • DANIEL COLLADO RUIZ • MARÍA JOSÉ BASTANTE
CECA • SALVADOR CAPUZ RIZO

237



SISTEMAS DE CONTROL DE VIBRACIONES PARA GRÚAS TORRE

VIBRATION CONTROL DEVICES FOR TOWER CRANES

JESÚS DE SEBASTIÁN SANZ • CARLOS M. CASADO SÁNCHEZ •
ANTOLÍN LORENZANA IBÁN • ALFONSO PONCELA MÉNDEZ

245



NUEVOS REQUERIMIENTOS DE PRECISIÓN EN EL POSICIONAMIENTO
DE VEHÍCULOS PARA APLICACIONES ADAS

*NEW ACCURACY REQUIREMENTS IN VEHICLE POSITIONING FOR ADAS
APPLICATIONS.*

FELIPE JIMÉNEZ ALONSO • JOSE EUGENIO NARANJO HERNÁNDEZ

251



OPTIMIZACIÓN DEL T_{8/5} EN LA SOLDADURA POR ARCO DE ACEROS
INOXIDABLES.

OPTIMIZATION OF T_{8/5} FOR STAINLESS STEELS ARC WELDING

EUSEBIO JOSE MARTÍNEZ CONESA • MANUEL ESTREMS AMESTOY •
VALENTÍN MIGUEL EGUÍA

CALENTAMIENTO CON CARBÓN PULVERIZADO DE LAS CALDERAS CON HOGARES INTERIORES.

Es tema casi permanente en la época, una búsqueda incansable del mejor rendimiento y operación en los medios productores de vapor, en este caso a CALDERAS MARINAS, subtítulo del presente trabajo. Y en este caso porque *“hasta ahora ha permanecido sin resolver tan importante problema como es el de aplicación del carbón pulverizado a las calderas de hogar interior, y principalmente a las marinas”*.

Después de razonar los motivos y ventajas para utilizar carbón pulverizado (precio, menores exigencias de calidad y buena combustión) se presentan los modelos más avanzados en esta técnica, como “Lancashire”, “Dansk”, “Galloway” y “Ecotch”. Con los resultados obtenidos en pruebas prácticas efectuadas en el Reino Unido, según los datos ofrecidos por el autor, “*se ha logrado reducir la cámara de combustión y las pérdidas debidas a los water-jackets, mejorando considerablemente el rendimiento*”.

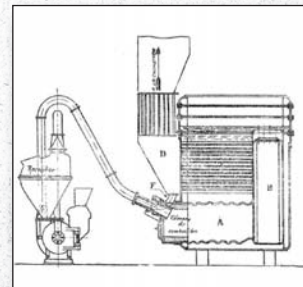


Fig.1. Caldera Ecotch calentada con carbón pulverizado por pulverizador resolutor y quemador woodeson

FERNANDO BELLIDO ALDECOA

EL HORNO ALTO - ¡UN MINUTO DE PARADA!

“La importancia de un minuto de parada del horno alto, y su valoración aproximada” es lo que aborda este artículo, *“inspirado en la consideración de la velocidad, como factor integrante de la actividad industrial”*. En siderurgia, *“dado las grandes producciones de los hornos modernos, el que dejen de producir, aunque solo sea un minuto, representa una pérdida digna de valorarse”*. El objetivo de esta valoración será, sobre todo, informar a los operadores de su importancia, analizando para ello *“paros, sobre la marcha, inferiores a 5 minutos”*.

El calculo efectuado sobre un horno alto de 250 T. de producción media diaria y considerando las pérdidas en calorías por el agua de refrigeración, en las estufas Cowper, por radiación y convección del-horno, por la mayor potencia consumida, por el consumo de engrase de las bombas, la improducción de gas, la mano de obra perdida y la no producción de arrabio, concluye con que *“por todos los conceptos”* se alcanza *“un total de 8,03 pesetas por minuto”*.

La importancia de esta cifra a que todo el mundo deba orientarse *“hacia el mayor rendimiento y hacia la máxima inquietud, factores de competencia y de progreso”*.

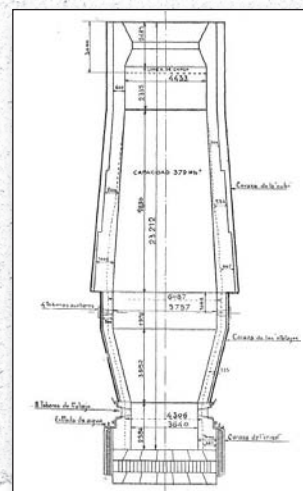


Fig.2. Horno alto

ANDRÉS DE BENGUA

LA INDUSTRIA (MIRANDO AL FUTURO)

El próximo mayo se celebraba en Madrid el Congreso Internacional de la Federación de Asociaciones para el Fomento de la Sociedad de Naciones y el del Comité Pro-Cooperación Europea. Por ese motivo, el autor glosa los temas que se van a desarrollar en ambos y en particular el por qué *“a la industria, han de afectar, tanto como a cualquier otra actividad económica, las medidas que se deriven de las conclusiones adoptadas”*. Tampoco *“parece halagüeña la postura de la industria nacional que quede aislada del pacto industrial europeo”*. Concluye argumentando la necesidad de que *“ocupe nuestra atención el estudio de las causas que intervienen en la organización industrial modelo, sin olvidarnos de que la enseñanza profesional ocupa el primer lugar en la obra a emprender y confirmemos una vez más con nuestro dinamismo, que más vale prevenir que remediar”*.

MARIO HERRÁN

LAS RENOVABLES Y EL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD

El número de las instalaciones de producción de electricidad a partir de los llamados recursos energéticos renovables ha crecido en España de un modo espectacular. En conjunto, el ahora llamado régimen especial (Ley 54/1997, del Sector Eléctrico) pasó de 754,8 MW instalados y 2.913,5 GWh producidos en 1990 a 28.517 MW y 67.343 GWh en el 2008. El esfuerzo iniciado con la Ley 82/1980, de Conservación de la Energía, y con el lejanísimo “Plan de Investigación Electrotécnica” (PIE) se ha traducido sin duda en unos resultados excelentes, muy por encima de las previsiones más optimistas.

Cierto que todavía está sin resolver la distribución de la electricidad producida a partir de fuentes energéticas renovables, y que aspectos conexos a tales recursos como su irregularidad, su impredecibilidad y su dificultad de almacenamiento hace que su integración presente problemas en un sistema eléctrico que ante todo debe ofrecer calidad, fiabilidad y garantía de suministro.

Cierto también que el notable crecimiento de la potencia instalada para el aprovechamiento de energías renovables ha obligado, para poder garantizar el suministro eléctrico, a un crecimiento parejo de instalaciones convencionales de generación de electricidad, potencia muchas veces ociosa que grava complementariamente a los contribuyentes en aras de una mayor seguridad del sistema.

Viene a cuento recordar la falta de inversores que inicialmente consideraron este tipo de proyectos, que a trancas y barrancas conseguían sacar adelante algunos tan esforzados como meritorios promotores. Más adelante, tras un cuidadoso análisis del negocio e introducidas las oportunas modificaciones en el sistema retributivo (Real Decreto 2.366/1994, R.D. 2.818/1998, R.D. 436/2004 y R.D. 661/2007), los agentes económicos acogieron con entusiasmo tan feliz oportunidad y se abrieron paso para llevarse el pedazo mayor de la tarta de las renovables.

Es obvio que la producción de electricidad tiene unos costes muy diferentes según la técnica que se utilice para ello. Sin embargo, de acuerdo con los mecanismos de funcionamiento del mercado eléctrico en España (vigentes desde 1998), el precio de referencia de la electricidad en cada franja horaria es el correspondiente al de la técnica más cara que se necesita para atender a la demanda en esa franja. Dicho de otra forma: la técnica más cara fija el precio de las demás.

Para la satisfacción de la demanda eléctrica española es necesario que funcionen la mayor parte del día centrales eléctricas que consumen combustibles fósiles, cuya electricidad es la más cara de todas, especialmente la obtenida a partir de petróleo o de gas natural. Los altos costes de producción de estas centrales fijan el precio de todas las demás, que consiguen así unos extraordinarios beneficios al percibir unos ingresos que son muy superiores a sus costes de producción, beneficios que además se ven incrementados cada vez que sube el petróleo.

Las centrales nucleares, cuyos costes actuales de funcionamiento son mucho más bajos que los de otras centrales, reciben con este sistema unos ingresos muy superiores a los precios de la electricidad que producen. Por su parte, las centrales hidroeléctricas, muchas de ellas totalmente amortizadas, perciben unos enormes beneficios por unos ingresos también notablemente más altos que sus costes de producción. Lo mismo puede decirse del resto de la electricidad de origen renovable, que disfruta además de una sustancial prima por encima del precio del mercado.

Tales ingresos extraordinarios de la electricidad no tienen ninguna relación real con su coste de producción, encareciendo innecesariamente el precio final a pagar por los ciudadanos.

Si se desea estimular con un apoyo sincero a las energías renovables como necesaria aportación técnica para la mejora de los sistemas energéticos, debería procederse a la urgente revisión de su un marco de retribución. Puesto que al favorecer técnicas de producción ya suficientemente maduras (hidroelectricidad, eólica), detrae recursos económicos de aquellas otras técnicas que por su inmadurez necesitan un mayor y más decidido apoyo institucional.

► ACRISTALAMIENTO CONTRA HURACANES.

En los territorios donde periódicamente suelen desarrollarse vientos de elevada intensidad, las superficies acristaladas se efectúan habitualmente con vidrio laminado PVB (polivinil-butiral) y son objeto de montajes especiales, intercalando una base adherente de silicona entre el vidrio y la estructura de soporte.

Sin embargo ello no impide, en caso de huracanes, algunas roturas por la fuerza del viento o por impacto con objetos desplazados por él, como piedras, maderas, tejas, etc. La reposición es muy laboriosa, ya que exige eliminar el vidrio residual y la base adherente, limpiando bien el marco para colocar la nueva base y el vidrio de sustitución.

DuPont ofrece ahora el nuevo vidrio SentryGlass, en el que la capa intermedia de PVB se sustituye por otro tipo de capa laminada estructural. De ese modo, no solo es más resistente que el anterior, sino que puede ser fijado “a seco” sobre las estructuras de soporte y de ese modo abarata considerablemente una eventual reposición.

► ÁRBOLES ARTIFICIALES PARA LA CAPTURA DE CO₂.

La tecnología de secuestro de CO₂ debe aun superar importantes problemas, no solo por la determinación de lugares para confinamiento, sino porque su captura o separación del total de gases de combustión es una operación costosa.

Klaus Lackner, profesor de geofísica en la Universidad de Columbia, ha diseñado unos elementos a modo de árboles artificiales que capten el CO₂ presente en la atmósfera y sean

capaces de liberarlo posteriormente.

En colaboración con Global Research Technologies, está construyéndose un prototipo que capture alrededor de una tonelada de CO₂ por día. Se trata de una especie de cámara con láminas de un plástico especial donde se adhiere el gas ionizado separándose del aire al circular entre ellas.

Posteriormente, con un elevado nivel de pureza, puede ser desprendido con facilidad y conducido a donde se desee. Considerando que un automóvil emite alrededor de 100 toneladas de CO₂ a lo largo de su vida útil, se aprecia la importancia que pueden tener estos elementos.

Además se trata de buscar un aprovechamiento próximo para el CO₂ capturado, como utilizadores industriales del gas o inyectándolo en invernaderos de cultivos intensivos que enriquecen el aire con él para aumentar el desarrollo de las plantas.

► TABIQUES LIGEROS RECUBIERTOS DE METAL.

El material ligero empleado como elemento de construcción para cámaras, tabiquería, etc., se ha ido imponiendo progresivamente, aunque en la mayor parte de los casos exige ser protegido o decorado según el uso y la estética de su aplicación.

ThyssenKrupp ha desarrollado un nuevo tipo de paneles denominados PLADUR® M (Metal Look), a base del material de cerramiento de la marca citada, recubierta con diferentes tipos y acabados. El reto fue conseguir una apariencia de metal pulido que no solo satisfaga necesidades estéticas, sino que cumpla los requisitos técnicos de los

clientes en cuanto a su resistencia al desgaste y facilidad de limpieza.

En este aspecto, al ser elaborado deliberadamente hidrofóbico, ofrece excelentes cualidades de limpieza, aun en comparación con otros productos

PLADUR®, frente a sustancias como mostaza, aceite o vinos tintos.

Además de las variantes metálicas posibles, como aluminio, titanio, cobre o acero inoxidable, se ofrece un PLADUR® M WR, también con distintos tipos de pintados y colores, e incluso con posibilidad de ser impreso con temas publicitarios.

► ALMACENAJE DE ENERGÍA COMO AIRE COMPRIMIDO.

Uno de los problemas de la producción eólica es el estar condicionada a circunstancias ajenas a los requisitos de la demanda eléctrica. A veces no siempre es necesaria en momentos de buena intensidad de viento y otras no genera cuando resulta necesaria.

Una opción para conservar esa energía no utilizable para un uso posterior puede estar en las plantas de almacenaje de energía en forma de aire comprimido (CAES en sus siglas inglesas). El aire comprimido obtenido con ella se inyecta en oquedades subterráneas estancas o en capas de rocas porosas, pudiendo llegarse con facilidad a los 100 bares. Cuando se precisa, una turbina movida por el aire expandido genera electricidad. El aspecto negativo está en que la eficiencia, en los dos proyectos actualmente realizados, se sitúa por debajo del 55%, pues el calor desarrollado en la compresión no puede ser utilizado. Cuanta más energía eólica se

disponga, se espera que este tipo de almacenaje gane importancia. Por esa razón la eléctrica alemana RWE Power y la GE están investigando la factibilidad de un nuevo concepto denominado “adiabático avanzado” (AA-CAES) que también recupera el calor desarrollado en la compresión del aire. Se espera una primera planta piloto para 2012.

► ¿UNA MÁQUINA DE LAVAR SIN AGUA?

Un proceso de lavado en el que agua y detergente son sustituidos por unos gránulos de plástico y una pequeña cantidad de agua, puede ser suficiente para eliminar la suciedad de los tejidos, dejando las prendas limpias y prácticamente secas. Investigadores de la Universidad de Leeds (UK) han demostrado la validez del método y formado la empresa Xeros para comercializar esta tecnología, probada según requisitos internacionales. Su consumo de agua y electricidad supone solamente el 2% de los lavados convencionales, cuya necesidad de agua alcanza el 13% del total dedicado al uso doméstico.

Complementariamente, se está ensayando como medio que pueda sustituir a la limpieza en seco practicada para ciertos tipos de prendas o de suciedad, con lo que supondría una importante reducción en el empleo de los disolventes propios de esos procesos, potencialmente dañinos para la salud y cuestionados en varios lugares.

► NUEVAS CENTRALES NUCLEARES EN EE.UU.

Progress Energy Florida ha firmado, con Westinghouse

Electric Co. y The Shaw Group Inc., un acuerdo para el proyecto, suministro y construcción de una central nuclear con dos unidades AP 1000 en el condado de Levy (Florida). Este contrato se suma a los concertados a comienzos del pasado año por Westinghouse con Georgia Power y con South Carolina Electric & Gas Co. para otras dos centrales, cada una a su vez con dos unidades AP 1000. Es de notar que no se habían plasmado contratos de nuevas centrales nucleares en EE.UU. desde 1980, aunque está en estudio la posibilidad de ocho centrales adicionales de esa tecnología.

AP 1000 es una unidad basada en el PWR, reactor de agua presurizada, con una potencia generadora de 1.100 MW, de diseño modular, elevado nivel de estandarización y calidad, y más económica de construcción y mantenimiento.

► EL METANO DE LAS MINAS DE CARBÓN.

En febrero de 2008, tuvo lugar en Polonia una reunión internacional para tratar sobre el aprovechamiento del metano que se encuentra habitualmente en las minas de carbón (CMM), concluyendo con interesantes datos y proyectos. Las minas de carbón aportan casi el 10% de las emisiones de metano a la atmósfera y pueden ser capturadas y utilizadas para evitarlo y aprovechar su energía, pues sus emisiones pueden contener hasta el 70% de ese gas.

Por ejemplo, de las 33 minas activas en Polonia, 29 tienen gases que suponen un recurso explotable de 95.000 millones de m³ y en 14 se aplica ya su aprovechamiento.

Sin embargo, es China el país que más proyectos tiene, unos 60 en marcha, en uno de los cuales alimenta con sus gases una central de 120 MW, la mayor del mundo en esta tecnología. EE.UU. actúa con 10 proyectos en minas activas y 20 en minas clausuradas, con preferencia depurando los gases e inyectándolos en los gasoductos disponibles. Actualmente el aprovechamiento mundial de esos gases se cifra en unos 3.000 millones de m³ anuales.

► LEDS MÁS ECONÓMICOS.

La reducción de consumo eléctrico en alumbrado puede recibir nuevo impulso en un próximo futuro si se confirman las expectativas para la obtención de LEDs (Light Emitting Diodes) asequibles para utilización doméstica. En efecto, las actuales lámparas llamadas de bajo consumo que sustituirán a las de filamento de aquí al 2012, podrían dejar paso posteriormente a la tecnología LED si se soluciona el problema de su costo, que debería disminuir diez veces para que resultase competitiva. Otras ventajas, aparte del consumo, están en que iluminan en el instante de conectar, son de intensidad lumínica regulable y su duración puede alcanzar las 100.000 horas.

Investigadores de la Universidad de Cambridge, están desarrollando un LED basado en el nitruro de galio, que en lugar de crecer sobre costosas bases de zafiro como se ha hecho habitualmente, lo haga sobre bases de silicio, lo que rebajaría a una décima parte su costo actual.

Sociedad e Ingeniería

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

► FIRMA DEL CONVENIO MARCO DE COLABORACIÓN ENTRE EL CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

El Consejo General y la Sociedad Nuclear Española firman un convenio para el desarrollo de actividades relacionadas con la energía y los proyectos tecnológicos.



Luis Yagüe Presidente de SNE, Francisco Javier Cobo Presidente del Consejo y Aurelio Sala, secretario General de la SNE

El presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales, Ilmo. Sr. Francisco Javier Cobo Valeri y el presidente de la Sociedad Nuclear Española, Ilmo. Sr. Luis Yagüe Álvaro han firmado en la sede del Consejo un Convenio de Colaboración científica y técnica para el desarrollo de actividades de reflexión y debate sobre aspectos relacionados con la energía y proyectos tecnológicos en el ámbito correspondiente a sus actividades.

Mediante este convenio la SNE y el Consejo General se comprometen a la organización y participación en reuniones técnicas, en las que analizarán aspectos del sector energético. También ambos organismos participarán y llevarán a cabo conferencias y mesas redondas abiertas a la colaboración de profesionales y miembros sobre los asuntos analizados en las reuniones técnicas.

La firma del acuerdo, además, compromete a ambas partes a realizar documentos que profundicen en el estado actual y perspectiva inmediata de algunos de los temas tratados en las reuniones y conferencias.

Tanto la SNE como el Consejo General establecerán vías fluidas de comunicación para conocer las actividades que desarrollen relacionadas con este convenio. Ambos

Presidentes tuvieron un recuerdo para la primera promoción de la especialidad de Energéticos de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona y su importante papel en el desarrollo de la energía nuclear en España.

► EL COLEGIO DE BIZKAIA FIRMA UN CONVENIO DE COLABORACIÓN CON UISBA-CNISF

El pasado 22 de marzo, el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Bizkaia y *La Union des Ingénieurs et Scientifiques du Bassin de L'Adour* (UISBA) firmaron un convenio de colaboración en Hendaya.

El objetivo del convenio es desarrollar relaciones entre los ingenieros y los científicos de las dos regiones fronterizas, de forma que participen en una dinámica común de desarrollo económico y cultural, y al impulso de acciones para fomentar estos desarrollos entre sus vecinos franceses y españoles.



Josu Sagastagoitia, Jacques Mercadier y Jeanne Francois durante el acto.

Se organizarán al menos dos reuniones anuales, una en Bilbao y otra en el Bassin del Adour entre las directivas de ambas Asociaciones, con el fin de intercambiar los respectivos programas de actividades y las diferentes informaciones sobre el mundo socio-económico transfronterizo. El programa común de actividades se definirá con la base de estas reuniones, así como la frecuencia de las reuniones de afiliados a las dos Asociaciones.

Acudió también al acto el nuevo Presidente de UISBA Jacques Mercadier.

enieria Industrial

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

► ENTREVISTA ENTRE LOS INGENIEROS INDUSTRIALES DE ESPAÑA Y EL PRESIDENTE DE LA JUNTA DE EXTREMADURA

El pasado 11 de Febrero tuvo lugar en el **Palacio Conventual Santiaguista**, sede de la *Presidencia del Gobierno de la Junta de Extremadura*, una entrevista de su Presidente -Guillermo Fernández Vara- con el Presidente de la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España y el Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Extremadura.



Jesús Mirat, Decano del COII de Extremadura, Luis M. Tomás, Presidente de la FAIIE y Guillermo Fernández Vara presidente de Extremadura.

Tras comenzar, como es obligado, comentando la situación económica que se vive en el momento actual en nuestro país y las posibles vías para minimizarla, el Presidente Fernández Vara se congratuló de que, finalmente, se hubiera llegado a una situación satisfactoria para la ingeniería superior española en el denominado *Proceso de Bolonia*.

La entrevista finalizó con el obsequio al Presidente Fernández Vara de un Ingeniero Industrial, vestido con el uniforme, realizado en plomo. Un regalo que el Presidente agradeció y dijo que añadiría a la colección que tiene en su casa de figuras de plomo.

► EL CONSEJO GENERAL ESTABLECE UNA MAYOR COLABORACIÓN CON EL INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA

Representantes del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales y el Presidente de la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales

mantuvieron el pasado 10 de marzo una reunión con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en la que se crearon canales de comunicación fluidos para una mayor colaboración de los Ingenieros Industriales con el IDAE.

A esta reunión acudieron el Sr. Luis Manuel Tomás Balibrea, presidente de la FAIIE; Sr. Jesús Rodríguez Cortezo, Decano del Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid; Sr. Aurelio Azaña, Decano del Colegio de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental; el Sr. Joan Vallve, Decano del Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña y el Sr. Juan Blanco, secretario técnico del Consejo.

Por parte del IDAE estuvieron presentes el Sr. Enrique Jiménez Larrea, Director-General IDAE; Sr. Juame Margarit i Roset, Director de Energías Renovables IDAE; Sr. Juan Antonio Alonso González, Director de Ahorro y Eficiencia Energética IDAE y el Sr. Carlos López López, Jefe del Departamento de Planificación y Estudios IDAE.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, es una Entidad Pública Empresarial, adscrita al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, que promueve y desarrolla planes de eficiencia energética. Además, el IDAE lleva a cabo acciones de difusión, asesoramiento técnico, desarrollo y financiación de proyectos de innovación tecnológica y carácter replicable.

Los representantes del IDAE expusieron el Plan de Acción 2005-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España y el Plan de Energías Renovables 2005-2010 que son los dos grandes marcos que orientan actualmente la actividad institucional de este organismo.

Por parte del Consejo se presentaron las acciones planteadas dentro de su Comisión de Estrategia Industrial y el enfoque novedoso que se quiere dar al análisis de la problemática industrial y medioambiental que resultaron muy interesantes para los representantes del IDAE.

También mostraron un especial interés en los contenidos del programa INFOTEC que, desde el año 2001, produce y emite semanalmente la Asociación de Ingenieros Industriales de la Región de Murcia a través de Televisión Murciana.

El camino iniciado con esta visita se plasmará en un futuro próximo con un Convenio Marco de colaboración entre ambas entidades.

Queridos amigos:

Con gran sentimiento me veo impulsado a comunicaros el reciente fallecimiento en Milán de Franco Fiocca, nuestro antiguo colaborador durante largos años como corresponsal de DYNA en Italia. En mi condición de buen amigo, que pude gozar de su sincera y noble amistad, me siento obligado a manifestar mi profundo sentimiento ya que, aunque amigos pueda haber muchos, son pocos los merecedores de un reconocimiento especial.

Un fuerte abrazo con mi felicitación por vuestra labor.

José Miguel Marañón

Noticia

Un teléfono con gran significado para la Ingeniería Industrial

Fuente: Infotec

El que ven en la fotografía, no es cualquier teléfono.

Su valor va mucho más allá de ser una mera antigüedad.



Teléfono



Corona Central de la rueda de marcación con el escudo y el rótulo "Congreso de los Diputados"



Etiqueta situada en la parte inferior del teléfono

Sorprende que, en un país supuestamente desarrollado, puedan adquirirse determinados objetos que debieran encontrarse conservados y preservados en Museos.

Al menos, en esta ocasión, ha habido suerte y éste ha ido a parar a las manos de para quienes, sin duda, más valor representa: Los Ingenieros Industriales.

Se trata, ni más ni menos, del teléfono que el Presidente de la II República Española, Niceto Alcalá-Zamora y Torres, tenía en su escaño del Congreso de los Diputados.

II República Española; cargo que ocuparía hasta el 11 de mayo de 1936.

A través de este teléfono, el 18 de septiembre de 1935, el Presidente de la II República, ordenaba al entonces Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, D. Joaquín Dualde Gómez, que publicara un Decreto, en el que explícitamente se reconociera el importante papel desempeñado por los Ingenieros Industriales en la industrialización española. Al tiempo que fijara de manera precisas sus atribuciones profesionales al objeto de

evitar los conflictos competenciales que estaban teniendo que dirimir, a su favor, los más altos Tribunales de la Nación.

Decreto que se publicaría el 20 de septiembre de 1935 en la Gaceta de Madrid, y que, a pesar de los más de 73 años que han transcurrido hasta nuestros días, continua vigente regulando el ejercicio profesional de la Ingeniería Industrial.

No es por tanto de extrañar que, para los Ingenieros Industriales, este teléfono implique mucho más valor que el de su mera pertenencia a un Presidente de España.

¿Cómo llegó desde el Gabinete Fonográfico de Villasante a la prestigiosa sala de subastas de Madrid en la que recientemente fue subastado?. Un misterio...

Pero gracias a ello, y a la afición por las antigüedades del Presidente de la Federación de Ingenieros Industriales de España, a partir de ahora, esta excepcional pieza histórica de nuestro país, y de su Ingeniería Industrial, pasará a ser preservada por los representantes de aquella profesión que, hace 73 años, un Presidente España pronunciara a su través: los Ingenieros Industriales.

SORTEO

SORTEOS DE PROGRAMAS DE AVANQUEST

Resultado del concurso convocado en el número de Febrero de 2009

Concurso **@Prompt Personal 8.0 Multilingüe**

D. Jorge Pereira Rios

Colegio Oficial de I.I. de Bizkaia

D. Angel Cuesta Valle

Colegio Oficial de I.I. de Asturias y León

D. Alfonso Muñoz Ruiz

Colegio Oficial de I.I. de Andalucía Occidental

propano
bp gas



La diversidad en forma de energía

Toda la energía BP Gas a su servicio.

Con BP Gas benefíciase del gas propano en las mejores condiciones comerciales, con el mejor servicio y la máxima seguridad. Una misma fuente de energía para todas las necesidades de cocina, agua caliente, calefacción, aire acondicionado y climatización de piscinas y SPA's.



BP Gas, soluciones de calidad para todos los sectores.

Estudios completos y sin compromiso en proyectos nuevos, conversiones de gasoil y botellas industriales.

Llámenos o visítenos ahora.



Desarrollado un acumulador de energía para plantas de energía solar.

La instalación piloto se presentó en Stuttgart.

www.dlr.de



Cemento a elevada temperatura para almacenaje de energía solar

El almacenaje efectivo de energía es una base importante para la generación de energía renovable. El Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ha presentado junto con su socio industrial Ed. Züblin, AG, un nuevo acumulador térmico para plantas solares. La instalación piloto construida en Stuttgart se basa en el

almacenaje del calor en cemento y ofrece una solución eficiente y económica de utilización comercial para temperaturas hasta 400°C.

Para el éxito de la tecnología de generación energética solar son un factor clave unos acumuladores eficientes de energía. Dotando a una planta energética con un acumulador de calor, el tiempo operativo de las turbinas continúa en horario nocturno o se prolonga en los momentos con baja emisión solar. Esto significa una considerable ampliación de la producción de la planta de energía no contaminante.

En el desarrollo de una solución apropiada para obtener una tecnología de almacenaje sólido han trabajado conjuntamente la empresa Züblin, AG y los investigadores del Instituto para la Técnica Termodinámica del DLR en un proyecto patrocinado por el

Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente. Como prueba de su factibilidad, además de los cálculos e investigación en laboratorio, se ha construido en el Departamento de Ensayos de la Universidad de Stuttgart un acumulador real. Los ensayos han confirmado las prestaciones previstas.

Las ventajas del cemento frente a otros materiales de almacenaje radican en su economía. Esto se demostrará en la Plataforma Solar de Almería, instalación de ensayo del DLR en España. Sobre todo se valora su concepción modular, ya que por ello el acumulador de cemento puede ser utilizado para cualquier potencia. Además no solamente en el caso de plantas energéticas solares sino también como almacenaje de cualquier tipo de calor o en necesidades de estabilización del par energía-calor.

Innovadora iniciativa de AMIC y los colegios de Ingenieros Industriales

El primer seguro de coche online de AMIC, sólo para Ingenieros Industriales

Los ingenieros industriales ya pueden contratar online el seguro de su coche "AMIC Senior", con ventajas y prestaciones exclusivas para él, su familia y amigos.

Pueden hacerlo desde su ordenador, con unos pocos clicks y de manera intuitiva, simplificando hasta la mínima expresión lo que, a veces, se convertía en un trámite farragoso, y recuperando además

hasta un 20% del valor de la prima del primer año en una tarjeta regalo.

Con agilidad, con todas las facilidades, y con coberturas y prestaciones fuera de serie. En exclusiva para los ingenieros industriales, sus familiares y amigos.

Y como siempre, con la mejor relación calidad-precio, sin sustos y con total garantía.

Para celebrar el lanzamiento de esta iniciativa, AMIC lanza una promoción especial durante el primer año, pensada tan sólo para los ingenieros industriales y su círculo de allegados, que permite recuperar de inmediato, como regalo, hasta el 20% del valor de la prima de la primera anualidad.

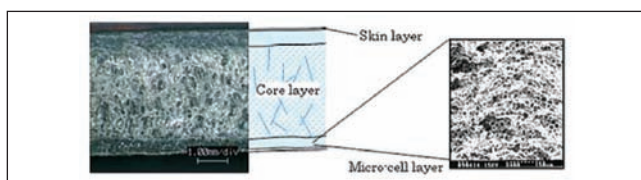
Pueden comprobarlo ya en www.industriales.amicsenior.es

El moldeado de plásticos en Mazda

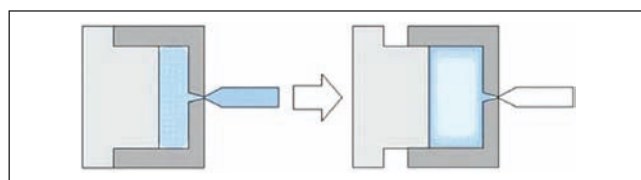
Fuente: The Engineer Online (www.theengineer.com)

Como parte de sus esfuerzos en reducir el peso de los vehículos, *Mazda Motor Corp.* ha desarrollado una técnica de moldeado de plásticos capaz de reducir el peso que las piezas de ese material tienen en los vehículos. La empresa manifiesta que su técnica de fabricación reduce el consumo de resinas plásticas utilizadas como materia prima entre aproximadamente un 20% y 30%, con la consiguiente disminución de peso.

El método más habitual para fabricar piezas de plásticos para automoción es el moldeo por inyección. El proceso mejorado por Mazda consiste en mezclar con la materia prima unos fluidos supercríticos (SCF) compuestos por gases inertes como nitrógeno



Estructura multicapa de resina espumosa



La resina líquida mezclada. Después de un cierto tiempo la parte móvil del molde se con el fluido supercrítico como remueve parcialmente (*core back*) para que se forme una agente espumante se inyecta en estructura multicapa. Un molde reducido donde fluye rápidamente para llenar el espacio.

o dióxido de carbono. Este proceso incrementa la fluidez de la resina plástica y origina una rápida expansión de la misma al inyectarla en el molde. Como resultado, se precisa una menor cantidad de resina para llenarlo.

Además, utilizando el proceso de moldeo con retroceso (*core back*), no solo se necesita menos material para fabricar las piezas sino que éstas tienen las mismas o mayores características de resistencia y rigidez comparadas con las convencionales no espumosas. En este proceso, una vez que la resina llena el molde, se aumenta su volumen para que la espuma expanda, lo que origina piezas plásticas con baja densidad y buena rigidez pero del mismo volumen que las habituales.

La empresa manifiesta que la tecnología de moldeado con espuma plástica puede aplicarse a prácticamente todas las piezas de plástico usadas en los vehículos. Complementariamente, dado que la estructura de la espuma se puede controlar, es también posible mejorar el aislamiento térmico y acústico de las piezas plásticas usadas para este fin en los vehículos.

Del 29 de septiembre
al 2 de octubre de 2009

Un encuentro monográfico
y exclusivo en España

La Feria Internacional de la siderurgia, maquinaria, equipos y suministros para fundición, forja, laminación y tratamiento de superficies se convierte en una cita con identidad propia.



Un espacio de máximo
interés comercial

La Feria Internacional de la Automatización es un centro de intercambio comercial en el que estarán presentes las empresas más relevantes de automatismos, transmisiones y componentes, robots de soldadura, ingenierías o mantenimiento.

Con la presencia de cerca
de 700 empresas

La Feria Internacional de la Subcontratación y Cooperación Interempresarial reúne a empresas relacionadas con la fundición, transformación metal-mecánica, de plástico, vidrio y caucho, mecanización, tratamiento y recubrimiento de superficies.

Con todo el apoyo
para que logre los máximos contactos

Con una ambiciosa campaña de visitantes-compradores dirigida a más de 50.000 profesionales de todo el mundo.

BILBAO EXHIBITION CENTRE
P.O. Box: 468
48080 BILBAO
Tel.: (+34) 94 404 00 78 / 93
Fax: (+34) 94 404 00 01
E-mail: cumbre@bec.eu

www.bilbaoexhibitioncentre.com

**B!
E!
C!** BILBAO
EXHIBITION
CENTRE

EXPOSSIBLE!

COCHE BALA BLOODHOUND

Fuente: Infotec

Parece un avión, pero no lo es. Se trata de un coche 'bala' diseñado en Reino Unido.

Pesa 6,4 toneladas y será capaz de alcanzar los 1.600 kilómetros por hora en tan sólo cuarenta segundos. ¡¡¡Más rápido que una bala al ser disparada!!!.

Así será Bloodhound SSC. Un coche con en el que los ingenieros intentarán batir el récord de velocidad en tierra en el año 2011

Pero, para alcanzar tal velocidad, sus ruedas deberán ser capaces de girar cinco veces más rápidas que las de los actuales coches de competición de Fórmula 1.

Y, para poder detenerse, además de los frenos en los neumáticos, el vehículo llevará incorporados dos paracaídas.

En cuanto al motor, se utilizará el del jet Eurofighter Typhoon, que será aportado por el Ministerio de Defensa al líder del proyecto, Richard Noble, y a su socio Andy Green; un piloto que en 1997 ya batió el récord de velocidad con el coche Thrust SSC, que superó los 1.228 km por hora.

Una de las incógnitas es el lugar en el que se realizarán las pruebas del futuro 'coche bala'. Se barajan escenarios como Sudáfrica o Australia, donde hay ubicaciones con el espacio requerido para que éste pueda alcanzar su velocidad máxima y también frenar.

Un vehículo, que nunca circulará en carretera, y que es un empeño personal del ministro británico de Ciencia, Lord Drayson. Un amante



de las carreras de velocidad, convencido que, con desarrollos de este calibre, se atraerá a los jóvenes estudiantes hacia carreras científicas y tecnológicas, escasas en vocaciones.

Bloodhound SSC: un vehículo que es una apuesta, más que por superar la barrera del sonido por incrementar el número de ingenieros del futuro.

EQUIPOS ELECTRÓNICOS PARA LÁMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

SOH50 - SOH70 - SOH100 - SOH150 - SOH250



Especificaciones del Producto:

PARÁMETROS	CONDICIONES	MÍN.	NOMINAL	MÁX.	UNIDAD
Potencia de Lámpara	25° C, Entrada Nominal	-	150	-	W
Potencia de Entrada	25° C, Entrada Nominal	-	163	-	W
Tensión Nominal	25° C	220	230	240	V
AC Rango de Voltaje de Entrada Tolerancia en materia de Seguridad	25° C	198	-	264	V
AC Rango de Voltaje de Entrada Tolerancia Funcionamiento	25° C	160	-	270	V
Frecuencia de Entrada	25° C	-	50-60	-	Hz
Corriente Entrada	25° C, Entrada Nominal	-	0,72	-	A
Factor de Potencia	25° C, Entrada Nominal	0,93	0,98	1	-
Frecuencia de Trabajo	25° C, Entrada Nominal	-	120	-	Hz
Voltaje de Ignición	25° C, Entrada Nominal	-	2,50	4,00	KV
Resistencia Tensión	1500V; 1 min.	-	5	-	mA
Rango T°	Entrada Nominal	-15	-	+50	°C
Máx. T° Tc	Entrada Nominal; Condiciones Normales	-	-	+80	°C
Promedio Vida útil	a 40° C ambiental	50.000	-	-	HORAS
% Fallos ref. 1.000 h. funcionamiento	a 40° C ambiental	-	-	0,20%	-
Protección fin de la vida de la lámpara			Si		
Desconexión Automática en caso de Fallo de Lámpara			Si		
Protección térmica			Si		

Homologaciones
KEMA
Certificados
EN 61347-1:2001
EN 61347-2-12:2005

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- Gran ahorro energético.
- Lámparas recomendadas: Lámparas Sodio Alta Presión - SON
- Control y vigilancia de la potencia de la lámpara para un óptimo flujo luminoso.
- Encendido con precaldeo.
- Distancia máxima del balasto a la lámpara: 80 cm.
- Desconexión por sobretensión.
- Desconexión automática en el caso de lámpara defectuosa o falta de lámpara.
- Control óptico de funciones: led- parpadea en rojo si hay problemas con lámpara o arranque.
- Grado de protección: IP 20 en bornes. Resto de componentes electrónicos encapsulados o recubiertos con resina epoxi - alto poder aislante eléctrico y electrónico -
- Incremento de la vida de la lámpara hasta un 50%
- ENEC KEMA certificado EN 61347-1:2001, EN 61347-2-12:2005
- Aplicaciones: Alumbrado público, naves industriales, estacionamientos, grandes áreas, fachadas, parques, depósitos industriales, aeropuertos, etc.

AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

"La regulación en un primer nivel implica ahorros energéticos aproximadamente entre un 18% - 20% en comparación con equipos magnéticos -en breve, se dispondrá de un programa para incorporar al equipo que hará posible la regulación en un segundo nivel y tercer nivel permitiendo ahorros energéticos del 50%, facilitando al instalador la opción de programar en base a las necesidades a cubrir-. A su vez, queremos también subrayar que el flujo luminoso de la lámpara se mantiene al 100% hasta las últimas 50 horas de vida de la lámpara, momento en el que disminuye hasta un 10% -en la actualidad el flujo luminoso puede disminuir hasta un 50% en base al equipo instalado-, y detallar que los equipos electrónicos que les presentamos duplican las horas de vida de la lámpara con el consiguiente ahorro tanto en la adquisición de lámparas como en mantenimiento".

RAT
LIGHT SYSTEMS, S.L.

OTROS PRODUCTOS ELECTRÓNICOS:

- TRANSFORMADORES ELECTRÓNICOS • BALASTOS ELECTRÓNICOS NO REGULABLES
- BALASTOS ELECTRÓNICOS REGULABLES (1-10V)
- BALASTOS ELECTRÓNICOS - TENSIÓN UNIVERSAL 100 ~ 277 V AC
- BALASTOS ELECTRÓNICOS HID PARA LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS
- EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA • LED DRIVER ELECTRÓNICO
- EQUIPOS CONTROL RGB • CONTROL RGB PARA FLUORESCENCIA
- ARRANCADORES DE SUPERPOSICIÓN
- ARRANCADOR ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

RAT
LIGHT SYSTEMS, S.L.

Pol. Ind. de Trobajo del Camino - C/. Las Vargas - parcela 70 - 24010 TROBAJO DEL CAMINO (León)
Telf. +34 987 800 037 - Fax +34 987 800 736 • E-mail: pedidos@ratsl.com - www.ratsl.com

El cambio es inevitable... ¿Cómo te estás preparando?



Si eres adicto a un ERP inflexible, lo primero
que debes hacer es reconocer que tienes un problema

¡MUÉSTRAMELO!

La única palabra que debes decirle
a tu proveedor de Software cuando
te asegura que soportan los cambios
fácilmente, con un coste efectivo
y de manera continua

El ERP más completo para ingenierías y gestión de proyectos

Nosotros te lo enseñamos en <http://www.showmeagrosso.com/es> o llama al 902 227 000

¿Por qué investigar sobre las células fotoelectroquímicas (PEC)?

Fuente: EPFL

El hidrógeno tiene, como combustible, potencial futuro para cumplir los requisitos de sostenibilidad y ausencia de emisiones carbónicas, si pudiera producirse por ejemplo a partir de la luz solar, la fuente energética más abundante, y además se almacenase y transportase con seguridad. Actualmente existe un gran margen entre nuestro consumo global de energía, el obtenido del sol (menos del 2%) y la enorme cantidad inutilizada del mismo.

La creciente conciencia social de que las reservas de petróleo pueden agotarse en este siglo y la preocupación por la contaminación ambiental con sus consecuencias sobre el cambio climático que causan los combustibles fósiles, hacen promover desarrollos para medios alternativos, como las células fotoelectroquímicas (PEC). Estas células han mostrado ser capaces de disociar directamente el agua en hidrógeno y oxígeno (fotoelectrolisis), aportando una base de partida para la producción limpia y renovable de hidrógeno a partir de la luz solar. Se basan en un material fotoactivo (semiconductor) capaz de absorber y convertir la energía solar en un combustible almacenable: el hidrógeno.

El desafío está en que los semiconductores aplicables a la disociación del agua no responden a una porción amplia del espectro de radiación solar, resultando de baja eficiencia para la conversión energía solar a hidrógeno. La solución de ese problema impulsaría el desarrollo de sistemas económicos para la producción directa del hidrógeno a

a partir de la luz solar, pudiendo posteriormente abordarse no solo su utilización sino su almacenaje.

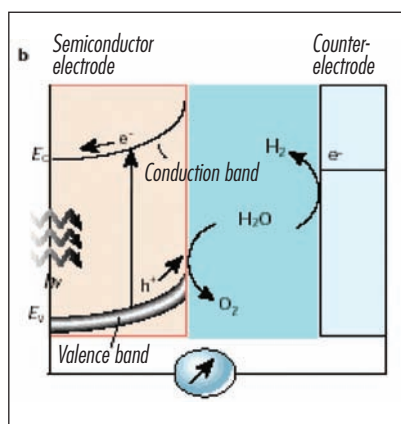
El Instituto Suizo Federal de Tecnología (EPFL) lleva a cabo una investigación para células fotoelectroquímicas sobre semiconductores de base óxido, con apoyo de la Oficina Federal Suiza de la Energía, buscando una producción sostenible de hidrógeno. Este proyecto se ha denominado PECHouse. PECHouse es un importante esfuerzo en investigar y desarrollar equipos comercializables para la producción distribuida, almacenaje y uso del hidrógeno a

virtualmente exenta de carbono, utilizando la tecnología emergente de las pilas de combustible para la conversión del hidrógeno en electricidad. Adicionalmente, el hidrógeno puede ser empleado en motores de combustión interna.

En la atmósfera terrestre el hidrógeno gas está presente en extremadamente pequeña proporción. Sin embargo se encuentra en enormes cantidades en el agua, hidrocarburos y otros materiales orgánicos, y su producción competitiva es el reto para poder utilizarlo como combustible.

Con la eficiencia de las placas solares y los medios electrolíticos habituales, puede alcanzarse un 10% de rendimiento en la obtención de hidrógeno bajo óptimas condiciones de iluminación. Como objetivo para reducir el costo, la propuesta de aplicar grupos de células fotoelectroquímicas sin placas de silicio para la electrolisis del agua, debería alcanzar ese rendimiento. Ese es el umbral a sobrepasar para una aplicación industrial de la tecnología.

Actualmente, la mayor parte del hidrógeno se obtiene por tratamiento de metano con vapor, y para enfocar su uso en la aplicación más previsible, como es el transporte, sustituyendo a la gasolina, debe desarrollarse adecuadamente su distribución. Aunque 1 kg de hidrógeno contiene la misma energía que aproximadamente 3,8 kg de gasolina, su baja densidad hace que para vehículos dotados con pila de combustible, se requieran depósitos mayores para idénticas autonomías. Se continúa investigando en mayores presiones de almacenaje, temperaturas criogénicas o materiales porosos que puedan absorberlo en grandes cantidades.



Electrolisis del agua en la célula fotoelectroquímica

a partir de la energía solar a pequeña escala (entre 1 y 100 Kw).

LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO.

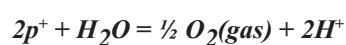
El hidrógeno no es una fuente primaria de energía como lo son el carbón o el gas natural, pero es un soporte que podría facilitar el camino desde una economía basada en combustibles fósiles a otra

NOTA DEL TRADUCTOR.

La generación distribuida de energía eléctrica es una propuesta abordada a través de diferentes tecnologías, como pequeños aerogeneradores o paneles fotovoltaicos, e incluso combinando en un mismo aparato el calentamiento de agua por gas natural para mover con los gases de la combustión un motor Stirling que acciona el alternador (WhisperGen adoptado para su fabricación por el Grupo MCC). Lo que se presenta en esta noticia es un medio que en lugar de producir energía eléctrica, pretende conseguir la obtención utilizable de

hidrógeno como un combustible sin impacto medioambiental.

El proceso de electrolisis en una célula fotoelectroquímica primaria se basa en la acción de la luz solar sobre uno de los electrodos compuesto por un material semiconductor de dos bandas, entre las que al incidir fotones con una energía luminosa superior a un determinado intervalo, se emiten protones al baño electrolítico acuoso y circulan electrones por la conexión al otro electrodo. El protón reacciona con el agua:



Los iones hidrógeno se neutralizan en el electrodo contrario con los electrones que han circulado y se desprende hidrógeno gas, completándose la electrolisis.

Se plantea en el proyecto citado avanzar en el ensayo de diferentes tipos de células y de materiales para los citados semiconductores, orientándose las investigaciones a obtener su mejor rendimiento y utilización.

Opinión

Aquel año de la fusión fría

Hace 20 años en estos días, concretamente el 23 de marzo, dos conocidos y reputados químicos, pleróticos de satisfacción, convocaban a la prensa para dar a conocer los fascinantes resultados de su investigación: habían conseguido una fuente de energía inagotable, sencilla, barata y limpia. Su sincera y amplia sonrisa era la expresión de un prometedor futuro de riqueza y honores, Nobel incluido. Se trataba, decían, de reacciones de fusión nuclear a temperatura ambiente, conseguidas en un sencillo recipiente y mediante un proceso que los escolares de todo el mundo realizan rutinariamente en los laboratorios de su colegio. Mediante electrolisis de agua pesada, aseguraban, conseguían introducir en la estructura cristalina de paladio, que conformaba uno de los electrodos, átomos de deuterio en tal número que la densidad producía presiones suficientes para inducir la fusión de sus núcleos. Los ecos de la "fusión fría", como se popularizó rápidamente su método, todavía se escuchan con frecuencia, demostrando el tino de Gardel: "que 20 años no es nada".

Autor: Ignacio F. Bayo • Fuente: Madri+d

Como muchos recordarán y otros pueden imaginarse, el anuncio realizado por los dos científicos de la Universidad de Utah, **Stanley Pons**, de 45 años, y **Martin Fleischmann**, de 61, fue recogido en portada por la mayor parte de los periódicos de todo el mundo. Solo había un detalle que llamó poderosamente la atención por su singularidad: cuando realizaron su famosa rueda de prensa, su trabajo aún no se había publicado en

ninguna revista científica, aunque estaban en trámites de aparecer en el *Journal of electroanalytical chemistry*.

Las razones de su proceder, al optar por dar a conocer su descubrimiento mediante esta heterodoxa manera, se explicaban por el temor de que se les adelantaran otros científicos que perseguían el mismo objetivo. Concretamente, ese mismo día 23 el físico **Steven Jones**, de la Brigham

Young University de EE.UU. estaba escribiendo un artículo con sus propios resultados en un experimento semejante, que iba a ser publicado en *Nature*. Había competencia directa por todos lados, entre los científicos por el honor (y las ganancias, obviamente), entre las universidades, que esperaban disfrutar de los derechos de una patente de incalculable valor, y entre las revistas, que querían la primacía de semejante descubrimiento. Todo

se había confabulado para que se quebrantaran todas las reglas del quehacer científico. Y la disputa incluía el análisis de los datos aportados por Pons y Fleischmann, por un lado, y Jones, por el otro. Apoyados por los químicos los primeros, destacando el rigor en la descripción del proceso; y por los físicos el segundo, por los datos de medición de neutrones que aportaba.

La difusión del supuesto hallazgo desató una epidemia de entusiasmo en todo el mundo, ya que la sencillez del experimento y el enorme beneficio de su consecución eran una zanahoria demasiado jugosa y cercana como para no tratar de hincarle el diente. España no se quedó a la zaga y las autoridades reaccionaron con rapidez. El Ministerio de Educación y Ciencia convocó a la prensa en la sede del Ciemat para dar a conocer la puesta en marcha de un programa especial de financiación de esta línea, a la que se apuntaron cuatro grupos de investigación, dos de la Universidad Autónoma, uno de la de Alicante y otro del instituto Roca Solano del CSIC. El papel del Ciemat consistía en llevar a cabo las sofisticadas mediciones del flujo y energía de los neutrones que la reacción debía producir, para confirmar que se trataba de fusiones de núcleos de deuterio.

Tras la euforia, el desencanto, cuando los resultados de los cientos de laboratorios que intentaban reproducir el experimento no conseguían el objetivo esperado, salvo en contadas ocasiones. Una de ellas tuvo como protagonista a un reconocido físico español, **Carlos Sánchez**, experto en hidruros (metales que almacenan hidrógeno en su estructura cristalina, como el paladio de Pons y Fleischmann) que tras varios meses manteniendo la piletta en permanente electrolisis obtuvo un resultado inesperado y alarmante: un gigantesco flujo de neutrones que llevó a las autoridades de la Universidad Autónoma de

Madrid a ordenar el desalojo del campus. Menos mal que corría el mes de julio (creo recordar) y no había muchos estudiantes deambulando por allí. La noticia fue portada de los periódicos españoles y permitió reavivar por un tiempo la llama de la fusión fría.

Por una vez la ciencia se había convertido en motivo de actualidad persistente; lástima que fuera con un tema frustrado. Y es que, más allá de las consideraciones meramente científicas y tecnológicas del tema, más allá de la acusación de fraude o mala práctica por haber difundido datos erróneos e incompletos (los experimentos realizados eran un colador de fallos y falta de realización de pruebas clave), y más allá de las presiones que les empujaron a su esperpéntica declaración, la historia es recordada como ejemplo del error que supone acudir a los medios de comunicación sin haber pasado el refrendo de las revistas científicas y la consabida evaluación por parte de los *referees*. El escándalo probablemente no habría existido si se hubiesen seguido los pasos que marca la ortodoxia del sistema de comunicación científica. Pero la lectura que muchos científicos hicieron, y que recuerdan con frecuencia cuando se organizan encuentros entre investigadores y periodistas para tratar de ponerlos de acuerdo sobre cómo debe difundirse la ciencia en los medios de comunicación general, es que todo se desmadró por culpa de la prensa.

La primera vez que escuché en directo la acusación fue en los primeros días de mayo de aquel 89, cuando fui invitado a una mesa redonda para hablar del tema en el Círculo de Bellas Artes de Madrid, junto a un científico del CSIC. Su intervención contenía un *mea culpa*, ya que venía a decir “por qué los científicos nos creímos lo de la fusión fría: porque Pons y Fleischmann eran investigadores reconocidos”, para pasar a continuación a atacar a los

periodistas y los medios por haber dado la noticia, como si la rueda de prensa la hubiesen convocado ellos. Luego, cuando Carlos Sánchez dio la lección inaugural del curso 89-90 de la UAM, ese mismo científico estaba en primera fila aplaudiendo. Otra vez se lo había creído. Para bien o para mal, los periodistas deben ofrecer la información (en ciencia, como en cualquier otro tema) más actual y con el máximo rigor, pero no están obligados a ser más prudentes que la propia comunidad científica, a pesar de lo cual muchas veces lo son. No es posible esperar a que una hipótesis esté plenamente confirmada (de acuerdo con Popper no lo estará nunca) para que pueda ocupar su espacio o su tiempo en los medios. En cualquier caso, el propio proceso de la ciencia, que es dinámico y esta sujeto a controversias, opiniones y confrontación de hipótesis debería quedar reflejado en los medios en todos sus puntos. Ciertamente, los titulares y el trompeterío dedicados a la fusión fría fueron mucho mayores cuando se anunció que cuando se enterró, pero eso indica también que el interés de los lectores (es decir, el de todos los ciudadanos) es mucho mayor ante la esperanza que ante la frustración.

Pons y Fleischmann fueron contratados en 1992 por Technova Corporation, compañía del grupo Toyota, y se trasladaron a un laboratorio de la compañía en Francia para desarrollar sus ideas con vistas a su aplicación en la industria del automóvil. Seis años y doce millones de libras después su línea de investigación fue clausurada por no haber conseguido resultados de interés. Pero la fusión fría sigue siendo objeto de investigación por parte de muchos científicos, convencidos de que “algo extraño hay en ese proceso”. Aunque despreciados por la mayor parte de sus colegas, siguen organizando congresos periódicos dedicados al tema y, ¿quién sabe?, quizás un día nos sorprendan...

El enfoque social de la tecnología en el diseño industrial



Social approach of technology in industrial design

• Ramón Rubio-García
• Jose Antonio López-Cerezo

Doctor Ingeniero Industrial
Catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia

Universidad de Oviedo
Universidad de Oviedo

Recibido: 29/07/08 • Aceptado: 27/01/09

ABSTRACT

- Technology surrounds us everywhere, invades our lives, modifies our habits and many times we find ourselves slaves of it indeed. Industrial field is, like many others, a field where technology and society merge with each other. However engineers have traditionally tend to ignore the relations between Society and Technology when considering industrial processes. In this paper we try to show a more social image of technology, a constructivist one that will shed light over the way of the success or failure of industrial products that in most cases have a social rather than technological origin
- Key words: design, constructivism, technology.

RESUMEN

La tecnología nos rodea por todas partes, invade nuestras vidas, modifica nuestros hábitos y en muchas ocasiones hasta nos sentimos esclavos de ella. El ámbito industrial no deja de ser otro campo de trabajo donde se juntan tecnología y sociedad; sin embargo los ingenieros tradicionalmente han tratado de ignorar las relaciones existentes entre ambas al considerar los procesos industriales. En este artículo se pretende mostrar una imagen más social de la tecnología, una imagen constructivista que nos aporte luz sobre cómo el éxito o fracaso de los productos industriales tienen en la mayoría de las ocasiones un origen social y no tecnológico.

Palabras clave: diseño, constructivismo, tecnología.

1. DEFINICIÓN TRADICIONAL DE TECNOLOGÍA

Jeremy Rifkin comienza su libro “El siglo de la biotecnología” [1] anunciando que los cambios en las próximas décadas serán más fundamentales que en los mil

años anteriores y que la revolución tecnológica será el epicentro de esta nueva corriente social. Sin duda la tecnología ocupa un lugar central y sumamente importante en nuestro día a día. Todos los sectores industriales están envueltos en una nube de aplicaciones prácticas que han permitido que alcancemos el nivel de desarrollo que tenemos en la actualidad.

Queremos comenzar con una reflexión acerca de lo que significa la tecnología. Pretendemos con estas líneas mirar con otros ojos al mundo de la tecnología, desde una perspectiva ingenieril enfocada en las relaciones sociales y por ello es necesario conocer desde el principio lo que se entiende por “Tecnología”.

Con el fin de no tener confusiones a lo largo del artículo, es procedente hacer una primera distinción entre “técnica” y “tecnología”. La técnica se refiere al conocimiento práctico en busca de una precisión de un objetivo, requiere de habilidad, mientras que la tecnología se apoya en el conocimiento científico, implica saber hacer y saber por qué hacerlo así y por tanto implica conocimiento teórico. Podemos considerar la tecnología como el vínculo entre la técnica (thekné) y

la ciencia (logos) y es de ella de la que hablaremos en el artículo. Centrándonos pues en el concepto de tecnología, partimos de dos definiciones:

La *Wikipedia* [2], enciclopedia de moda en estos momentos, define a la tecnología de esta forma:

“Tecnología es el conjunto de saberes que permiten fabricar objetos y modificar el medio ambiente, incluyendo plantas y animales, para satisfacer las necesidades y los deseos de nuestra especie.”

La *Real Academia Española* de la Lengua define la “tecnología” como:

“Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.”

Las definiciones que acabamos de ver se amoldan a una visión tradicional de lo que significa la tecnología y hoy en día es necesaria una actualización que enriquezca el papel social que hasta el momento no ha sido tenido en cuenta y que como veremos posteriormente tiene un papel muy importante en su desarrollo. Citando a Cerezo y Luján [3], las definiciones de la RAE y la *Wikipedia* son responsables de la escasa importancia prestada por científicos al estudio de la tecnología. De todas formas, estos mismos autores sugieren acercarse al concepto de tecnología desde dos puntos de vista muy similares a las definiciones que acabamos de ver, pero sólo como una primera aproximación. Se trata de lo que se denomina imagen intelectualista y la artefactual de la tecnología que a continuación pasamos a exponer teniendo en cuenta que son dos aproximaciones y no definiciones de tecnología:

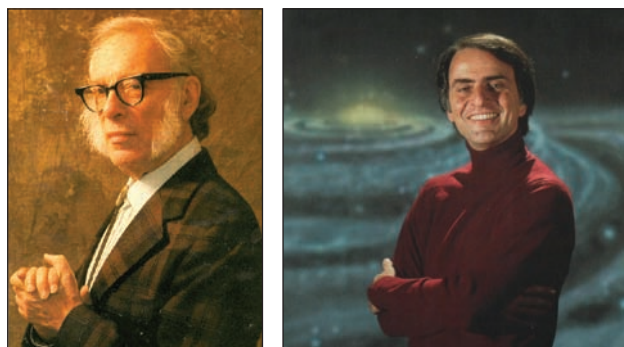


Figura 1. Isaac Asimov y Carl Sagan, famosos comunicadores de la ciencia y defensores de la imagen intelectualista de la tecnología

- **Imagen intelectualista:** La tecnología es **ciencia aplicada**. La ciencia acumula nuevos descubrimientos, leyes, teorías que van sustituyendo a las del pasado. Muchas de ellas se pueden aplicar, obteniéndose las tecnologías. Éstas son posteriores a la ciencia pura y consecuencia de ella y nunca al revés. Este tipo de imagen es el más tradicional en el ámbito académico. Grandes divulgadores científicos como Carl Sagan o Isaac Asimov defienden este punto de vista de la tecnología.

- **Imagen artefactual:** Las tecnologías son simplemente **herramientas** o artefactos contruidos para la realización de alguna tarea y por tanto están exentas de cualquier carácter político o social. Así por ejemplo, un martillo tendrá consideraciones éticas en su uso (si lo uso para golpear a alguien o para golpear un clavo), pero no en su diseño. Esta imagen es la más extendida en nuestra sociedad que etiqueta con la palabra tecnología o más recientemente “nueva tecnología” a todo dispositivo electrónico del que puede hacer algún uso.



Figura 2. El uso de un martillo tiene consideraciones éticas, pero según la imagen artefactual, su diseño no lo tiene

Ambas imágenes tienen en común una presunción de autonomía de la tecnología y parecen mostrar una vida de la tecnología al margen de la sociedad, una evolución y vida propia, independiente de los seres humanos y sus acciones, lo que en filosofía se denomina concepción estándar de la tecnología (CET). Para ella, un objeto tecnológico es consecuencia de la aplicación de un conocimiento previamente probado. No hay rastro en las definiciones ni en el propio objetivo de la CET de intereses, conocimientos o emociones y eso implicaría que la esencia de un objetos es independiente de la imagen que puedan tener por ejemplo los propios usuarios. Según este punto de vista tradicional que queremos como mínimo revisar y expandir en este artículo, la tecnología está más allá de la sociedad, es completamente independiente de ella.

Esta independencia entre la tecnología y sociedad la reconocen numerosos autores en lo que denomina la **concepción determinista de la tecnología**: la sociedad no puede influir en el discurrir de la tecnología ni en la influencia que ésta tiene sobre la sociedad. Esta forma de pensamiento defendida por filósofos estudiosos de la tecnología como Jacques Ellul [4] ó Lewis Mumford [5] es criticable desde el punto de vista que considera la tecnología como un producto y no como un proceso.

No se pretende rechazar las dos imágenes o formas de entender la tecnología que se han presentado, pues existen

Esta independencia entre la tecnología y sociedad la recogen numerosos autores en lo que denomina la concepción determinista de la tecnología

multitud de ejemplos que nos rodean que encajan perfectamente con ella, ni tampoco que la tecnología tiene una influencia muy importante en la sociedad, sino completar la definición incluyendo el papel tan relevante que tienen aspectos externos a la misma en su propio desarrollo.

2. NUEVAS DEFINICIONES DE TECNOLOGÍA

En los ámbitos académicos no es suficiente esa definición “producto” ni la de “ciencia aplicada” que pone su mirada en los resultados finales; es necesaria una visión de todo el proceso de generación de productos tecnológicos, una nueva imagen social de la tecnología. Dos autores son los encargados de acercarnos a esa nueva imagen: Carl Mitcham y Arnold Pacey. Carl Mitcham agrupa en dos tradiciones el estudio de la tecnología [3]: la **concepción ingenieril**, que analiza la tecnología desde dentro y la **humanista**, que la interpreta teniendo al ser humano como protagonista y buscando una armonía entre tecnología tradicional y el saber humanista. Arnold Pacey [6] habla de dos formas de entender la tecnología que puede recoger todas las opiniones mostradas y con las que podemos cerrar este primer debate inicial:

- **Restringida:** Recoge los aspectos técnicos, las herramientas y las máquinas. En esta se incluyen las concepciones intelectualista y artefactual vistas anteriormente. Desde este punto de vista la sociedad influye en la tecnología y la tecnología en la sociedad.
- **General:** La tecnología se estudia desde esta perspectiva como un acto social. Añade a los aspectos técnicos de la restringida las características organizativas y culturales (ética, intereses sociales, usuarios y consumidores).

Son suficientes las opiniones y definiciones anteriores para concluir que existen dos versiones acerca de lo que se entiende por tecnología. Las conclusiones de Pacey las resumen bastante bien y pueden suponer un punto de partida en nuestra reflexión: **hay algo más que una herramienta en la tecnología, hay unos intereses, unos**

objetivos, una ética incluso que expanden su definición técnica.

Es interesante mostrar la reflexión de Márquez [7] al hacernos reflexionar sobre el diálogo con muchos objetos que nos rodean que solemos identificar con tecnología. Cuando vemos un ordenador, un microondas, una televisión no nos interrogamos por su origen, por los problemas de diseño, de desarrollo, de patentes o por las alternativas desechadas. Más aún, cuando un consumidor adquiere un horno microondas para su cocina no suele pensar en la tecnología que hay detrás como por ejemplo el campo electromagnético creado por el aparato para hacer vibrar las moléculas de agua, ni su variación a razón de dos mil millones de veces por segundo; para él se trata de una “caja negra tecnológica”. Quizá tampoco sabrá el significado de la potencia eléctrica y tan sólo se quede con el “cuanto más mejor”, sin saber evaluar lo que supone. Al final, el consumidor se decidirá por cuestiones estéticas y de precio. Sin embargo toda caja negra tiene una historia de asociaciones entre sistemas sociales y sistemas técnicos cuyo análisis permite identificar y explicar cómo las negociaciones sociales influyen en el contenido mismo de la tecnología. Y lo que es más importante en nuestro caso: entender esas relaciones beneficia la comprensión de los productos tecnológicos.

Esos análisis ayudarán a la futura creación de objetos tecnológicos. Bryan Pfaffenberger, profesor de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Universidad de Virginia dice acerca de la construcción de tecnología [8]:

“construir tecnología no es solamente desarrollar técnicas y objetos; es también construir alianzas, inventar nuevos principios legales para las relaciones sociales y proporcionar nuevos medios poderosos por mitos culturalmente mantenidos (...) Crear una nueva tecnología es crear no sólo un nuevo artefacto, sino también un mundo nuevo de relaciones sociales y mitos en los cuales definiciones sobre qué es “trabajo” y “éxito” son construidas por las mismas relaciones políticas que engendran tecnologías. Para crear tecnología exitosa se requiere crear y diseminar muchas normas que la definan como tal.”

Uno de los puntos débiles del constructivismo social es la no existencia de una teoría sobre la que edificar esta metodología

3. CONSTRUCTIVISMO SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA

Como oposición a la CET comentada anteriormente han surgido una serie de programas de investigación en tecnología que pretenden arrojar luz sobre el modo en que los productos industriales logran éxito o fracasan. Los principales estudios son [7]:

- **Los sistemas sociotécnicos:** surge con Thomas P. Hughes cuyo trabajo pionero sobre la electrificación de Estados Unidos [9] demuestra que el desarrollo con éxito de un proceso ingenieril como la electrificación se basa en la yuxtaposición de elementos como el contexto social, económico, político, etc. que posibilitan la construcción de lo que denomina sistema sociotécnico.
- **Teoría del actor-red:** Piensa en la tecnología como una red de componentes, en este caso tanto sociales como no sociales, denominados actores. Se trata de una teoría cuyos máximos exponentes son Michel Callon y Bruno Latour con gran éxito en el estudio social de la ciencia.
- **Constructivismo social:** Explica los desarrollos tecnológicos como puntos de acuerdo entre grupos de poder implicados en cada producto.

Consideramos importante para el desarrollo de nuestra explicación incidir un poco más en estas teorías y por ello nos centraremos en el constructivismo social como uno de los métodos de explicación de logros tecnológicos para permitirnos en el último punto incluirlo en las actuales metodologías del diseño industrial, concretamente en el denominado SCOT (social constructivism of technology). SCOT es un programa de investigación que nace a partir de un artículo de los investigadores Trevor Pinch y Wiebe Bijker en 1987 [10] en el que desarrollan una metodología de estudio de éxitos/fracasos tecnológicos en el que básicamente tratan de demostrar una serie de características que tiene la evolución de un artefacto o producto hasta que se asienta en el mercado.

La primera característica significativa de SCOT es que describe el desarrollo tecnológico de una forma multidireccional frente al tradicional punto de vista lineal analizado y descrito en muchos estudios de innovación. Al contrario de lo que propugnaba Platón, no existe una ideal



Figura 3. Monsieur Jenatzy a bordo de su coche eléctrico de carreras en el año 1899. En esa época el 38% de los coches eran eléctricos (el 22% usaban derivados del petróleo y el resto vapor). Fuente: <http://evchallenge.swantafe.wa.edu.au/driving.asp>

que la realidad deba cumplir. Es decir y llevado al campo del diseño, cuando pensamos en el concepto “mesa”, no existe un diseño real para todos los usuarios que se corresponda con ese ideal y por tanto tampoco un proceso lineal que nos lleve a su construcción.

Uno de los puntos débiles del constructivismo social es la no existencia de una teoría sobre la que edificar esta metodología. Hasta ahora se ha venido aplicando a casos concretos de tecnología. Por ejemplo, Donald Mackenzie [11] nos habla de las negociaciones llevadas a cabo sobre la definición de la precisión de los misiles. Michael Callon [12] muestra la efectividad en un estudio extenso sobre el vehículo eléctrico en Francia (1960-75), David Noble realizó un estudio sobre la introducción de máquinas de control numérico [13], William Lazonick sobre los talleres británicos y las máquinas de hilar algodón [14]. Thomas Misa estudió la fabricación de acero [15]. Bijker investigó el desarrollo de la bicicleta [10] y el éxito de la bakelita y la luz fluorescente [16].

4. EL DISEÑO DE LA BICICLETA COMO EJEMPLO DEL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA

La metodología de estudio de SCOT se basa en el EPOR, “The Empirical Programme of Relativism”, programa empírico de relativismo desarrollado por Harry Collins, que demuestra la construcción social del

conocimiento científico en base a relaciones sociales. Ambas, EPOR y SCOT tienen cuatro puntos relevantes que vamos a analizar: los grupos sociales relevantes, flexibilidad interpretativa, contexto amplio y cierre y estabilización.

Para mostrar cada uno de ellos, seguiremos el ejemplo mostrado por Bijker y Pinch [10] que narra el cambio del diseño de la bicicleta de rueda alta de 1870 por la máquina segura de 1885 (figura 4).

4.1 GRUPOS SOCIALES RELEVANTES

Todos los miembros de un mismo grupo social comparten el mismo conjunto de significados e interpretaciones unidos a un producto concreto. El

acciones sobre los ciclistas de entonces variaban desde los silbidos más burlones hasta los métodos más irracionales para derribar al ciclista. Este tipo de acciones que hoy a todas luces nos sorprenden, en el nacimiento de la bicicleta como medio de transporte suponía situaciones cotidianas. Woodforde [18] cita testimonios de entonces:

“...pero cuando a las palabras se les añaden hechos, y se tiran piedras y los palos se meten entre las ruedas o se arrojan gorras a la maquinaria, la escena es diferente. Todo lo mencionado anteriormente es común en ciertos distritos, y todo me ha pasado a mí, sobre todo cuando pasas por un pueblo cuando cierra la escuela”

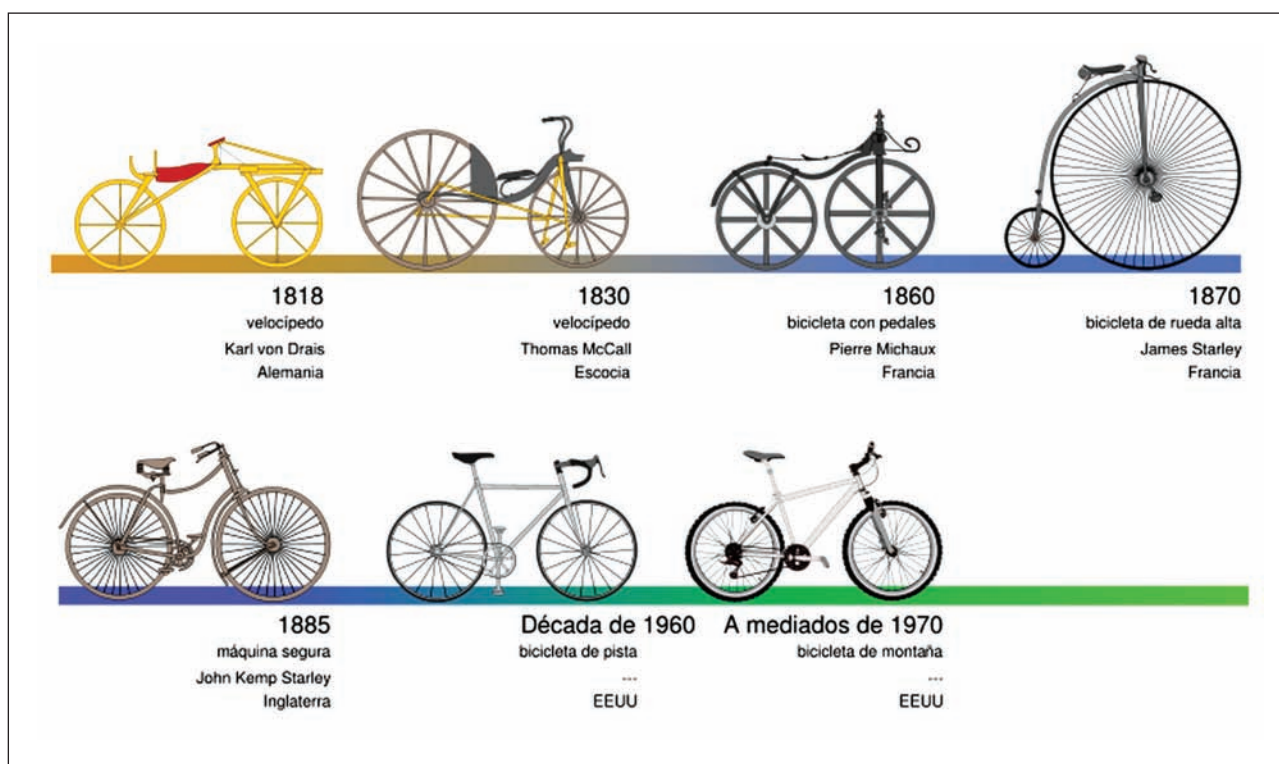


Figura 4. Evolución del diseño de la bicicleta. Fuente: Aldo - <http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Al2>

desarrollo de la tecnología es un proceso en el que los múltiples grupos sociales afectados negocian sobre su diseño. El diseño de un producto no cesa cuando “funciona”, sino cuando los grupos sociales relevantes para ese artefacto o producto llegan a un acuerdo.

Para ver qué grupos sociales son relevantes, debemos primero preguntar si el artefacto tiene algún significado para todos los miembros de un grupo social. Obviamente, el grupo social “consumidores” o “usuarios” cumplen este requerimiento. Pero también hay que estudiar si se deben incluir otros grupos sociales menos obvios. En el caso de la bicicleta, hay que mencionar a los “anticiclistas”. Sus

A la vista de las relaciones entre el grupo de “anticiclistas” y de ciclistas respecto a la bicicleta está claro que se debería incluir en el estudio. Otro de los grupos sociales que tendrá un papel importante en el cambio de diseño de la “Ordinary” es el de las mujeres ciclistas. No era muy bien visto en aquellos años que las mujeres usasen la bicicleta y el diseño actual no permitía que se pudieran subir cómodamente con sus enormes vestidos.

4.2 FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA

Cada artefacto o producto tiene diferentes interpretaciones para cada uno de los grupos sociales

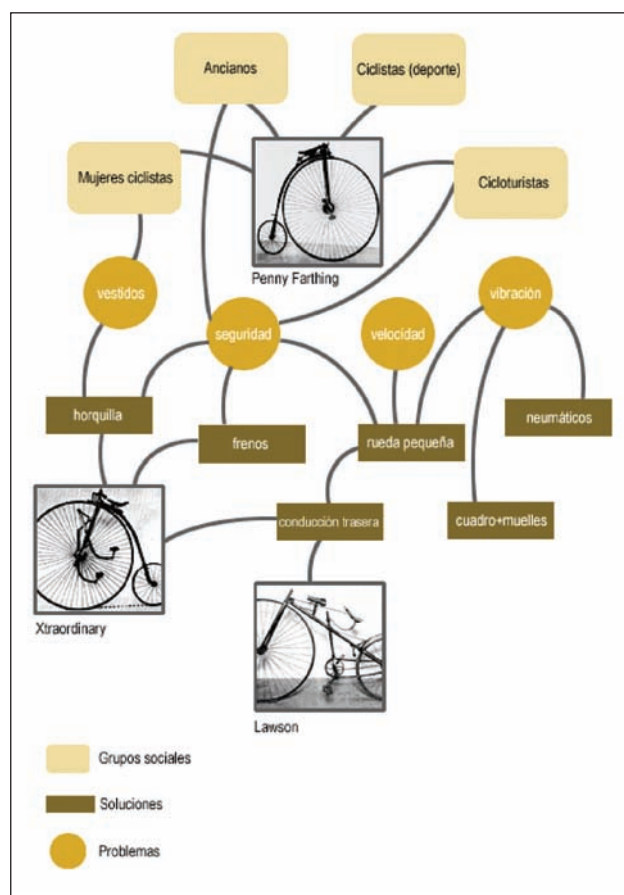


Figura 5. Grupos sociales, problemas y soluciones alrededor de la bicicleta a finales de siglo XIX

afectados por su diseño. Esta idea sugiere que el diseño de nuevos productos en un proceso abierto que puede producir diferentes resultados en función de las circunstancias sociales de desarrollo.

En el ejemplo de la bicicleta (figura 5), son varios los problemas presentados por los grupos sociales relevantes.

Los ancianos y los problemas de seguridad que planteaba la bicicleta de rueda alta (“Penny Farthing”) con su rueda tan grande, las mujeres y los vestidos que posteriormente plantearían conflictos morales o la aportación al conflicto que hizo Dunlop con la incorporación de la rueda neumática.

Así, se llevó a cabo la reducción de la rueda grande, se retrasa el sillín y se baja la posición de la horquilla. Se pasó de la bicicleta “Penny” a diseños como la de “Lawson” y la “Xtraordinary”. La flexibilidad interpretativa facilitó el diseño posterior de la bicicleta.

4.3 CIERRE Y ESTABILIZACIÓN

Un proceso de diseño en el que participan o tienen intereses distintos grupos sociales puede experimentar controversias cuando existen distintas interpretaciones sobre la imagen del artefacto. Ese diseño continúa hasta

que los conflictos se resuelven y el artefacto no supone un problema para ningún grupo. Hay dos formas de que se produzca el cierre: cierre retórico y por redefinición [10]. El cierre retórico se produce cuando existe una declaración por algún grupo de que la controversia ha terminado y no hace falta ningún diseño más. En el caso de la bicicleta, se anuncia en prensa que el nuevo diseño es perfectamente seguro.

El cierre por redefinición ocurre cuando los problemas son replanteados y redefinidos de forma que no supongan más problemas a los grupos sociales. En el caso de la bicicleta, Dunlop incorporó la rueda neumática para solucionar el problema que planteaban las vibraciones de los diseños de bicicleta de la época. Sin embargo, esta solución propició el rechazo de tres grupos sociales: ingenieros, ciclistas y los profesionales que veían cómo ese tipo de gomas resbalaba sobre las carreteras y caminos



Figura 6. Francis Faure con una bicicleta reclinada venciendo a corredores con bicicleta tradicional. Fuente: http://alinome.net/bici/rec_prohibido.es.html

mucho más frecuentemente que las tradicionales. Al montarse la rueda neumática en una bicicleta de carreras rápidamente se silenciaron las críticas. Las bicicletas con neumáticos eran más veloces y el problema de la seguridad inicial se convirtió en una nueva búsqueda del diseño: la máxima velocidad en las bicicletas.

Años más tarde se daría el caso contrario dentro del mismo desarrollo de la bicicleta. La UCI no aceptaría como bicicleta de carreras la bicicleta reclinada con la que se logran velocidades mucho mayores a las actuales bicicletas de carreras y la prohibió en 1934 en una votación ajustada que cerró el avance en el diseño de este modelo tan innovador después de que corredores como Francis Faure lograran batir a todos los competidores que corrían sobre la bicicleta tradicional.

4.4 CONTEXTO AMPLIO

Es el amplio entorno cultural y político en el que el desarrollo del producto se lleva a cabo, son las condiciones de interrelación entre los grupos, las reglas que gobiernan esas relaciones, los factores que contribuyen al poder de unos grupos sobre otros y que son invisibles a los técnicos.

Un ejemplo paradigmático de la influencia del contexto es el proyecto OLPC (*One Laptop per Child*) lanzado por Nicholas Negroponte desde el MIT en el año 2005 y que pretendía llevar un ordenador portátil a cada niño del tercer mundo con fines educativos a un precio de 100 dólares. La

realidad tres años después es que el número de unidades vendidas es mucho menor de lo esperado (300.000 frente a los millones de unidades planeadas), hay conflictos de intereses con los fabricantes de software (Microsoft vs Linux), con los países competidores (China), con los compradores (exigen pedidos mínimos), con la tecnología utilizada (se tiende a dispositivos multifunción), etc. No se trata de un problema de diseño estético ni funcional desde el punto de vista artefactual pues se ha diseñado por unos de los diseñadores industriales más importantes del momento, Yves Behar (y su empresa fuseproject); pero



Figura 7. El ordenador personal XO laptop destinado a niños el tercer mundo. Fuente: <http://www.laptopgiving.org/en/explore.php>

básicamente ha diseñado un producto moderno y atractivo para su contexto y no el de los destinatarios. Así, han comenzado a sacar programas de ventas para usuarios del

“primer mundo” a precios más caros o incluyendo formas de compra al estilo “dona un ordenador y te entregamos uno a ti”.

Varios autores [17] han criticado la forma en que Bijker plantea el SCOT, siendo quizás su mayor crítica la forma en que estructura la sociedad en grupos sociales relevantes cerrados con intereses comunes y que la interacción entre ellos produzca finalmente un consenso de una forma mágica. SCOT sigue perfeccionándose, sigue en evolución y el punto de vista actual es más complejo y completo que las bases primitivas de Bijker. De todas formas y asumiendo sus limitaciones, sus pilares nos servirán para completar el ciclo de diseño industrial.

5. EL PROCESO DE DISEÑO INDUSTRIAL

5.1 BREVE REPASO HISTÓRICO

El diseño industrial de productos es una actividad humana que requiere de tomas de decisiones, creatividad, uso de tecnologías, gestión de recursos económicos,... e intentar estandarizar un proceso tan complejo no deja de ser una tarea difícil puesto que a buen seguro no todos los desarrollos de productos se ajustarían a dicho modelo. Por otro lado también existen aspectos externos al proceso de diseño, aspectos relacionados con la vida diaria: la situación actual del mercado, tendencias, modas, nuevas tecnologías, preferencias de los consumidores, etc., muy dinámicos y difíciles de controlar y tener en cuenta en un modelo estándar.

De todas formas han sido muchos los estudios realizados por importantes estamentos públicos y privados

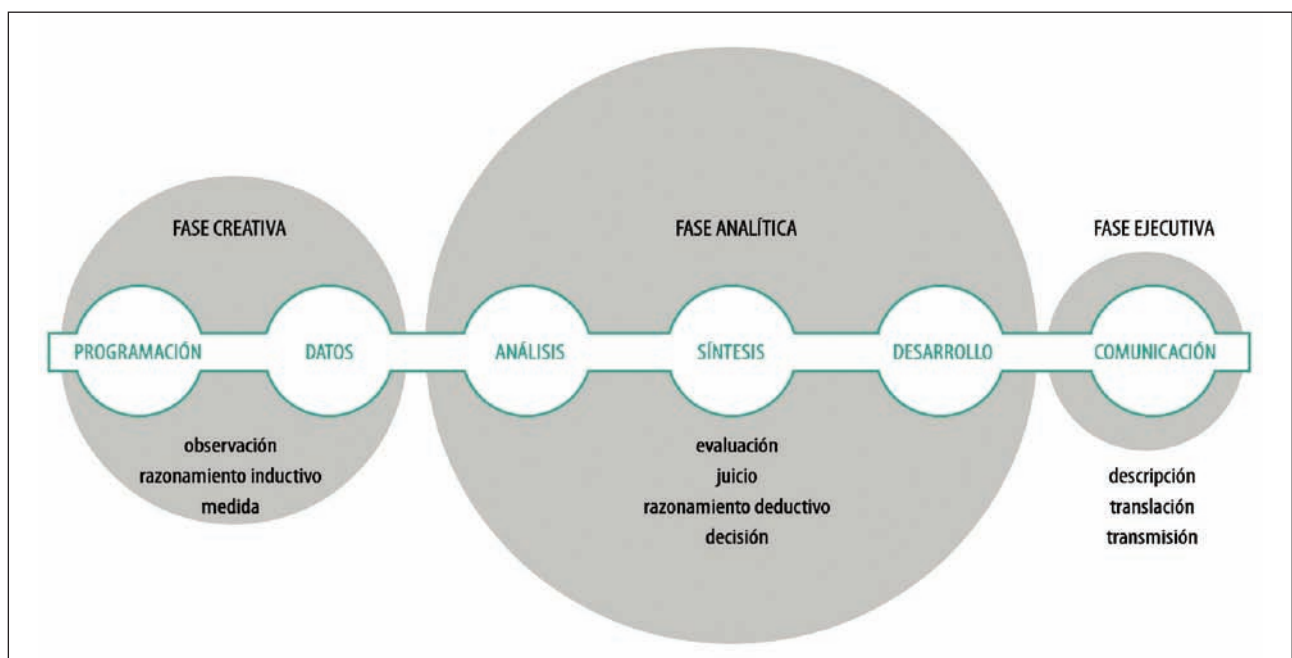


Figura 8. Proceso de diseño según Bruce Archer

que han tratado de mostrar al resto de la comunidad científica los pasos que se han de seguir para poner una idea de producto en el mercado. La razón de esta búsqueda está un racionalizar un método creativo y hacerlo universal. Vamos a recorrer la historia separando dos clases de ciclos: lineales e iterativos.

5.1.1 Procesos lineales

Hay acuerdo entre los historiadores en considerar a la *Hochschule für Gestaltung* de Ulm como precursora de los trabajos de metodología del diseño [19]. Esta escuela hereda las bases y conceptos del diseño de la más famosa escuela de diseño: la Bauhaus. Tomás Maldonado, primer director de la Escuela de Ulm, propuso una metodología basada en la idea de que el diseño era un proceso que podría ser sistematizado y racionalizado [20]

Bruce Archer, pionero de la metodología del diseño industrial, propone una serie de etapas en el proceso del diseño (figura 8) en una recopilación de artículos en los años sesenta [21], en el que incluye por primera vez la creatividad en el contexto de diseño industrial. Con Archer, que definía el diseño como la conjunción de la intuición y el conocimiento, comenzaron a surgir metodologías de diseño que trataron mediante fórmulas y diagramas de representar gráficamente cuál debería ser la mejor práctica para lograr productos y procesos industriales exitosos [22].

Frente a estas primeras metodologías racionales y sistemáticas donde la confianza descansaba en el diseñador, surge una segunda generación de metodologías donde se comienzan a analizar los problemas de los usuarios [23].

En los años 70, Geoffrey Broadbent, uno de las grandes figuras de la metodología del diseño criticaba estos primeros intentos al considerarlos ideologías en lugar de teorías científicas. En ambas generaciones la idea de una dirección concreta de evolución o desarrollo no dejaba sitio para las reflexiones acerca de si eran o no correctas [19]. Una tercera generación que el propio Broadbent equipara a

Frente a estas primeras metodologías racionales y sistemáticas donde la confianza descansaba en el diseñador, surge una segunda generación de metodologías donde se comienzan a analizar los problemas de los usuarios

los paradigmas científicos de Thomas Kuhn, pretende ser más reflexiva, filosófica, más descriptiva que normativa, cubierta con casos de estudio [24] más que con reflexiones teóricas. En estas teorías desarrolladas a partir de los años 80 han tenido mucha influencia filósofos como Popper, Heidegger ó Wittgenstein.

5.1.2 Procesos iterativos

A principios de los años 90, Stuart Pugh [25] da un paso más en la elaboración de la descripción del proceso de diseño: introduce el concepto de diseño total (*total design*) que incorpora como primer paso a estudiar al mercado y las necesidades del usuario. Como consecuencia aparece una mayor participación del usuario en el proceso. También introduce realimentaciones entre cada una de las etapas y iteraciones de procesos a cada una de ellas. En el ejemplo de la figura 9 observamos el proceso iterativo de desarrollo en la etapa de diseño conceptual.

La gran proliferación de centros tecnológicos y de estudios de diseño ha originado la aparición de nuevas versiones de los ciclos anteriormente expuestos. Analizaremos brevemente uno de los más influyentes en el ámbito nacional.

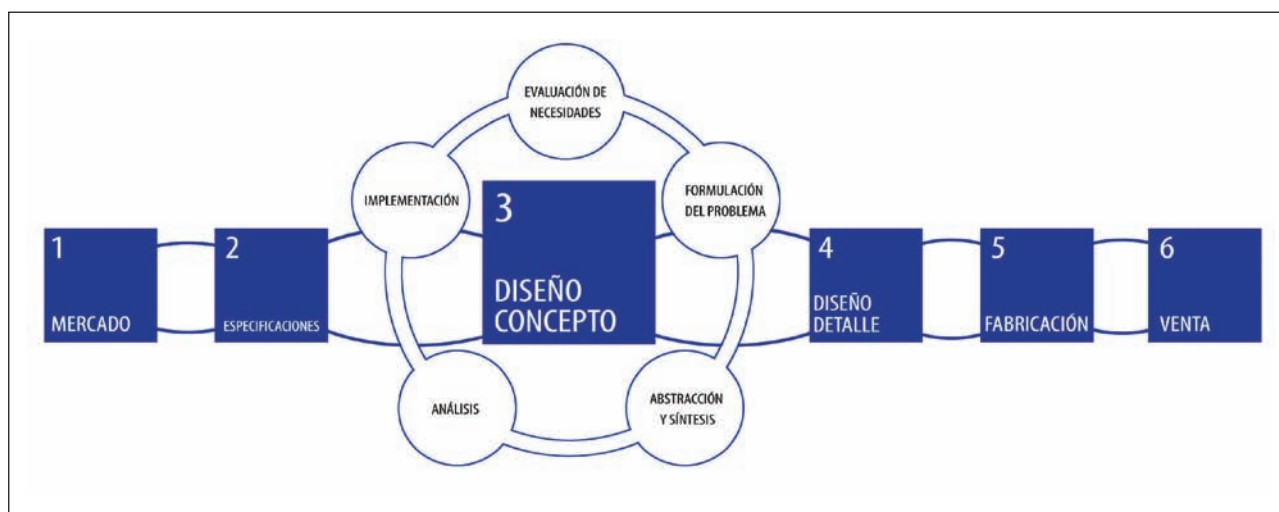


Figura 9. Núcleo de diseño de Stuart Pugh

La gran proliferación de centros tecnológicos y de estudios de diseño ha originado la aparición de nuevas versiones de los ciclos anteriormente expuestos

El Centro Tecnológico para el Diseño y la Producción Industrial de Asturias publicó recientemente un informe [26] englobado en el proyecto PREDICA (*Promoción y Estudio para un Diseño Industrial competitivo en Asturias y otras CC.AA.*) que describe de una forma más temporal y definida cada una de las fases del proceso de diseño, desde que se tiene una necesidad o una idea hasta que se comercializa el producto. Aunque insiste en la gran disparidad de procesos industriales y lo difícil que es hacer coincidir etapas definidas para todos ellos, destacan que en la mayoría de los casos se pueden observar seis fases (figura 10).

1. Definición estratégica: Se trata de definir el producto desde el punto de vista de las necesidades,

no desde los requerimientos técnicos.

2. Diseño de concepto: A partir de la información obtenida en el briefing, se plantean las posibles soluciones al problema. Cada día son más los informes que alertan de un gran número de fallos estructurales, de calidad o medioambientales que tienen su origen en una diseño de concepto equivocado.

3. Diseño de de detalle: Comienza el desarrollos de la solución adoptada. Se realizan planos, se estudian materiales, restricciones, etc.

4. Oficina Técnica e ingeniería de producto: Se crea un prototipo, se ensaya, se estudia el acabado, el embalaje, la normativa relacionada, de forma que el producto esté listo para la producción.

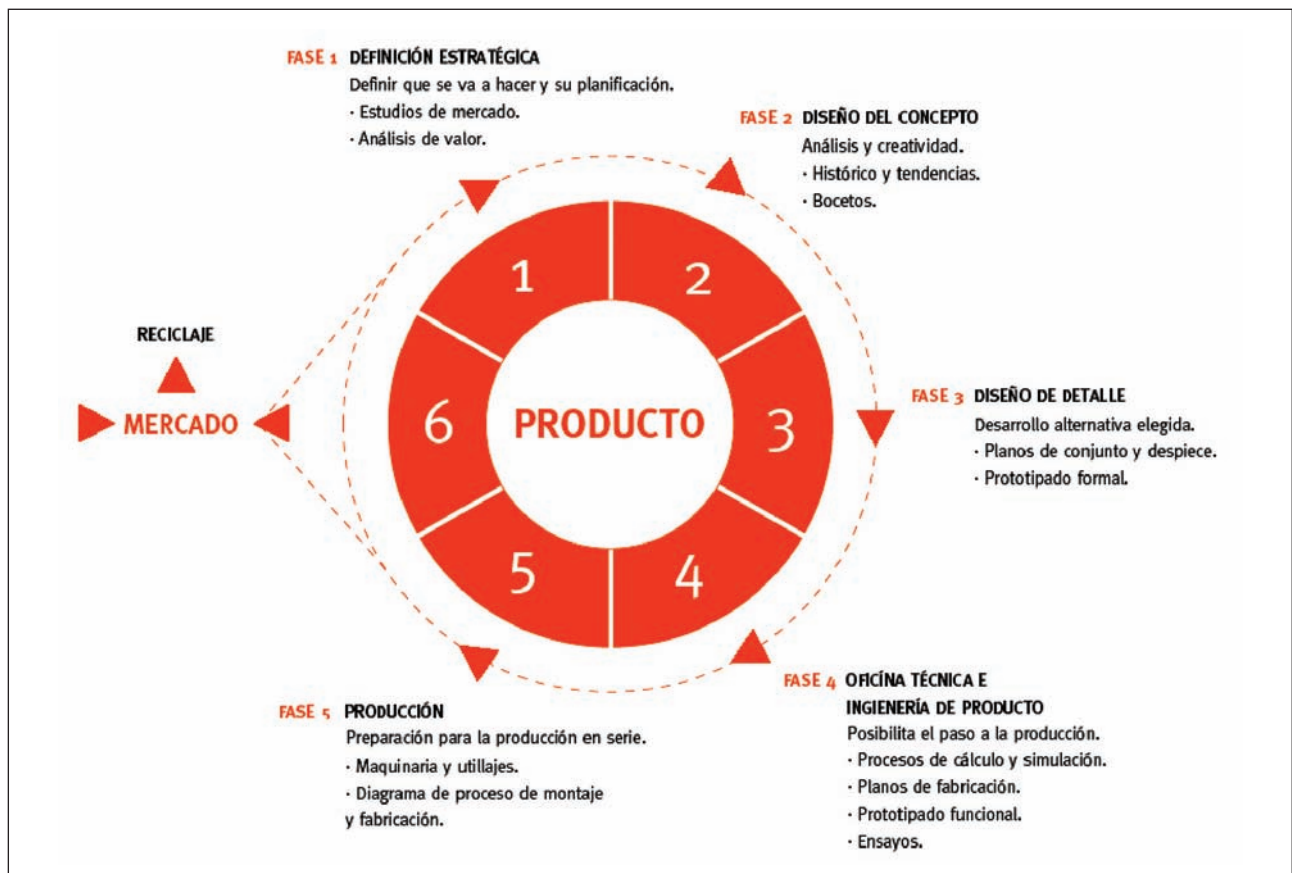


Figura 10. Metodología de la gestión del diseño industrial. Fuente: Fundación PRODINTEC

- 5. **Producción:** Se fabrica el producto y se intenta optimizar el proceso de producción.
- 6. **Lanzamiento:** Punto final del proceso y a la vez inicio del rediseño. Incluye etapas como la distribución y la exposición en ferias.

En las metodologías anteriores podemos ver ligeras trazas de actuaciones sociales dentro del proceso de diseño. Observamos cómo no se trata tan sólo de un trabajo de la oficina técnica sino que existen numerosos pasos previos destinados al establecimiento de cimientos sociales sobre los que se debe gestar el producto.

5.2 NORMATIVA

La normativa vigente también describe la secuencia de pasos que se deben seguir en una gestión eficiente del diseño de producto a través de la ISO 9001:2000. En base a ella se han desarrollado metodologías de diseño atractivas [27]. Sin embargo, aunque con esta norma se garantice una mejora de la gestión del proceso sobre todo desde el punto de vista de control, documental y de responsabilidad, no profundiza en las etapas del proceso de diseño y por tanto necesita de otros documentos que la cubran sus lagunas.

La norma UNE 66920 trata de complementar a la 9001 en el ámbito de la gestión del diseño y consta de cuatro partes (tabla1):

El diseño emocional, donde aspectos humanos como la emoción, sentimiento ó sensaciones, son el punto de mira constante durante todo el proceso de elaboración de nuevos productos

A pesar de no estar recogidos aún en la norma, los procesos de diseño hoy en día son menos científicos (tercera generación), se acentúan los problemas que aporta la tecnología, sostenibilidad, responsabilidad social, mercado y legislación. Las etapas han dejado de ser compartimentos estancos y ahora son permeables.

Esta tendencia por “humanizar” el proceso de desarrollo de producto, está refrendada por Mat Hunter [22], director de IDEO Europa, en su visión que da sobre el diseño industrial:

“El diseño es un proceso creativo que genera valor en un contexto social...”.

Código	Título	Edición
UNE 66920-1	Sistemas de gestión de diseño. Guía para la gestión del diseño de productos	15 / 12 / 2000
UNE 66920-2	Sistemas de gestión de diseño. Guía para la gestión del diseño en servicios	11 / 12 / 1998
UNE 66920-3	Sistemas de gestión de diseño. Guía para la gestión del diseño de productos manufacturados	28 / 02 / 2001
UNE 66920-4	Sistemas de gestión de diseño. Guía para la gestión del diseño en la construcción	28 / 02 / 2001

Tabla 1. Normativa UNE. Sistemas de gestión de diseño

La UNE 66920-1 presenta las etapas del proceso de diseño de forma lineal (figura 11) y por tanto pertenecería a los ciclos de primera y segunda generación. No recoge tampoco la evolución cíclica de realimentación como si lo hacen los últimos estudios.

No sólo se han incorporado conceptos de ámbito social al propio estudio de la metodología del proceso de diseño, sino en la forma de ver y construir cada una de las etapas también se ha producido un “giro humanizante”. Un buen ejemplo de ello es el diseño emocional, donde aspectos

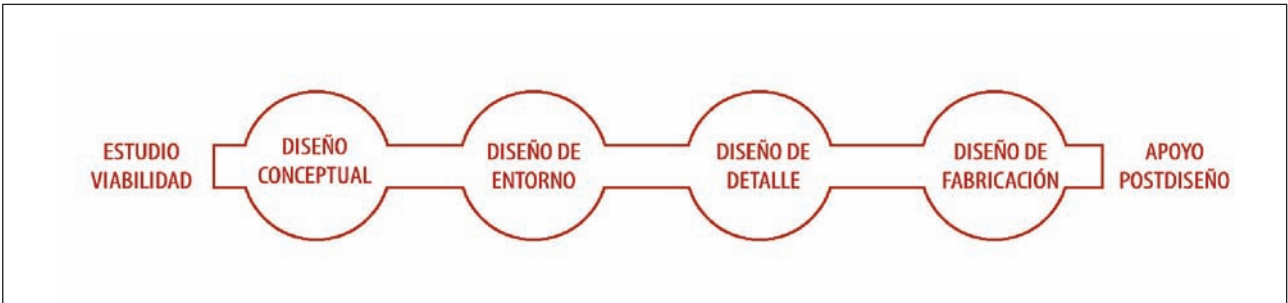


Figura 11. Proceso de diseño según UNE 66920-1



Figura 12. Mazda MX-5. Fuente: <http://www.mazda-es.com/>

“El diseño es un proceso creativo que genera valor en un contexto social...”.

humanos como la emoción, sentimiento ó sensaciones son el punto de mira constante durante todo el proceso de elaboración de nuevos productos. La ingeniería Kansei (desarrollada por Mitsuo Nagamachi, profesor de la Universidad de Hiroshima) recoge estas experiencias y ha creado una metodología de desarrollo ergonómico orientada al consumidor y abandonando las exigencias del fabricante. El ejemplo más representativo ha sido el desarrollo del Mazda MX-5 en 1989, íntegramente diseñado en base a este tipo de metodología [28] y causante del éxito de este deportivo “roadster”.

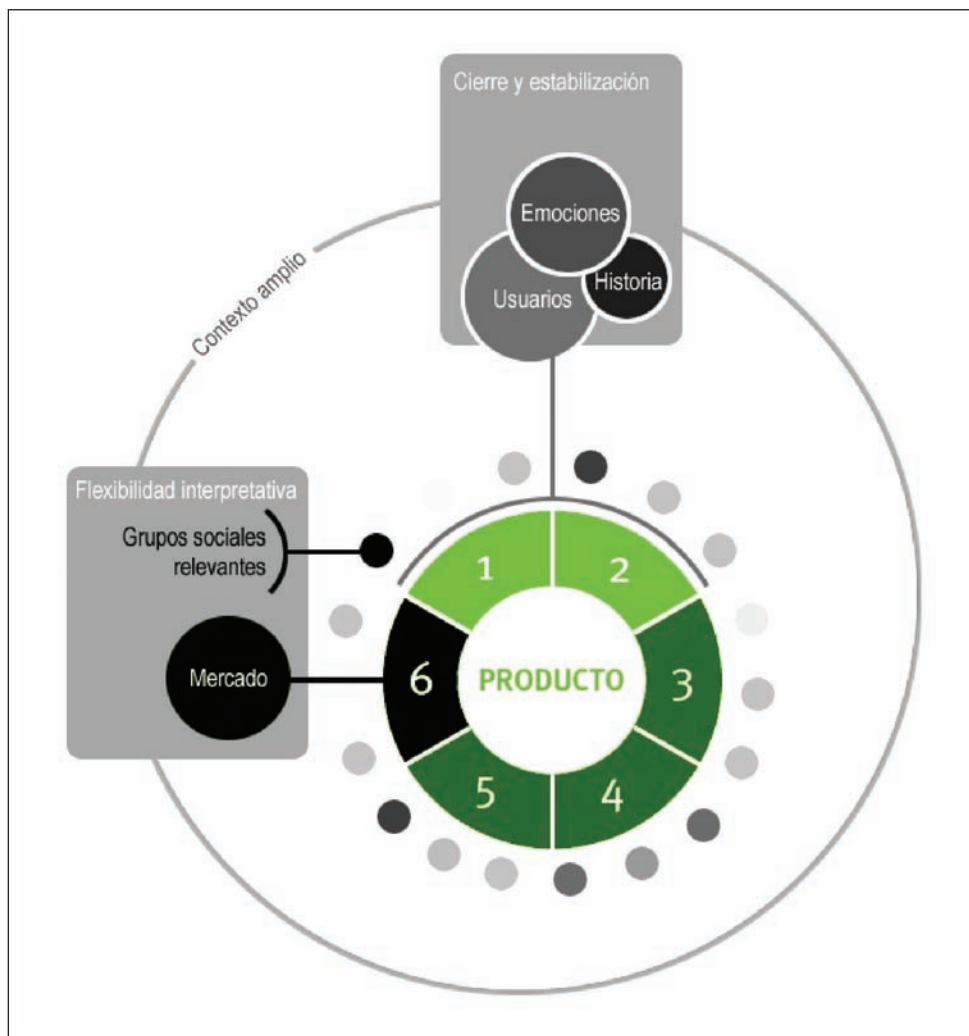


Figura 13. Incorporación de aspectos sociales al ciclo de diseño

6. EL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL EN EL CICLO DE DISEÑO

En esta reflexión queremos aportar un paso más al proceso de diseño con la incorporación de las ideas del constructivismo social a este ciclo. Para ello utilizaremos como elementos el gráfico del ciclo de diseño de seis etapas visto anteriormente y los conceptos más identificativos del constructivismo social: los grupos sociales relevantes, la flexibilidad interpretativa, los mecanismos de cierre y el contexto amplio.

Es necesario recordar de nuevo que ha habido evoluciones desde el planteamiento original de Bijker y no se trata por supuesto de una nueva metodología funcional o práctica. Ha de verse como una solución más completa

En la etapa final de lanzamiento, el producto se pone en el mercado y éste responde y reacciona ante él



Figura 14. Teléfono de bakelita, material analizado por Bijker como ejemplo de la influencia social en el diseño

del proceso que podría abrir el campo de investigación en estos temas.

Hecha la apreciación, podríamos comenzar el rediseño de la metodología incorporando los grupos sociales relevantes. Éstos están presentes en todas las etapas del proceso de diseño. Se necesitaría identificar concretamente a cada uno de ellos en las distintas etapas, aunque existen una serie de grupos relevantes que se podrían identificar ya en las primeras trazas del proyecto: los consumidores del producto y los ingenieros que cierran el desarrollo del trabajo. A lo largo de la marcha surgirán más grupos implicados dentro de la empresa. La consecuencia del diseño total de Pugh origina que los proyectos de diseño de producto pasen por muchas manos dentro de la empresa (siendo necesaria la figura del gestor del diseño que pueda seguir el proceso completo en la misma) y por consiguiente con muchos y diferentes intereses hacia el proyecto y el producto.

En la etapa final de lanzamiento, el producto se pone en el mercado y éste responde y reacciona ante él. En esta etapa se hace más palpable la flexibilidad interpretativa de cada grupo social. La propia reacción es recogida por el ciclo de diseño, las controversias tecnológicas entran a formar parte del proceso de diseño y son cerradas y

estabilizadas con rediseños nuevos que contenten a todos los grupos. Estamos de nuevo en la fase de rediseño, en las primeras etapas del ciclo donde en la actualidad tiene un papel capital el usuario, la historia, las emociones que despierta el nuevo producto.

Y todo este proceso se ve afectado continuamente por el contexto amplio en el que se desarrolla: ayudas a la innovación, entorno social, contexto político, etc., que influyen en el devenir de la vida del producto. Ese contexto debe estar presente en toda la realización, englobar cada etapa y a los grupos de personas implicadas (figura 13).

7. CONCLUSIONES

La conclusión más importante es que la **tecnología es un acto social** y como tal deben ser tenidos en cuenta numerosos procesos sociológicos que influyen en el diseño de un producto. Tradicionalmente se han relacionado a los



El Diseño tiende un puente entre el ser humano y la tecnología y ese quizás sea el concepto que quisimos transmitir en estas reflexiones



desarrollos de productos a una serie de pasos en una secuencia lineal que han ido mejorando cada modelo. Sin embargo hemos observado que ante la imposibilidad de llegar a un diseño perfecto de un producto, éste puede adoptar múltiples soluciones en función de los intereses de los grupos sociales afectados por el artefacto a diseñar.

En los últimos años el proceso de desarrollo de un proyecto industrial ha pasado de una concepción lineal heredada de la concepción tradicional de la tecnología como aplicación de la ciencia básica a una concepción cíclica en el que desde una perspectiva global se recoge todos los pasos, secuencias, ideas y desarrollos desde que surge una necesidad o problema en un producto hasta que éste vuelve de nuevo al mercado. Estos ciclos de diseño industrial poco a poco van incorporando cuestiones sociales hasta ahora ignoradas en procesos tan técnicos. Aún así, creemos conveniente subrayar aún más este punto con nuevas reestructuraciones de los ciclos de diseño. Las aportaciones de estudios como SCOT pueden hacer al ciclo del diseño industrial se centran sobre todo en tres puntos:

1. La consideración de los grupos sociales relevantes a lo largo de todo el proceso de diseño;
2. La flexibilidad interpretativa que tiene lugar entre estos grupos a la vista de la puesta en el mercado de un diseño en concreto
3. Los mecanismos de cierre del problema en las etapas de rediseño del producto.

Aina Nilsson, directora de diseño de Volvo, afirma que el Diseño tiende un puente entre el ser humano y la tecnología y ese quizás sea el concepto que quisimos transmitir en estas reflexiones: los diseñadores, el entorno político-económico, la tecnología vigente, el consumidor final, el fabricante, los suministradores, etc. se mueven con unos intereses sociales determinados y en la mayoría de los casos, alejados de la tecnología propia del producto. Estudiar estos procesos desde el punto de vista de la sociología de la tecnología podría llevar a los ingenieros a

una mejor comprensión del ciclo de gestión del diseño de productos.

8. ACRÓNIMOS

CET: Concepción Estándar de la Tecnología

EPOR: *The Empirical Programme of Relativism*.
Programa Empírico de Relativismo

SCOT: *Social Constructivism of Sociology*.
Constructivismo Social de la Tecnología

UCI: Unión ciclista Internacional

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rifkin J. *El siglo de la biotecnología*. Barcelona: Editorial Crítica. 1998. 257 p. ISBN: 84-7423-941-9.
- [2] WIKIPEDIA. *Tecnología*. [ref. de 18 de Julio de 2008]. Disponible en web
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnología>>
- [3] González M; López JA; Luján JL. *Ciencia Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y tecnología*. Madrid: Editorial Tecnos. 1996. 324 p. ISBN: 84-309-2797-2
- [4] Ellul J. *El siglo XX y la Técnica: análisis de los conquistas y peligros de la técnica en nuestro tiempo*. Labor. Barcelona. 1954
- [5] Mumford L. *Técnica y Civilización*. Alianza. Madrid. 1982
- [6] Pacey A. *The culture of technology*. MIT Press, Cambridge. 1986. ISBN: 0-262-66056-3
- [7] Márquez MA. *La construcción de la tecnología*. Tecnologías do imaginario. Revista FAMECOS n.9. 1998
- [8] Pfaffenberger B. "Social Anthropology of Technology", en *Annual Review of Anthropology*, 21: 491-516, 1992.
- [9] Hughes TP. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1983.
- [10] Pinch T.; Bijker, W. *The social construction of technological systems*. The MIT Press, Cambridge, 1987. p 419. ISBN: 0-262-02262-1

- [11] Mackenzie D. *Inventing accuracy: A historical sociology of nuclear missile guidance*. Cambridge, MA: MIT Press. 1990.
- [12] Callon M. "Struggles and Negotiations to Define What is Problematic and What is Not: The Socio-logic of Translation." En *The Social Process of Scientific Investigation*: editado by Karin D. Knorr. 1980. p. 197-221
- [13] Noble D. *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation* (Knopf, 1984; pbk. Oxford University Press, 1990)
- [14] Lazonick W. "Industrial Relations and technical change: the case of the self-acting mule." *Cambridge Journal of Economics* 3(3): 231-262. 1979
- [15] Misa T.J. *Controversy and closure in technological change: constructing steel. Shaping technology/building society: Studies in sociotechnical change*. Cambridge: MIT Press. 1995
- [16] Bijker W. *Of bicycles, bakelites and bulbs: Towards a theory of sociotechnical change*. Cambridge, MA: MIT Press. 1995. 390p. ISBN: 0-262-52227-6
- [17] Klein H. K.; Kline, D. L. *The social construction of technology: structural considerations*. Science, Technology, & Human Values. Vol.27, No. 1. Sage Publications. 2002. Pp 28-52. ISSN: 0162-2439.
- [18] Woodforde J. *The story of the bicycle*. Londres: Universe books. 1970. 175 p. ISBN-13: 9780876631355.
- [19] Ask T. *To what extent does industrial design have a tradition of theoretical discussion? And what are the key issues in this tradition?* Institute of industrial design. Oslo School Of Architecture. 1998. Disponible en web <<http://www.aho.no/ask/theory.html#7>>
- [20] Sparke P. *An introduction to design and culture in the twentieth Century*. Icon (Harpe). Londres 1986. 304 p. ISBN-13: 978-0064301701
- [21] Archer B. *Systematic method for designers*. Design magazine. Design Council. 1963-64.
- [22] Best K. *Management del diseño*. Publicado por AVA Publishing. Editorial Parramón. p.215. 2007. ISBN-13: 978-84-3442-3270-9.
- [23] Cross N. *Development in Design Methodology*. The Open University and John Wiley, London 1984. ISBN-13: 978-0835727990
- [24] DESIGN COUNCIL. *Case studies*. [ref. de 20 de Julio de 2008]. Disponible en web <<http://www.designcouncil.org.uk/en/Case-Studies/>>
- [25] Pugh S. *Total Design: integrated methods for successful product engineering*. Wokingham: Addison-Wesley, 1991. 296 p. ISBN-13: 978-0201416398
- [26] PRODINTEC. *Diseño Industrial, guía metodológica*. Proyecto PREDICA. Fundación PRODINTEC. 2005
- [27] Ubiergo, J. M. *Guía Práctica Diseño Industrial*. Proyecto Diseña. Edita Gobierno de Aragón, Primera Edición. 2003. ISBN-13: 978-84-7753-826-4
- [28] INSTINCTIVE CHOICE. *Incorporating customer emotion into product and service design*. 2008. [ref. de 18 de Julio de 2008]. Disponible en web <http://instinctivechoice.co.uk/_resources/files_rte/Kansei%20Engineering-1.pdf>

La predicción de resultados en procesos industriales

Una herramienta de control basada en el Conocimiento

*Results prediction in industrial processes.
A control tool based on the Knowledge*

• Argoitz Zabala-Urriarte
• Ramón Suárez-Creo
• Julián Izaga-Maguregi

Coordinador del Proyecto PREDICAST
Director de Procesos Avanzados
Director de Tecnología e Innovación

AZTERLAN
AZTERLAN
AZTERLAN

Recibido: 26/11/08 • Aceptado: 05/02/09

ABSTRACT

- The difficulties involved in most metallurgical processes are well known, specially when the number of factors that act in them is very high. The problems are even more important if we want to forecast the process behaviour, because it is not easy to build a framework of links between the critical variables using the available information.
- This work takes into account the availability of several computer generic tools which, with a suitable adaptation and endowed with the specific knowledge, are able of "learning" the process, of connecting a lot of facts and of forecasting the product quality, sustaining at the same time the process under control. These tools manage the plant information, help to reach a robust process, increase its knowledge and improve its performance, related with the reject level in ppm. The development of this type of tools, were considered some years ago as utopian.
- The analytical method used is based in an initial selection of the defect that we want to study on the, factor or characteristics managing the process. Afterwards we will describe the most likely potential causes, source of the studied defect, and we will arrange them and give priority with probabilistic criteria, searching the root causes to all of them.
- During the running of industrial processes we will connect, through the computer program, the experimental measurements of the selected factors with the actual results, so that the system learns, and at the same time we can reject the less significant variables, improving that way the reliability of the prediction
- The conclusions are based in real applications, put in practice in different lines of production, for the validation of the system and the testing of its efficiency using the corresponding success index.
- **Key words:** Knowledge management, process control, Bayesian analysis, artificial intelligence, iron castings.

RESUMEN

Son bien conocidas las dificultades que rodean la mayor parte de los procesos metalúrgicos, especialmente cuando el número de factores que interactúan en ellos es muy elevado. Los problemas son aun más importantes si deseamos predecir el comportamiento del proceso, ya que no es fácil establecer relaciones de correspondencia entre las variables críticas utilizando la información disponible.

Este trabajo tiene en cuenta la existencia de varias herramientas informáticas genéricas que, con una adaptación adecuada y dotadas con el conocimiento específico, son capaces de "aprender" el proceso, de interrelacionar grandes volúmenes de datos y de predecir la calidad del producto, manteniendo al mismo tiempo el proceso bajo control. Estas herramientas gestionan la información de la planta, ayudan a obtener un proceso robusto, aumentan su conocimiento y mejoran sus resultados, afectados por el nivel de rechazos en ppm. El desarrollo de este

tipo de herramientas era considerado hace algunos años como utópico.

El método empleado se basa en la selección del defecto que deseamos abordar y de los parámetros o factores que gestionan el proceso. Después analizaremos las causas potenciales más probables, origen del defecto estudiado y las ordenaremos y priorizaremos con criterios probabilísticos, buscando las causas de raíz entre todas ellas.

Durante la realización del proceso industrial iremos asociando, a través del programa informático, las mediciones experimentales de los factores seleccionados con los resultados obtenidos, de forma que el sistema aprenda y, al mismo tiempo, podamos desechar las variables menos significativas, mejorando de ese modo la fiabilidad de la predicción.

Las conclusiones se basan en aplicaciones reales llevadas a cabo en diferentes líneas productivas, para la validación del sistema y la verificación de su eficiencia, utilizando el correspondiente índice de acierto.

Palabras clave: Gestión del conocimiento, control de procesos, análisis bayesiano, inteligencia artificial, hierro fundido.

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

La complejidad de muchos procesos productivos hace que una parte significativa de los esfuerzos del sistema y de sus responsables se oriente a la resolución de problemas. La incorporación cada vez más racional del conocimiento para hacer frente a los costes de no calidad y/o alcanzar mínimos niveles de rechazos y reprocesos, nos orienta a modificar la forma de abordar la solución de esos problemas, gestionando al mismo tiempo el propio conocimiento.

La mayor parte de los procesos utilizan un diseño previo del mismo, basado con frecuencia en herramientas de simulación y, durante su ejecución, en importantes dispositivos de control de sus parámetros y de los resultados obtenidos. Desde un punto de vista conceptual, pueden establecerse dos metodologías de trabajo para el análisis de incidencias y la gestión de la fabricación:

- Sistema convencional.
- Sistema predictivo.

1.1. SISTEMA CONVENCIONAL.

Su principal objetivo es mantener los diferentes parámetros entre los límites de control previstos. Al mismo tiempo se van obteniendo gran número de datos sin prioridades claras y las distintas áreas de fabricación manejan las informaciones de sus operaciones con rara o nula conexión con las otras. Cuando sucede un problema, la identificación de las causas de raíz es muy complicada y, en muchos casos, el resultado final resulta infructuoso, aun después de hacer importantes esfuerzos. Mediante la

metodología convencional es difícil establecer relaciones causa-efecto, pues además buena parte de la información disponible puede ser irrelevante.

1.2. SISTEMA PREDICTIVO.

Se trata de un método basado en la objetividad, con capacidad para efectuar análisis multivariable, de identificar factores críticos y de integrar en el conocimiento un aprendizaje continuo. La conjunción de estos elementos en una herramienta informática y el uso de algoritmos matemáticos avanzados le permiten actuar como herramienta de predicción.

Con estas premisas, la herramienta puede operar de un modo predictivo, de forma que sea posible adoptar medidas correctoras antes de que aparezcan los defectos. El procesado de la información se lleva a cabo en tiempo real, cosa importante para que resulte una ayuda eficaz en la toma de decisiones adecuadas en el momento adecuado.

A la hora de poner en marcha el sistema predictivo, es necesario acotar el alcance de la aplicación y, por ello, resulta interesante utilizarlo en el análisis de un defecto cuya solución sea especialmente compleja. En situaciones de esta naturaleza se consigue visualizar fácilmente la complementariedad del conocimiento existente y alcanzar rigor analítico, ya que los métodos habituales de resolución de problemas no resultan eficaces.

Tras la selección del problema sobre el que se realiza la aplicación se hace necesario desarrollar los seis pasos siguientes:

- Registro de todas las causas o factores potenciales que originen el problema (aportación del conocimiento).
- Recopilación y análisis de la información relativa al proceso.
- Configuración de una red básica capaz de incorporar esos factores potenciales.
- Diseño del plan experimental con los productos fabricados, que permitan establecer relaciones de correspondencia causa-efecto.
- Refinamiento de la red basado en el estudio de las variables y de la evolución del defecto seleccionado.
- Implantación en el modelo productivo, basada en la identificación de los factores determinantes.

La gestión de los parámetros del proceso no puede llevarse a cabo mediante métodos convencionales de análisis y, por ello, es precisa la adaptación de un adecuado sistema informático capaz de gestionar grandes volúmenes de datos.

2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

2.1. OBJETIVOS BÁSICOS.

El desarrollo de esta herramienta para control del proceso y gestión de su conocimiento requiere, al menos, superar las siguientes dificultades:

- Capacidad de análisis de un gran volumen de información.
- Posibilidad de establecer inter-conexiones entre los parámetros más relevantes del proceso, priorizando cada uno de ellos.
- Gestión del conocimiento global del proceso, utilizando todos los medios disponibles.
- Identificación de todas las actuaciones que no aportan mejoras al proceso.
- Integración de la experiencia y conocimientos individuales existentes en la organización a un sistema experto.

2.2. PRINCIPIOS UTILIZADOS

Los pasos a dar para superar las dificultades citadas y establecer una herramienta válida son:

- **Identificación:** Selección del defecto o incidencia que deseamos contemplar, basado en su importancia o en otro criterio de decisión.
- **Análisis:** Recopilación de la información disponible del proceso, determinando los parámetros más relevantes y los medios con que se cuenta en la planta para controlarlos.
- **Mapas causales:** Desarrollo de la red inicial que incluya una clara identificación de todos los parámetros de fallo potencial.
- **Predicción:** Diseño de los ensayos de producción industrial que permitan un posterior análisis de los resultados, recogiendo y registrando al mismo tiempo toda la información del proceso.
- **Refinado de la red:** Rechazo por el sistema de todas las variables inicialmente consideradas que se

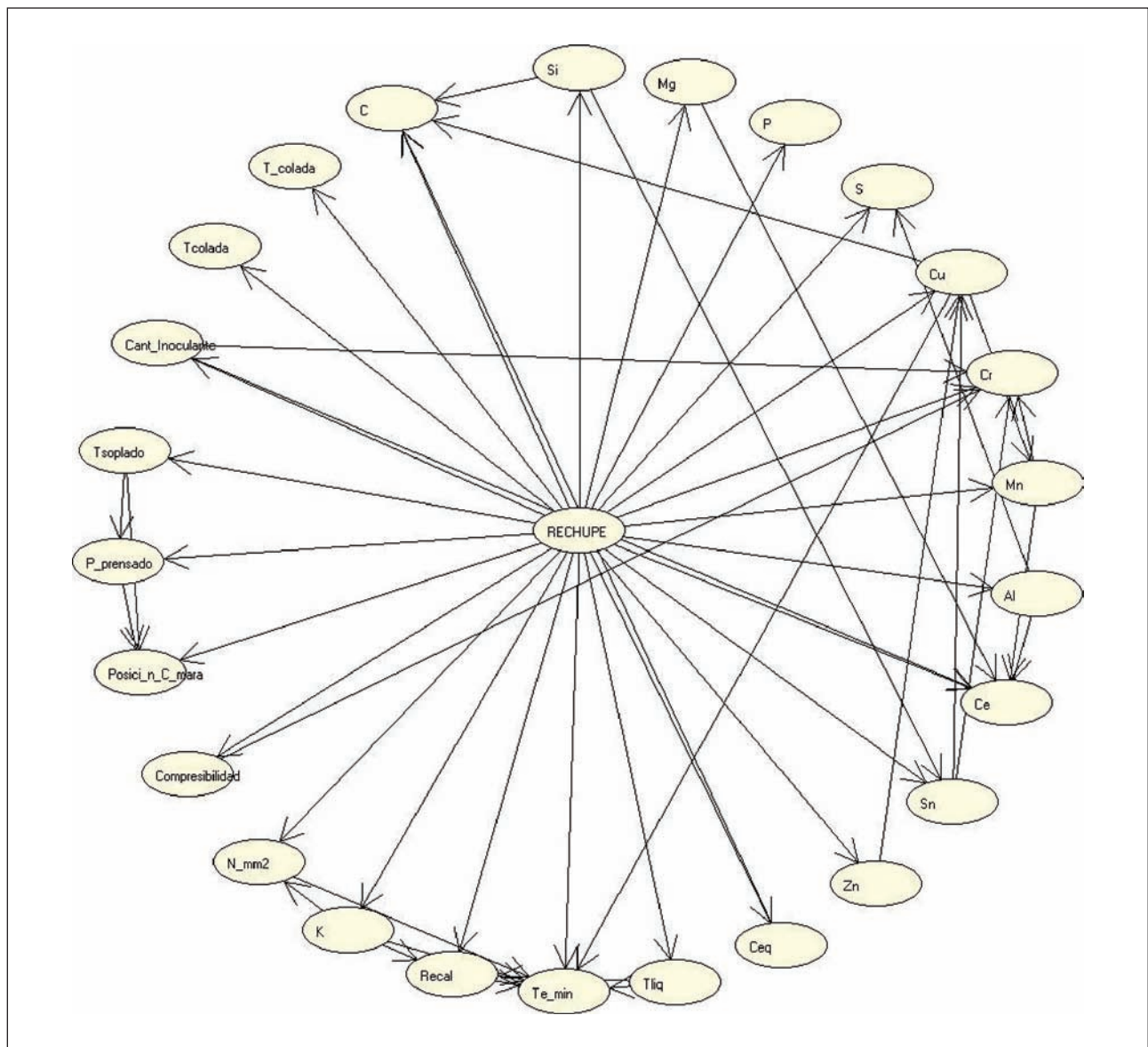


Fig. 1. Red de relaciones de las variables con el defecto a predecir e interacciones entre ellas (corresponde a la aplicación experimental)

C	3,72	Si	2,16
Mg	0,034	S	0,005
P	0,018	Al	0,006
Temp. Eut. Min	1143	Recallescencia	1,3
Coef. K	0,87	Dens. Grafica	273
Res. Compresión Verde	2150	Compactabilidad	43
Dureza Molde	27	Tamaño Mota	212
Temp. Colada	1387	Tiempo colada	7,6
Inoculante	Amerinoc	Caudal inoculante	3,2
Riesgo de defecto		????????????????	

Fig. 2 – Pantalla de predicción del sistema que a partir de los datos introducidos deduce el riesgo de defecto

compruebe que no tienen influencia en el problema.

- **Implantación:** Incorporar el sistema a las condiciones propias de la fabricación, de forma que pueda gestionar el proceso en tiempo real.
- **Retroalimentación y aprendizaje:** Actualización automática por el sistema de toda la información relevante con una mejora continuada del control y respuesta final del proceso.

2.3. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA.

Para hacer operativo lo que se ha citado como “mapas causales”, se ha desarrollado un módulo de análisis en forma de software informático. Con ese objeto hemos adaptado una solución general de minería de datos a la problemática de los procesos industriales en general y, en este caso, a los de fundición en particular. Para esta adaptación se ha utilizado un motor de redes bayesianas PNL (*Probabilistic Networks Library*) orientado a procesos industriales.

Se han escogido las redes bayesianas frente a otros tipos de sistemas inteligentes por su capacidad de representar el conocimiento y ofrecer resultados aceptables en situaciones sometidas a un alto grado de incertidumbre. Pensamos que es la solución que mejor se adecua a procesos complejos y poco estudiados globalmente, al menos con herramientas que traten la información que se va obteniendo de manera coordinada y objetiva. De esta manera se ha conseguido y comprobado por el plan experimental, que se trata de una herramienta capaz de obtener, mediante las informaciones recibidas y tratadas, un conocimiento completo del proceso industrial estudiado.

En un primer paso, el programa realiza el aprendizaje tanto estructural como paramétrico a partir de los datos del proceso almacenados. Con el aprendizaje estructural obtiene una representación de las relaciones que existen, tanto entre las variables que representan el proceso como de la relación existente entre cada una de ellas con el resultado

final, defecto o incidencia que deseamos contemplar (ver fig. 1). En el aprendizaje paramétrico se obtiene el “peso” o influencia exacta de las mismas. Una vez completados ambos aprendizajes, si la calidad de la información es suficientemente buena, el proceso y su problemática quedan definidos.

A partir de ese momento, se procede a

la explotación de la información. Ello puede hacerse empleando dos vías: por un lado es posible realizar inferencias, es decir, a partir de las variables de entrada predecir el resultado final del proceso, y por otro, obtener un análisis de sensibilidad del proceso, lo que significa conocer cuales son las variables que influyen en mayor medida en ese resultado final.

Como una muestra de lo expuesto presentamos (ver fig. 2) una de las pantallas de inferencia / predicción realizada para un momento puntual durante la producción. Los valores medidos de los parámetros para poder obtener la predicción están introducidos manualmente en esta pantalla y el resultado final se recoge en otra pantalla en forma de porcentaje (**X% SÍ HAY RIESGO** e **Y% NO HAY RIESGO**). Es posible la automatización del sistema, de forma que recoja los valores de los parámetros automáticamente de los aparatos de control, de análisis o de medición, consiguiéndose de ese modo una predicción “on line”.

2.4. ORIGINALIDAD DEL PROYECTO.

Si bien estos fundamentos matemáticos e informáticos son ampliamente conocidos, no lo es tanto su uso para la gestión de procesos industriales, en los que somos capaces de:

- abordar procesos de muchas variables realizando una priorización de las mismas según su incidencia en el problema a predecir.
- diseñar una operación con medios informáticos robustos y sencillos a partir de los pasos de elaboración inicial de la herramienta.
- basar la herramienta en el conocimiento de los expertos del proceso.
- llegar al establecimiento de toma de datos “on line”, aprovechando al máximo los controles y/o automatizaciones existentes.

3. PLAN EXPERIMENTAL

La aplicación real de esta herramienta predictiva se ha llevado a cabo en un proceso de fundición en serie fabricando piezas en hierro nodular para la industria de automoción. Tradicionalmente esta industria es la que ha venido exigiendo cada vez más estricto cumplimiento de los requisitos de calidad, aunque actualmente otros sectores como ferrocarriles, motores, eólico, etc., se han sumado a esta tendencia de elevar el nivel de sus características.

Por otra parte, la complejidad del proceso de fundición, con su gran número de variables puede llevar a menudo a resultados inciertos y eso a pesar de los numerosos medios de control puestos en juego, como son diseño y simulación del llenado y de la alimentación, análisis de las arenas, composición química, análisis térmico, medición de temperaturas, etc. El día a día de la producción muestra que todos ellos son a veces insuficientes para cumplir las exigencias del mercado.

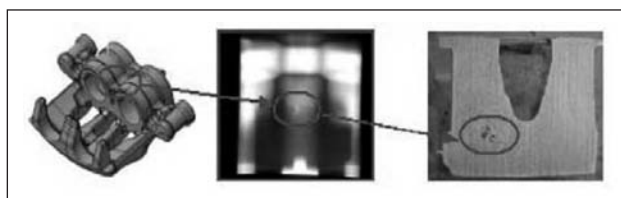


Fig. 3 – Pieza utilizada en la aplicación experimental de la herramienta predictiva (se señala la zona de aparición habitual de los defectos de microrechupe)

Cada uno de estos controles de las variables del proceso trabaja en general separadamente, sin conexiones que puedan llevar a una evaluación global del mismo y que permitan predecir la presencia o ausencia de un defecto determinado y explicar muchos de los problemas que puedan surgir en el transcurso de la fabricación. Es lo que pretendemos superar con nuestra herramienta.

3.1. PIEZAS PARA VALIDACIÓN.

Las piezas escogidas para validar esta herramienta han sido pinzas bi-cilíndricas de freno, fabricadas en hierro nodular GJS-500.7 (ISO 1083), de tres tipos diferentes producidas en dos plantas distintas, coincidiendo en:

- Proceso industrial similar y estable, con moldeo automático sin caja de partición vertical (DISAMATIC), fusión del hierro nodular en horno de inducción y colada automatizada.
- Importantes medios de control y amplio sistema de recogida de datos.
- Selección del defecto a estudiar conocido como micro-rechupe (ver fig. 3), concurriendo como causa para su aparición varios condicionantes

cuya correlación es muy compleja. Los tres tipos considerados muestran un comportamiento inconsistente, apareciendo el defecto en todos los lotes fabricados, con una media de rechazos por esta causa del 2,7%, pudiendo llegar en ocasiones a niveles alarmantes cercanos al 5%.

- Este defecto es crítico pues origina pérdida en la prueba hidráulica de la pieza. Por esa razón el 100% de ellas debe ser controlado por radiografía.

Las cavidades del micro-rechupe se originan durante la solidificación por la contracción secundaria del metal. Es uno de los problemas más difíciles de evitar en la producción de hierro nodular pues en él intervienen muchos parámetros del proceso. Para definirlos se ha realizado previamente un análisis causa-efecto (ver fig. 4) con objeto de incorporar al conocimiento del sistema todas las que de alguna manera son controladas. El hecho de admitir inicialmente un gran número de variables no supone dificultad adicional, pues el mismo sistema las refina y seleccionará solo las que supongan influencia relevante. Como ello se derivará de los datos de resultados reales en las fases experimentales, se evitan interpretaciones personales o subjetivas y el número de variables realmente influyentes se reduce considerablemente.

3.2. RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN.

Como el defecto considerado tiene un carácter subcutáneo su evaluación se efectúa para todas las piezas por ensayo no destructivo de rayos X, utilizando para aceptación o rechazo los criterios establecidos por la industria de automoción que, en este caso, no permite la aparición de ninguna indicación. En caso de duda se contrasta este ensayo por ultrasonidos.

Previamente a su producción en serie, las piezas han seguido todos los pasos exigidos por los clientes para la validación del proceso (estudio de factibilidad, prototipos,

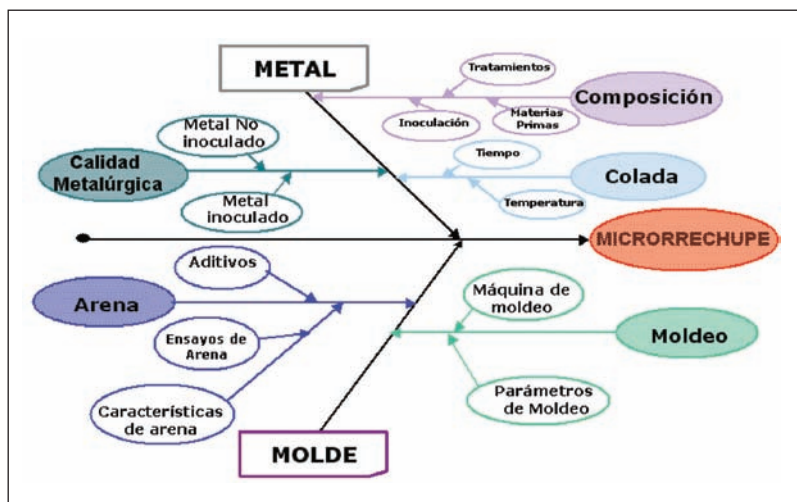


Fig. 4 – Diagrama causa-efecto correspondiente al proceso de la aplicación experimental

Como el defecto considerado tiene un carácter subcutáneo su evaluación se efectúa para todas las piezas por ensayo no destructivo de rayos X

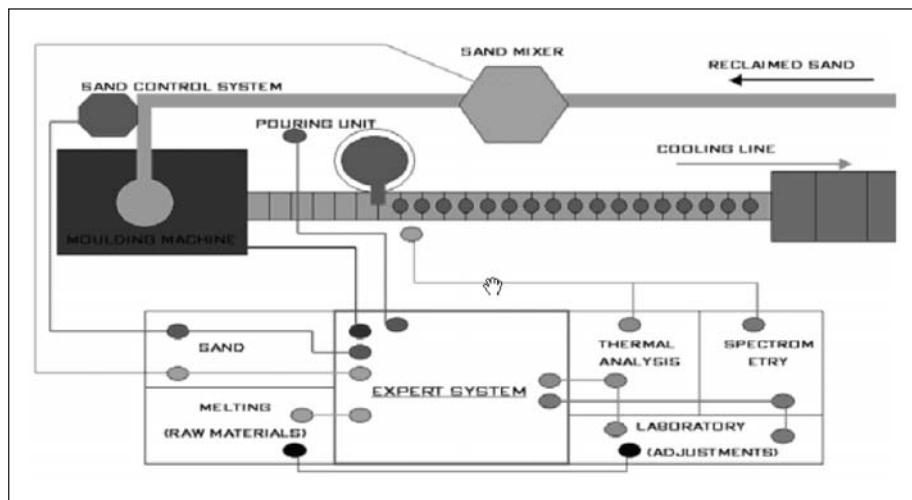


Fig. 5 – Integración de la toma de datos para el sistema predictivo experto en el proceso de fundición

cálculo de capacidad, pre-serie, etc.). Destacan entre ellos los trabajos de simulación para el llenado, alimentación y solidificación por ordenador (PAM-QUICKCAST), con los que se ha ido mejorando en lo posible la clara tendencia de las piezas para desarrollar problemas de contracción secundaria. La conclusión real es que, a pesar de persistir cierta tendencia, una mayoría de las piezas producidas están libres de defecto y la clave es alcanzar un proceso capaz de superarla; sin embargo los resultados de la experimentación también han sugerido algunas mejoras en la secuencia de llenado y en la disposición de las entradas de metal.

En la fig. 5 se presenta el esquema del proceso de producción, señalando la ubicación de los puntos de

obtención de datos para los parámetros de control del proceso que se han tenido en cuenta para la creación del sistema. Entre ellos están por ejemplo:

- Características del molde, como resistencias de la arena, presiones de disparo y vibrado, etc.
- Calidad metalúrgica, como composición química, análisis térmico (THERMOLAN), Mg residual, subenfriamiento ($T_{E(min)}$), recalcificación, acondicionadores o tipo y cantidad de inoculantes.
- Parámetros de colada, como temperatura y tiempo.

En total se identificaron e introdujeron inicialmente en el sistema experto gran número de variables y entre ellas, la red encontró a 9 como básicamente influyentes. Utilizando el plan de toma de datos de las variables, a cada una de las cuales el sistema aplica el peso que ha deducido, y con la base de los resultados obtenidos por el control del defecto, el mismo sistema, incorporando retroalimentación adicional, informaba del estado del real proceso. En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos en dicho plan.

Los lotes que según el control de esas 9 variables eran identificados por el sistema como *situaciones sin riesgo*, estuvieron prácticamente libres de defecto. Al contrario,



Esta herramienta puede aplicarse a todo tipo de procesos que supongan elevada dificultad de control

Identificación de las piezas	Piezas ensayadas	Rechazos porcentaje medio	Algunos factores determinantes identificados por el sistema
Pieza A Fundición 1	427	4,2%	Dureza del molde Mg residual Recalescencia
Pieza B Fundición 1	388	2,7%	T_E(min) Recalescencia Inoculante
Pieza C Fundición 2	289	1,3%	Presión de moldeo Temperatura de colada Recalescencia

Tabla 1 – Resumen de piezas ensayadas en la fase experimental

cuando la herramienta de predicción diagnosticaba **situaciones de riesgo**, aparecían piezas defectuosas, ayudando a decidir previamente la severidad de la inspección y a incidir sobre el proceso corrigiéndolo para los lotes siguientes. En la Tabla 2 se indica la fiabilidad alcanzada en las predicciones.

Identificación de las piezas	Predicción	Nivel de éxito
A	Situación de riesgo No situación de riesgo	87% sí 96% no
B	Situación de riesgo No situación de riesgo	92% sí 100% no
C	Situación de riesgo No situación de riesgo	95% sí 100% no

Tabla 2 – Nivel de éxito en las predicciones (el % indica el porcentaje de los lotes que sí contenían o no contenían alguna pieza defectuosa cuando la predicción indicaba que existía riesgo o no existía riesgo)

4. CONCLUSIONES

- Las redes de probabilidad causal, utilizadas como base matemática para desarrollar esta herramienta predictiva, permiten interrelacionar diferentes eventos. El sistema puede procesar un elevado volumen de información mediante sus algoritmos avanzados.
- El sistema de predicción necesita utilizar el conocimiento ya existente en la organización, de

forma que puedan identificarse las claves o variables que determinan el desarrollo de los defectos.

- Las incidencias o defectos de difícil solución, tal y como sucede en el caso concreto del microrrechupe, requieren del conocimiento y manejo de grandes volúmenes de información. La selección de las variables determinantes y su priorización es posible mediante sistemas basados en las redes bayesianas.
- En cualquier proceso de base tecnológica y, como se ha visto, en el de fundición, las diferencias competitivas se apoyan en el conocimiento y en la tecnología. Esta herramienta predictiva integra el conocimiento de las personas en el proceso productivo y objetiviza la resolución de problemas.
- Desde un punto de vista pragmático la clave se encuentra en el índice de acierto, es decir, en la capacidad para predecir sucesos. Los resultados que se desprenden de las implantaciones llevadas a cabo son plenamente satisfactorios, ya que el grado de fiabilidad es francamente elevado y será posible incrementarlo en un futuro.
- El futuro desarrollo de esta herramienta predictiva se orientará a la ampliación de la capacidad del sistema, a la automatización de la captura de datos y a la integración del conocimiento en una red global de análisis de incidencias.

El Centro de Investigación Metalúrgica AZTERLAN (www.azterlan.es) dispone de la capacidad tecnológica para realizar las aplicaciones necesarias con esta herramienta a todo tipo de procesos que supongan una elevada dificultad de control y predicción por estar afectados de numerosos factores. Sus trabajos actuales continúan ampliando experiencia y práctica en ese sentido.

Las diferencias competitivas se apoyan en el conocimiento y en la tecnología.

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Castillo E, Gutierrez JM, Hadi A. "Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas". Monografías de la Academia de Ingenierfa. ISBN 8460093956, 1998.
- Gerard L, Bhadeshia HKDH, Mackey D.J.C, Suzuki S. "Bayesian neural network model for austenite formation in steels". *Materials Science and Technology*, Vol. 12, 453-463. June 1996.
- Yescas MA. "Prediction of the Vickers hardness in austempered ductile irons using neural networks". *Int. J. Cast Metals Res.*, 513-521, 2003.
- Patent US 2005/0180876 A 1. "Inoculation alloy against micro-shrinkage cracking for treating cast iron castings".
- Siclari R, Margaria T, Berthelet E, Fourmann J. "Microshrinkage in Ductile Iron/Mechanism and Solution". Keith Millis Symposium on Ductile Cast Iron, 2003.
- Loper CR Jr., University of Wisconsin – Madison, "Graphite Pretreatment of Ductile Irons". AFS Transactions.
- Nastac L, Stefanescu DM, 1993 Trans. AFS 101: 329,933.
- Zabala A, Suarez R, Izaga J. "Key factors for innovation and competitiveness in the Foundry Industry". IV International Foundry Technical Forum, Bilbao 2007.
- Zabala A, Suarez R, Izaga J. "Iron castings. Advanced prediction tools, foundry process control and knowledge management". Proceedings of the 68th WFC – World Foundry Congress, 2008.
- Vitek JM, David SA, Hinman CR. "Improved ferrite number prediction model that accounts for cooling rate effects part 1 model development". *Welding Journal*, vol. 82, pp. 1017, 2003.
- Vasudevan M, Muruganath M, Bhaduri AK. "Application of bayesian neural network for modelling and prediction of ferrite number in austenitic stainless steel welds". *Mathematical Modelling of Weld Phenomena – VI*. London: Institute of Materials, 2002, pp. 1079–1100.
- Pearl J. "Reverend Bayes on inference engines: a distributed hierarchical approach" in Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, 1982, pp. 133–136.
- Liu Y, Li SQ. "Decision support for maintenance management using bayesian networks," in Proceedings of the International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing" (WiCom 2007), 2007, pp. 5713–5716.
- Abramson B, Brown J, Edwards W, Murphy A, Winkler RL, "Hailfinder: A Bayesian system for forecasting severe weather," *International Journal of Forecasting*, vol. 12, no. 1, pp. 57–71, 1996.
- Davis G And Pei J. "Bayesian networks and traffic accident reconstruction," in Proceedings of the 9th international conference on Artificial Intelligence and Law (ICAIL), 2003, pp. 171–176.
- Davis G. "Bayesian networks, falsification and belief revision in accident reconstruction," in Proceedings of the Transportation Research Board 85th Annual Meeting, 2006.
- Pearl J. "Graphical models for probabilistic and causal reasoning," in Handbook of Defeasible Reasoning and Uncertainty Management Systems, Volume 1: Quantified Representation of Uncertainty and Imprecision, D. M. Gabbay and P. Smets, Eds. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, pp. 367–389.
- Pearl J And Russell S. "Bayesian networks," Tech. Rep. R-216, Computer Science Department, University of California, Los Angeles, 2000.
- Spirtes P, Glymour C, Scheines R. "Causation, prediction and search" Second Edition (Adaptative computation and machine learning). The MIT Press, 2001.
- Floyd S, Warmuth MK. "Sample compression, learnability and the Vapnik -Chervonenkis dimension," *Machine Learning*, vol. 21, no. 3, pp. 269–304, 1995.
- Davies S, Moore A. "Bayesian networks for lossless dataset compression," in *Knowledge Discovery and Data Mining*, 1999, pp. 387–391.
- Graepel T, Herbrich R, Shawe-Taylor J. "PAC-bayesian compression bounds on the prediction error of learning algorithms for classification," *Machine Learning*, vol. 59, no. 1-2, pp. 55–76, 2005.

ANEXO 1

Teorema de Bayes.

Thomas Bayes fue un matemático británico del siglo XVIII. El teorema que lleva su nombre se refiere a la probabilidad de que ocurra un suceso condicionado por la ocurrencia de otro suceso.

Este teorema resuelve el problema de la probabilidad inversa. Esto es, permite valorar probabilísticamente las posibles condiciones que rigen la ocurrencia de un suceso.

Actualmente, con base en la obra de este matemático, se ha desarrollado una poderosa teoría que ha conseguido notables aplicaciones en las más diversas áreas del conocimiento. Algunos de esos campos de aplicación son la prevención del fraude fiscal, la predicción meteorológica, la prevención del abandono de clientes, el mantenimiento preventivo, la detección de enfermedades, el control del tráfico terrestre, marítimo y aéreo, etc.

Sean $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$ un sistema completo de sucesos incompatibles, de cada uno de los cuales se produce el mismo suceso B ; llamaremos:

$P(A_i)$ a cada una de las probabilidades de ocurrencia de los sucesos A_i : son las denominadas probabilidades “a priori”.

$P(B/A_i)$ la probabilidad de ocurrencia del suceso B condicionado o en la hipótesis de que haya ocurrido el suceso A_i .

La probabilidad, una vez constatada la ocurrencia de B , de que haya sido ocasionada por la ocurrencia de A_i , $P(A_i/B)$, conocida por probabilidad “a posteriori” viene dada por:

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i)P(A_i)}{P(B)} = \frac{P(B | A_i)P(A_i)}{\sum_{j=1}^n P(B | A_j)P(A_j)}$$

Un sencillo ejemplo:

Tres máquinas idénticas, A_1, A_2 y A_3 producen respectivamente el 50%, el 30% y el 20% del total de piezas iguales producidas en un taller. El porcentaje respectivo (probabilidad “a priori”) de defectuosas en cada una de ellas sabemos que es del 2%, 3% y 4%. Llamemos D a una pieza defectuosa y B a una pieza buena, no defectuosa.

Elegimos una pieza al azar del conjunto, indistinguible entre todas las fabricadas.

La probabilidad de que la pieza elegida sea defectuosa, $P(D)$, será la suma de probabilidades de haberla obtenido por cualquiera de las máquinas:

$$P(D) = P(A_1) \langle P(D/A_1) + P(A_2) \langle P(D/A_2) + P(A_3) \langle P(D/A_3) = 0.50 \langle 0.02 + 0.30 \langle 0.03 + 0.20 \langle 0.04 = 0.027 \text{ (2,7\%)}$$

Pero la probabilidad de que esta pieza, si efectivamente es defectuosa, haya sido producida en la máquina A_2 es, aplicando la fórmula de Bayes:

$$P(A_2/D) = P(D/A_2) \langle P(A_2) / P(D/A_1) \langle P(A_1) + P(D/A_2) \langle P(A_2) + P(D/A_3) \langle P(A_3) = 0.03 \langle 0.30 / 0.02 \langle 0.50 + 0.03 \langle 0.30 + 0.04 \langle 0.20 = 0.3333 \text{ (33,33\%)}$$

Como información adicional, si calculamos la $P(A_1/D) = 0.3704$ y la $P(A_3/D) = 0.2963$, se ve que la máquina con mayor probabilidad de haber producido esa pieza defectuosa es la A_1 .

ANEXO 2

Redes Bayesianas

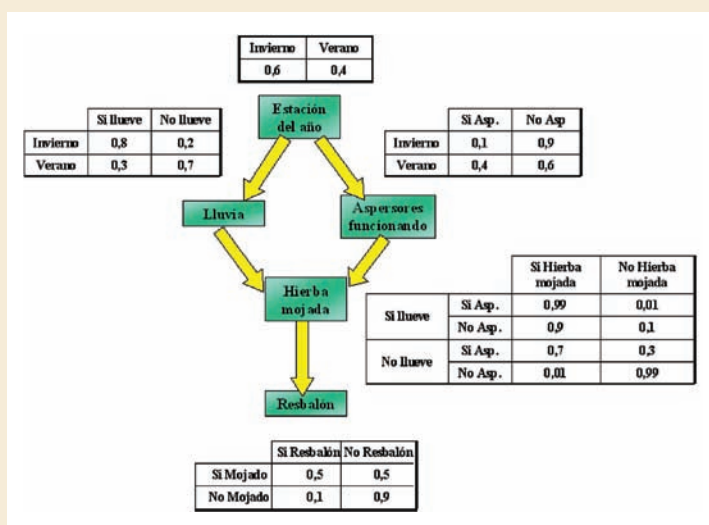
Las redes bayesianas constituyen una de las filosofías de inteligencia artificial más interesantes. Empleando este tipo de redes, es posible crear herramientas informáticas más avanzadas que los sistemas expertos convencionales o los tradicionales sistemas basados en reglas.

Las redes bayesianas son un modelo compacto de representación de conocimiento que permiten realizar razonamiento automático en situaciones de incertidumbre. Hacen uso de la probabilidad para el tratamiento de la incertidumbre, por este motivo son también conocidas como redes probabilísticas o redes de probabilidad causal.

Relacionan el conjunto de variables aleatorias que intervienen en un problema mediante un grafo dirigido formado por nodos, que representan cada una de las variables, y arcos, cada uno de los cuales indica explícitamente influencia causal entre las dos variables que unen.

La clave de este tipo de sistemas reside en un potente motor de actualización de probabilidades, basado en el teorema de Bayes, que hace de las redes bayesianas una herramienta extremadamente útil en la estimación de probabilidades ante nuevas evidencias.

Ejemplo elemental de una red probabilística bayesiana.



Para que el lector no experto en la materia pueda disponer de un concepto básico sobre este mecanismo, presentamos en la figura, con un ejemplo sencillo, lo que sería una elemental red bayesiana que pretendiese modelizar la probabilidad de sufrir un resbalón (incidente o defecto) al pasar sobre la hierba de un jardín dependiendo de la estación del año en que nos encontremos.

Se supone un año de dos estaciones solamente, invierno y verano en la proporción temporal indicada del 60% y 40%. Para ello se va incorporando el conocimiento, previo o aprendido, de las diferentes proporciones (probabilidades) de lluvia en invierno o verano (P_{LL-I} o P_{LL-V}), de que funcionen o no los aspersores de riego

en invierno o verano (P_{A-I} o P_{A-V}), del resultado o no de encontrarse la hierba mojada con los distintos condicionantes, lluvia sin aspersores o aspersores sin lluvia (P_{M-LL} o P_{M-A}). Y además, por supuesto, las de resbalar en hierba mojada (P_{R-M}). Con esa información, el sistema es capaz de inferir la ocurrencia del incidente no deseado (resbalón) en el caso de presentarse cada una de las situaciones causales de partida posibles (verano o invierno), es decir P_{R-V} o P_{R-I} .

La probabilidad de resbalar en verano (P_{R-V}) será:

$$P_{R-V} = [(P_{LL-V} \times P_{M-LL}) + (P_{A-V} \times P_{M-A})] \times P_{R-M} = [(0,3 \times 0,9) + (0,4 \times 0,7)] \times 0,5 = 0,275 = 27,5\%.$$

La probabilidad de resbalar en invierno (P_{R-I}) será:

$$P_{R-I} = [(P_{LL-I} \times P_{M-LL}) + (P_{A-I} \times P_{M-A})] \times P_{R-M} = [(0,8 \times 0,9) + (0,1 \times 0,7)] \times 0,5 = 0,395 = 39,5\%$$

En resumen, una red bayesiana es capaz de modelizar el comportamiento de una serie de variables en las que se descompone el problema, a partir de un conjunto de evidencias. Estas evidencias no son más que los valores que adoptan las variables implicadas en diferentes momentos y que permiten al sistema experto aprender el comportamiento asociado a las variables y construir la red bayesiana que mejor se adapta a dicho comportamiento. Una vez construida la red bayesiana, es posible realizar, con un motor informático potente, predicciones fiables sobre la aparición o no de la incidencia ante los valores de las variables causales que se van presentando.

TÁNTALO: Un metal estratégico



TANTALUM: A strategic metal

• Gregorio López-López
• Jesús López-López
• M^a Rosa García-Yagües

Catedrático de Química Inorgánica
Ingeniero Industrial
Ingeniero de Organización Industrial

Universidad de Murcia
ETS de Ingenieros Industriales, UNED, Madrid
ERION S.A

Recibido: 29/04/08 • Aceptado: 17/02/09

ABSTRACT

- In nature, the main source of tantalum is an isomorphous series of minerals containing oxides of tantalum, niobium, iron, and manganese, which are collectively known as columbite-tantalite (coltan). Upgraded Ta₂O₅-containing tin slags are also used as a secondary source of tantalum. Coltan, either naturally occurring or synthetically produced as concentrates from tin slags, are digested with hydrofluoric and sulphuric acid at an elevated temperature. The aqueous solution of Ta-Nb in hydrofluoric acid is extracted in several continuously operating mixer-settler systems or extraction columns with an organic solvent like methyl isobutyl ketone. The organic phase is then scrubbed with 6-15 N H₂SO₄ to separate the niobium from the tantalum by selective stripping. The tantalum salt is extracted from the organic phase with water or diluted aqueous ammonium fluoride solution. The demands of the solid tantalum capacitor industry for high quality, high surface area tantalum powders have driven improvements in the sodium reduction of K₂TaF₇. The much-improved chemistry reflects the many modifications to the process put in place after 1990 and the subsequent improvements in the electrical quality as measured by the performance of tantalum capacitors.
- Key words:** Extractive metallurgy, Solvent extraction, Tantalum, Tantalum capacitors.

RESUMEN

La principal fuente natural de tántalo es una serie isomorfa de minerales que contienen óxidos de tántalo, niobio, hierro y manganeso, conocidos con el nombre de *columbita-tantalita* (coltán). Otra fuente no primaria de tántalo la constituyen las escorias resultantes en la metalurgia del estaño, previo tratamiento para elevar su contenido en Ta₂O₅. El coltán, bien sea el mineral natural o el obtenido sintéticamente como concentrado de las escorias del estaño, se trata con ácido fluorhídrico y sulfúrico a temperatura elevada. La disolución acuosa resultante de Ta-Nb se somete a extracción en sistemas de operación continua o en columnas de extracción con un disolvente orgánico como la metilisobutilcetona. Se trata la fase orgánica con H₂SO₄ 6-15 N para separar niobio y tántalo selectivamente. A continuación se extrae la sal de tántalo de la fase

orgánica con agua o con una disolución acuosa diluida de fluoruro amónico. La creciente demanda industrial de condensadores sólidos de tántalo, que requieren de tántalo en polvo de alta calidad y elevada área superficial, ha conducido a sustanciales mejoras del método de reducción química de K₂TaF₇ con sodio. Estas mejoras químicas introducidas son consecuencia de las modificaciones del proceso que tuvieron que realizarse a partir de 1990 para mejorar la calidad eléctrica requerida por los condensadores de tántalo.

Palabras clave: Metalurgia extractiva, Extracción con disolventes, Tántalo, Condensadores de tántalo.

1.- INTRODUCCIÓN

Los metales pesados niobio (Nb) y tántalo (Ta) constituyen, junto con el más ligero vanadio, el Grupo 5 del Sistema Periódico

de elementos químicos. Como otras parejas de elementos pesados de transición, tienen tamaños atómicos semejantes (radios atómicos: Nb = 146 pm, Ta = 146 pm), lo que es una consecuencia de la denominada contracción de los *lantanoideos* y de efectos relativistas. La primera es motivada por el incompleto apantallamiento de los electrones $4f$ a lo largo de la serie de elementos *lantanoideos*, desde lantano a lutecio, que no compensa bien el aumento de la carga nuclear y, en consecuencia, se va produciendo una paulatina disminución del radio atómico, de tal forma que los elementos siguientes, hafnio y tántalo, tienen radios atómicos menores que los previsibles para el periodo en el que se encuentran. Estudios teóricos recientes indican que hay, además, un efecto superpuesto, derivado del aumento de la masa relativista de los electrones más exteriores ($6s$) del tántalo. Estos electrones se encuentran en estados cuánticos de simetría esférica muy alejados del núcleo y con una velocidad que se acerca a la velocidad de la luz, produciéndose un aumento de masa relativista. Dado que el momento angular está cuantizado, el momento lineal (cantidad de movimiento, mv) y el radio son inversamente proporcionales, debiéndose producir una disminución del radio orbital, es decir, una contracción del tamaño del átomo de tántalo (Housecroft y Sharpe, 2005).

La consecuencia práctica de los tamaños atómicos semejantes de niobio y tántalo es que sus comportamientos químicos son muy parecidos. Ambos se encuentran juntos en los mismos minerales y presentan grandes problemas de separación a la industria química. Precisamente los nombres asignados a los dos metales hacen referencia a este gran parecido químico: en la mitología griega, **Niobe** es la hija de **Tántalo** (Marañón, 2007). Sin embargo, dada la importancia tecnológica actual del tántalo como constituyente esencial de ciertos dispositivos electrónicos (especialmente condensadores de tántalo), la industria química ha tenido que poner a punto complejos métodos de separación de niobio y tántalo, así como de obtención de ambos metales. Puede decirse, sin lugar a dudas, que los modernos métodos de separación deben su eficacia a los problemas de separación de estos metales (y de otros parecidos, como circonio y hafnio o los elementos *lantanoideos*). En este artículo se ofrece una revisión de los aspectos tecnológicos relacionados con la extracción, separación y reducción del tántalo.

La consecuencia práctica de los tamaños atómicos semejantes de niobio y tántalo es que sus comportamientos químicos son muy parecidos

2.- MATERIA PRIMA: EL COLTÁN

Debido a las analogías químicas indicadas en el epígrafe anterior, niobio y tántalo se encuentran juntos en la naturaleza al estado de niobato-tantalato de hierro y manganeso, $(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$, en un mineral que recibe el nombre de *columbita-tantalita* (columbio es el primer nombre que se le asignó al niobio). Coltán es la forma abreviada de *columbita-tantalita* y es el nombre que se utiliza en el África Central, donde hay grandes reservas de este mineral. Otras fuentes de tántalo son las escorias resultantes de la fundición del estaño, que contienen cantidades considerables del elemento.

La minería de depósitos pegmatíticos, bien sea en canteras a cielo abierto (Australia) o en depósitos subterráneos (Canadá), se realiza por los métodos convencionales de voladura y trituración, y las menas suelen concentrarse principalmente por gravedad.

Las escorias resultantes de la metalurgia del estaño (Tailandia, Malasia y Brasil) pueden contener hasta un 15% de Ta_2O_5 , y se concentran pirometalúrgicamente. En una primera etapa, las escorias se mezclan con aditivos tales como Fe_2O_3 y CaO , y se llevan a un horno de arco eléctrico que se va alimentando con coque, consiguiéndose la reducción de los óxidos de tántalo, niobio, tungsteno y titanio. Se obtiene así una ferroaleación con alto contenido de carbono que se separa de la escoria por métodos convencionales. A continuación, se oxida la aleación mediante adiciones de Fe_2O_3 o por tostación. Finalmente, el producto oxidado se reduce en un horno de arco eléctrico, en condiciones muy estrictas, con lo que se forma una aleación de elementos, excepto niobio y tántalo, que forman una escoria concentrada de los óxidos Nb_2O_5 y Ta_2O_5 .

Desafortunadamente, la extracción de coltán está generando problemas y conflictos con gravísimas repercusiones sociales. Es una materia prima clave para sectores tecnológicos tan importantes como la microelectrónica, las telecomunicaciones o la industria aeroespacial. Grandes reservas mundiales de coltán se encuentran en África, sobre todo en la zona de la República Democrática del Congo (antigua República del Zaire) limítrofe con Ruanda y Uganda. En las últimas décadas, pero muy especialmente desde que se produjo el boom comercial de los teléfonos móviles, el tántalo extraído de Australia, Brasil o Tailandia había comenzado a escasear. Aunque los teléfonos móviles emplean cantidades ínfimas de tántalo (los fabricantes no ofrecen datos precisos), utilizan el 50 % de la extracción mundial.

El gran aumento de la demanda ha hecho establecer un mercado ilegal paralelo en el Congo. Los suministradores de componentes y las empresas intermediarias de la industria microeléctrica e informática tienen ante sí un dilema: pagar a precio de mercado y depender de los vaivenes en la cotización o comprar de contrabando. El coltán del Congo es extraído por procedimientos primitivos



Figura 1. Barro de coltán

similares a como se extraía el oro en la California de hace dos siglos. Miles de trabajadores (muchos niños entre ellos) excavan grandes agujeros para extraer el coltán del subsuelo. Se echa agua y el lodo formado se vierte en grandes tubos de lavado, logrando que el mineral se deposite en el fondo debido a su gran densidad (Fig. 1).

Los conflictos armados en esta zona del Congo están provocando una pérdida considerable de vidas humanas y graves deterioros de los ecosistemas y especies sensibles como los gorilas de montaña o los elefantes. La prestigiosa revista médica inglesa *The Lancet*, en su número de enero de 2006 indicaba que diez años de guerra civil en la República Democrática del Congo han costado entre 3,5 y 4,5 millones de muertos. Es decir, la mayor catástrofe humanitaria después de la Segunda Guerra Mundial.

descomposición de la mena por fusión caustica (*proceso Fansteel*). Estos métodos se consideran históricos y, actualmente, han sido reemplazados por otros menos costosos. Un método actual utiliza como punto de partida una ferroaleación de niobio y tantalio, que se mezcla con cloruro sódico y se añade a un fundido de NaCl-FeCl_3 . Cuando se pasa cloro a través del fundido se va formando NaFeCl_4 , que es el verdadero agente de cloración. Los pentacloruros de niobio y tantalio obtenidos se separan en una columna de destilación. Por este procedimiento se obtiene TaCl_5 a escala de toneladas y con un alto grado de pureza (Tripp et al., 1997).

Sin embargo, los métodos de separación preferidos en la actualidad hacen uso de la extracción con disolventes, técnica que fue desarrollada inicialmente en Estados Unidos (Higbie y Werning, 1956). En la Fig. 2 se da un esquema simplificado del proceso. El coltán natural, o el sintéticamente producido como concentrado procedente de las escorias de la metalurgia del estaño, se trata con ácidos fluorhídrico y sulfúrico a elevadas temperaturas. De esta forma se obtiene un residuo insoluble, que se elimina por filtración, y una disolución que contiene los fluorocomplejos H_2TaF_7 , H_2NbF_7 y H_2NbOF_5 , junto con otros elementos (por ejemplo, Fe, Ti y Mg). La disolución acuosa de Ta/Nb en ácido fluorhídrico se somete a un proceso de extracción continua con un disolvente orgánico, que suele ser la metilisobutilcetona (Me^iBuCO). De esta forma, los fluorocomplejos de tantalio y niobio se extraen en la fase orgánica y la mayoría de las impurezas quedan en la fase acuosa. A continuación, se trata la fase orgánica con ácido sulfúrico 6 – 15 N y se extrae con agua o sulfúrico diluido el fluorocomplejo de niobio y el ácido fluorhídrico libre, quedando en la fase orgánica disuelto el fluorotantalato. Todavía se puede recuperar más

La minería de depósitos pegmatíticos, bien sea en canteras a cielo abierto (Australia) o en depósitos subterráneos (Canadá), se realiza por los métodos convencionales de voladura y trituración, y las menas suelen concentrarse principalmente por gravedad.

3.- EXTRACCIÓN Y SEPARACIÓN DE NIOBIO Y TÁNTALO

La separación industrial de niobio y tantalio se consiguió aplicando métodos de cristalización fraccionada de los heptafluorometalatos de potasio (*proceso Marignac*) o por

fluorotantalato añadiendo pequeñas cantidades de Me^iBuCO a la fase acuosa. Finalmente, la sal de tantalio se extrae de la fase orgánica con agua o disolución acuosa diluida de fluoruro amónico. El rendimiento del proceso puede superar el 95% y puede conseguirse una sal de

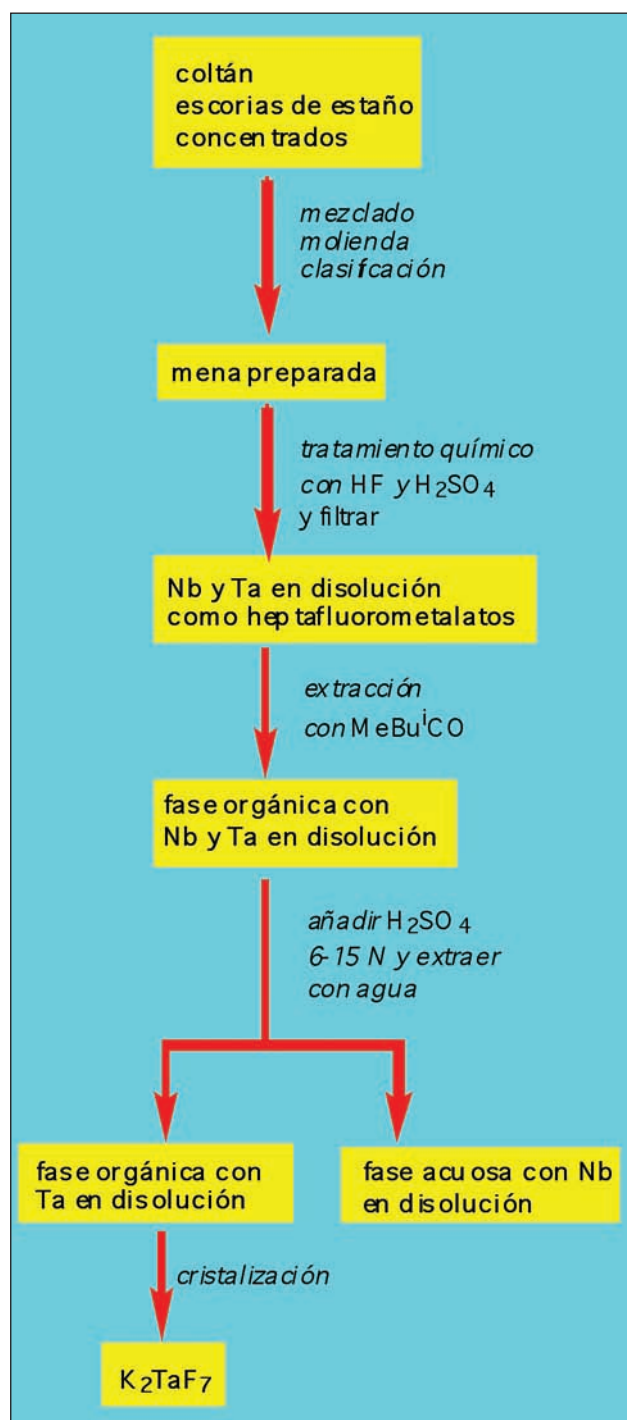


Figura 2. Extracción y separación de tantalio y niobio con metilisobutilcetona (MeIBuCO).

tántalo con una pureza del 99,9% mediante sofisticados métodos de optimización y control del proceso. Aunque en la literatura científica se han citado otros medios de extracción, en la industria solamente se han utilizado la ya citada metilisobutilcetona, el fosfato de tributilo (Bu_3PO_4) y el óxido de tri-n-octilfosfina $[(n\text{-C}_8\text{H}_{17})_3\text{PO}]$.

4.- OBTENCIÓN DE TÁNTALO METÁLICO

Los únicos métodos de preparación de tantalio metálico de importancia comercial son la reducción electroquímica del óxido de tantalio (Ta_2O_5) y la reducción química del K_2TaF_7 con sodio. Sin embargo, el tantalio producido por el primer método no tenía la calidad suficiente para su principal aplicación a partir de la década de los noventa,

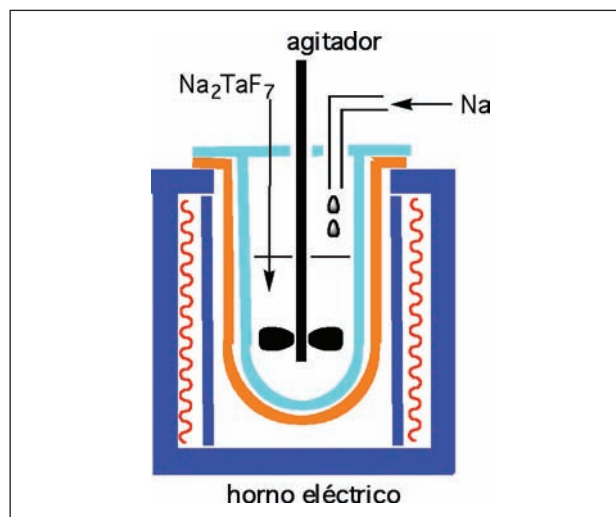


Figura 3. Esquema del horno eléctrico utilizado en la fabricación de tantalio metálico.

los condensadores de tantalio. Casi todo el tantalio producido en la actualidad se basa en la reducción de K_2TaF_7 con sodio metálico. A escala comercial, el método fue primero utilizado por **Siemens & Halske AG**, Berlín, a principios del siglo veinte. Desde entonces, y debido a la gran demanda de tantalio en polvo de alta calidad para los condensadores, el método se ha ido mejorando paulatinamente hasta la puesta a punto del reactor representado esquemáticamente en la Fig. 3.

El reactor suele tener 1 m de diámetro y está cubierto con una tapa provista con un agitador. El reactor con su carga (K_2TaF_7 junto con alguna sal diluyente, como puede ser KF) se introduce en un horno eléctrico y se calienta a una temperatura suficiente para conseguir la fusión de las sales (generalmente, por debajo de 1000°C), y, a continuación, se inyecta sodio metálico fundido en la retorta. Es imprescindible un fino control de las variables que afectan al proceso (temperatura de reducción, tipo y concentración de diluyente, velocidad de adición del sodio y eficiencia de la agitación), porque la calidad del producto final depende de ellas. Por ejemplo, una temperatura de reducción elevada favorece la calidad química del tantalio, pero disminuye el área superficial del polvo de tantalio. La masa de reacción se enfría y se extrae de la retorta, se tritura y se lixivia, primero con un ácido mineral diluido y después con agua, para separar el polvo de tantalio de otras sales. Tras someterlo a un proceso de secado y clasificación, este

Los condensadores de tántalo tienen una capacitancia volumétrica tan alta que son ideales para su utilización en sistemas electrónicos miniaturizados como los teléfonos móviles, las cámaras de video manuales o los ordenadores personales.

polvo metálico primario ya está listo para procesarlo y convertirlo en láminas, varillas, alambres o polvo de calidad para los condensadores.

5.- APLICACIONES DEL TÁNTALO

En la Tabla 1 se dan algunas propiedades físicas del tántalo metálico. Es un metal denso con una temperatura de fusión muy alta (de hecho, su primer uso comercial fue como filamento en las lámparas de incandescencia, aunque pronto fue reemplazado por el wolframio) y buen conductor de la electricidad. Pero sus principales aplicaciones derivan de su excelente resistencia a la corrosión química, debido a que se recubre de una capa adherente de óxido (Ta_2O_5) que actúa de protectora de la superficie metálica. Por debajo de 200 °C no es atacado por los ácidos minerales ni por el agua regia, y es también inerte a la mayoría de los compuestos orgánicos. Solamente el ácido fluorhídrico o disoluciones ácidas que contengan fluoruro pueden destruir la capa protectora del óxido con la consiguiente corrosión del metal. El nombre de tántalo hace referencia precisamente a esta inercia química a los líquidos corrosivos. Su descubridor, **A G Ekeberg**, escribió en 1802: “*This metal I call tantalum . . . partly in allusion to its incapacity, when immersed in acid, to absorb any and be saturated*” (Greenwood y Earnshaw, 1984).

Tabla 1. Propiedades físicas del tántalo metálico	
Punto de fusión / °C	2980
Punto de ebullición / °C	5534
Entalpía de fusión / kJ mol ⁻¹	24,7
Entalpía de vaporización / kJ mol ⁻¹	758,2
Entalpía de atomización / kJ mol ⁻¹	782
Densidad (a 20 °C) / g cm ⁻³	16,65
Resistividad eléctrica / ohmio cm	~12,4

Según la mitología griega, los dioses honraron a **Tántalo** más que a ningún otro mortal. Comía a su mesa en el Olimpo, y en una ocasión fueron a cenar a su palacio. Para probar su omnisciencia, **Tántalo** mató a su único hijo,

Pélope, lo coció en un caldero y lo sirvió en el banquete. Los dioses se dieron cuenta de la naturaleza del alimento y no lo probaron. Devolvieron la vida a **Pélope** y decidieron un castigo terrible para **Tántalo**. En lo que actualmente es un ejemplo proverbial de tentación sin satisfacción, su castigo consistió en estar en un lago con el agua a la altura de la barbilla, bajo un árbol de ramas bajas repletas de frutas. Cada vez que **Tántalo**, desesperado por el hambre o la sed, intenta tomar una fruta o sorber algo de agua, éstos se retiran inmediatamente de su alcance.

Por las razones expuestas, el tántalo se utiliza en la industria química para la fabricación de recipientes de reacción e intercambiadores de calor en ambientes corrosivos. Se utiliza, asimismo, con fines biomédicos: en suturas, tornillos para los huesos, alambres para cartílagos, mallas para la reconstrucción de la pared abdominal en operaciones de hernias, implantes dentales, etc. En estas aplicaciones, además de la inercia química del metal, juega un papel importante su biocompatibilidad.

En la década de los noventa se produce un aumento espectacular de la demanda de tántalo. Casi el 80 por ciento de la producción mundial está orientada a la manufactura de condensadores sólidos de tántalo para su utilización en dispositivos electrónicos.

6.- CONDENSADORES DE TÁNTALO

En la fabricación de los condensadores de tántalo, el polvo de tántalo se comprime en pastillas de unos cientos de miligramos, que, a continuación, se sinterizan a vacío a temperaturas por encima de 1300 °C hasta obtener un material compacto poroso. El paso siguiente consiste en la anodización de la pastilla haciéndola actuar de ánodo en una celda de electrólisis con una disolución acuosa diluida de ácido fosfórico como electrólito. Se forma así una película de óxido de tántalo anódico en la superficie del tántalo, cuyo espesor es proporcional al voltaje aplicado. Esta capa superficial de óxido es un excelente aislante eléctrico y actúa de dieléctrico en la configuración conductor-dieléctrico-conductor típica de un condensador. Un conductor es el tántalo y el otro es el dióxido de

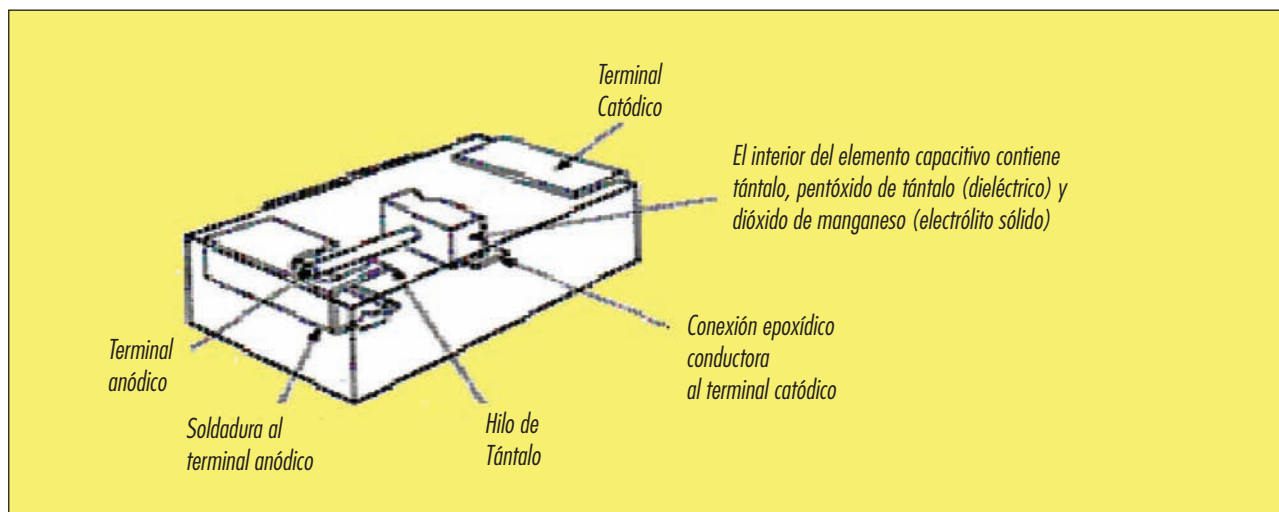


Figura 4. Representación esquemática de un condensador tipo chip de tantalio.

manganeso (MnO_2), un semiconductor que se deposita en la superficie anódica del óxido de tantalio por pirólisis de nitrato de manganeso. La terminal anódica se construye con hilo de tantalio. El conjunto se encapsula resultando una configuración miniaturizada como la representada en la Fig. 4 (u otra variante de ella apropiada al uso al que se destine).

Los condensadores de tantalio tienen una capacitancia volumétrica tan alta que son ideales para su utilización en sistemas electrónicos miniaturizados como los teléfonos móviles, las cámaras de video manuales o los ordenadores personales. Además, son muy estables a las variaciones de la temperatura, lo que explica su utilización en entornos tan severos como el compartimento de los motores de los automóviles. Su gran fiabilidad determina también que sean los condensadores preferidos en aplicaciones tan críticas como en componentes electrónicos de ingenios aeroespaciales, marcadores de pasos o equipos de seguridad.

7.- CONCLUSIÓN

La gran demanda industrial de condensadores de tantalio miniaturizados ha determinado el resurgimiento de la metalurgia extractiva del tantalio y la puesta punto de métodos de separación niobio-tantalio basados en la extracción con disolventes orgánicos como la butilisobutilcetona. La reducción a tantalio metálico al estado de polvo de la calidad exigida en los condensadores de tantalio se consigue mediante reducción de K_2TaF_7 con sodio metálico en un horno eléctrico, en unas condiciones específicas y con un control muy fino de las variables que afectan al proceso. Los condensadores de tantalio son muy estables a las variaciones de temperatura y presentan una gran fiabilidad incluso en ambientes severos.

De la materia prima, el coltán, hay grandes reservas en la República Democrática del Congo. Su extracción, que se realiza de forma primitiva, está provocando graves problemas en los ecosistemas de la región y una pérdida considerable de vidas humanas. La adopción de medidas que contribuyan a paliar, al menos en parte, los problemas citados es inexcusable. De lo contrario, estaríamos contribuyendo a que la mitológica maldición de Tántalo se haya trasladado del Olimpo al África Central.

8.- BIBLIOGRAFÍA

- Housecroft C E., Sharpe A G. *Inorganic Chemistry*. 2ª edición. Harlow (England): Pearson Education Ltd., 2005. p. 298. ISBN: 0130-39913-2.
- Marañón JM. "En el centenario de la muerte de un gran químico". *DYNA*. Febrero 2007. Vol. 82-2 p. 53-58.
- Tripp T B, Eckert J, Stark H C. "Tantalum and tantalum compounds" en Howe-Grant M (editor) *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 4ª edición. New York: John Wiley and Sons, 1997. Vol 23, p. 658-679. ISBN: 0471-52692-4.
- Higbie K B, Werning J R. "Separation of Tantalum-Columbium by Solvent Extraction". *U.S. Bureau of Mines*. Washington D.C. 1956. Bulletin No. 5239.
- Greenwood N N, Earnshaw A. *Chemistry of the Elements*. 1ª edición. Oxford (England): Pergamon Press, 1984. p. 1138. ISBN: 0-08-022057-6.

Encuesta sobre el estado del mantenimiento industrial en España

Inquiry on the status of industrial maintenance in Spain



• Aitor Goti-Elordi
• Miguel María Egaña-Erasti
• Alfredo Iturrutxa-Pérez de Albéniz

Dr. Ingeniero Industrial
Ingeniero en Organización Industrial
Ingeniero en Organización Industrial

Universidad de Mondragón
Universidad de Mondragón
Universidad de Mondragón

Recibido: 29/07/08 • Aceptado: 01/10/08

ABSTRACT

- Several authors insist on the fact that maintenance is a key activity in industry. In this context, plant maintenance decision making is extremely important because of its economic consequences. Thus, many authors try to establish direct links between maintenance decision making and money through improvement or optimization approaches. Nevertheless, the applications of such initiatives in industrial plants may be scarce. With this background conditions, the goal of this research is to analyze the status of industrial maintenance management. The study also focuses on the application level of models which are focused on translating maintenance terms into economic expressions. The paper analyses the current status of the subject in Spanish organizations through a questionnaire of 135 industrial plant respondents. Results indicate that a clear gap between theoretical works developed by researchers and practical tools used to manage maintenance exists. The presented research is also useful to pinpoint guiding principles for researchers in order to develop tools and techniques that are going to be useful for maintenance practitioners.
- **Key words:** maintenance, optimization, decision making, questionnaire, industry.

RESUMEN

Varios autores insisten en que el mantenimiento es una actividad clave en la industria. En este contexto, la toma de decisiones en el ámbito del mantenimiento es extremadamente importante debido a sus consecuencias económicas. Así, varios autores tratan de establecer vínculos entre la toma de decisiones de mantenimiento y sus consecuencias económicas, a partir de desarrollar iniciativas de mejora u optimización. Sin embargo, el grado de aplicación de dichas iniciativas en plantas industriales resulta relativamente limitado. A partir de estas condiciones de entorno, el objetivo de la presente investigación es analizar el estado del mantenimiento industrial. El estudio también se centra en el nivel de aplicación de modelos que se enfoquen en la traducción de términos de mantenimiento a términos económicos. El artículo analiza el estado de estos temas en España, a partir de una encuesta respondida por responsables de 135 plantas industriales. Los resultados constatan que aún hoy en día existe un claro distanciamiento entre los trabajos desarrollados por los investigadores y las herramientas aplicadas en la gestión de las actividades de mantenimiento. La investigación

destaca puntos clave para que los investigadores puedan desarrollar herramientas y técnicas útiles para los gestores del mantenimiento.

Palabras clave: mantenimiento, optimización, toma de decisiones, cuestionario, industria.

1. INTRODUCCIÓN

La producción industrial es el mayor contribuyente a la economía global, con casi tres cuartas partes del comercio mundial (Scheele 2002). Dentro del contexto de la producción, el mantenimiento ha ido adquiriendo una importancia cada vez mayor (Goti, Oyarbide-Zubillaga, y Sánchez 2007) hasta convertirse en un factor clave en el entorno de la competitividad (Rodríguez Darnés 2000). Así, varios estudios recopilados por Mjema (2002) muestran que los costes de mantenimiento representan entre un 3 y un 40% (con un valor medio del 28%).

Dentro de la gestión del mantenimiento, varios autores insisten en la importancia de establecer vínculos directos entre la toma de decisiones de mantenimiento y el dinero. Estos trabajos son presentados en la presente investigación como herramientas de

optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos. Dentro de este tipo de herramientas de optimización se establecen dos tipos de elementos diferenciados, los cuales son los modelos de referencia y los modelos matemáticos.

Dentro de los modelos de referencia se encuentran instrumentos tales como el *Life Cycle Cost* (Fabricky 1997) (Coste de Ciclo de Vida), el *método Boucly* (Souris 1992), el *método Brodier* (Souris 1992), el *Money Centered Maintenance* (Legát, Jurca, y Hladík 2004) (Mantenimiento Centrado en el Dinero) y el *Value Driven Maintenance* (Haarman 2005) (Mantenimiento Guiado por el Valor).

Considerando las investigaciones referentes al modelado matemático y la optimización del mantenimiento, las siguientes referencias (Dekker 1996; Dekker, Wilderman, y Van der Duyn Schouten 1997; Goti 2007) presentan cientos de artículos en los que se trata de establecer vínculos directos entre parámetros relacionados con el mantenimiento y variables económicas.

No obstante, a pesar de contar con todas estas herramientas técnicas, Dekker (1996) afirma que el mantenimiento ha sido descrito como la última frontera de la gestión científica, por la baja cantidad de casos de aplicación reales desarrollados en el ámbito.

Con estos antecedentes, el objetivo de la presente investigación es mostrar el estado del mantenimiento industrial en España. Adicionalmente, el estudio analiza el grado de aplicación de herramientas de apoyo a la decisión que traduzcan variables de mantenimiento a términos económicos. Para cumplir con tales objetivos se ha recopilado información a partir de una encuesta respondida por un número significativo de responsables de mantenimiento españoles. Este trabajo complementa los trabajos quinquenales presentados por la *Asociación Española de Mantenimiento*, AEM (2000; 2005), también basados en encuestas. Así, el apartado 2 detalla los pormenores del cuestionario elaborado, justificando el uso de este instrumento como herramienta de investigación. Posteriormente, el apartado 3 expone los resultados obtenidos. Finalmente, el apartado 4 expone las conclusiones extraídas del trabajo realizado; para ello hace referencia a otros estudios de interés, señalando la diferencia entre lo expuesto en el presente artículo y aquellos realizados con anterioridad.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los investigadores de todas las disciplinas se preocupan por dos conceptos: La teoría y las evidencias (Gillham 2001). El contexto teórico suele basarse habitualmente en referencias bibliográficas, mientras que las evidencias pueden ser recopiladas a partir de herramientas tales como el estudio de casos, los cuestionarios o las entrevistas.

En referencia a determinar cuándo utilizar estas herramientas, Yin (1989) recomienda utilizar el estudio de casos y las entrevistas para tratar de determinar cómo y por qué se hacen las cosas. Asimismo, el autor establece que el cuestionario resulta más adecuado para responder cuestiones tales como quién, qué, dónde o cuánto. Gillham (2001) se muestra de acuerdo con Yin, y añade que los cuestionarios se

orientan a obtener información representativa, pero superficial, mientras que las entrevistas y los estudios de casos son más apropiados para obtener detalles sobre causas o hechos.

Se ha creído adecuado utilizar un cuestionario dado que la presente investigación persigue mostrar el estado del mantenimiento industrial en España: Se ha optado por el cuestionario ya que se busca obtener información representativa respecto a un determinado ámbito geográfico. Así, un cuestionario fue diseñado a partir de las pautas de diseño ofrecidas por Gillham (2001) y Yin (1989). El cuestionario ha sido respondido por responsables de mantenimiento de 135 plantas industriales en el periodo comprendido entre **Enero de 2005 y Junio de 2008**.

3. RESULTADOS

Los siguientes apartados exponen los resultados obtenidos: Así, en el apartado 3.1 se muestra el perfil de la muestra estudiada. Posteriormente, el apartado 3.2 detalla el grado de conocimiento y aplicación de herramientas orientadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos. Finalmente, el apartado 3.3 ofrece información sobre cómo se realiza el seguimiento de los distintos tipos de mantenimiento y su grado de aplicación.

3.1. PERFIL DE LA MUESTRA

A continuación se describen ciertas características de la muestra utilizada. En primer lugar se muestra información general sobre el tamaño de la empresa, la proporción de mantenimiento propio respecto a subcontratado y los tipos de mantenimiento ejecutados en la planta (ver fig. 1). Tal y como se aprecia en la fig. 1, la muestra contempla empresas de muy distintos tamaños pero se centra principalmente en las medianas y grandes. Asimismo, se puede decir que las plantas

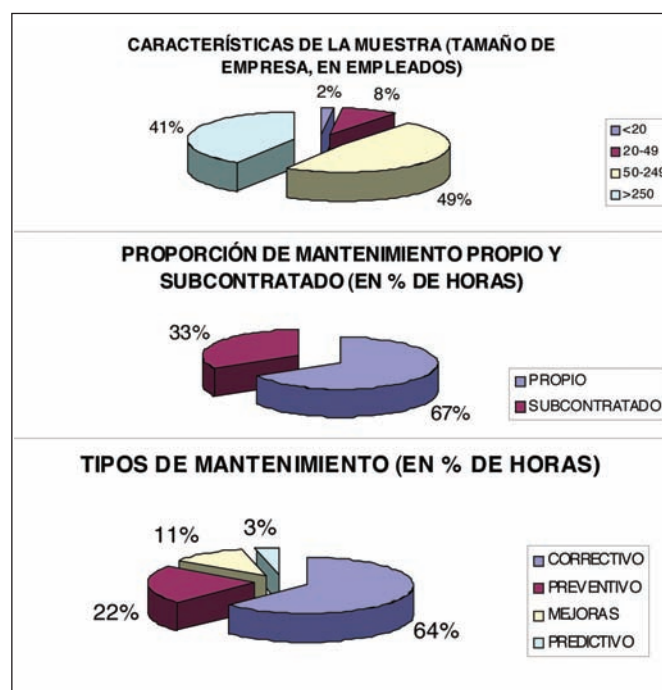


Fig. 1: Información sobre el perfil de la muestra

Existe una muy limitada aplicación de herramientas enfocadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos

estudiadas cuentan con un mantenimiento mayoritariamente propio y principalmente centrado en el correctivo.

En segundo lugar, la fig. 2 responde a la pregunta de cuántas empresas cuentan con un programa de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) para gestionar su mantenimiento, y cuántas realmente lo utilizan sistemáticamente para una gestión de sus actividades:



fig. 2: Número de empresas que cuentan con y utilizan un GMAO

Analizando la fig. 2, merece destacar que existe un 13% de empresas que cuentan con un GMAO pero no lo utilizan para la gestión sistemática de actividades de mantenimiento. Es posible realizar esta afirmación a partir de analizar los dos gráficos mostrados en la fig. 2: En concreto, se puede apreciar que del 55% que cuenta con un GMAO o similar solo el 42% lo utiliza para la gestión sistemática de actividades de mantenimiento.

3.2. CONOCIMIENTO Y APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ORIENTADAS A LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Las siguientes figs. plasman el grado de conocimiento y aplicación con el que cuentan las empresas respecto a herramientas orientadas a la optimización del mantenimiento. Así, la fig. 3 detalla el grado de sistematización de las decisiones tomadas respecto a criterios económicos:

En referencia a la fig. 3, no se podría afirmar que las decisiones de mantenimiento se tomen teniendo siempre en cuenta criterios económicos. Asimismo, no es posible concluir que exista un procedimiento riguroso (mínimamente escrito) para la toma de decisiones en el ámbito de mantenimiento.



Las figs. 4 y 5 preguntan directamente si los técnicos encuestados conocen alguna herramienta total o parcial (aplicable a un ámbito específico del mantenimiento y no al mantenimiento en general, por ejemplo, únicamente aplicable a los repuestos) orientada a la optimización del mantenimiento

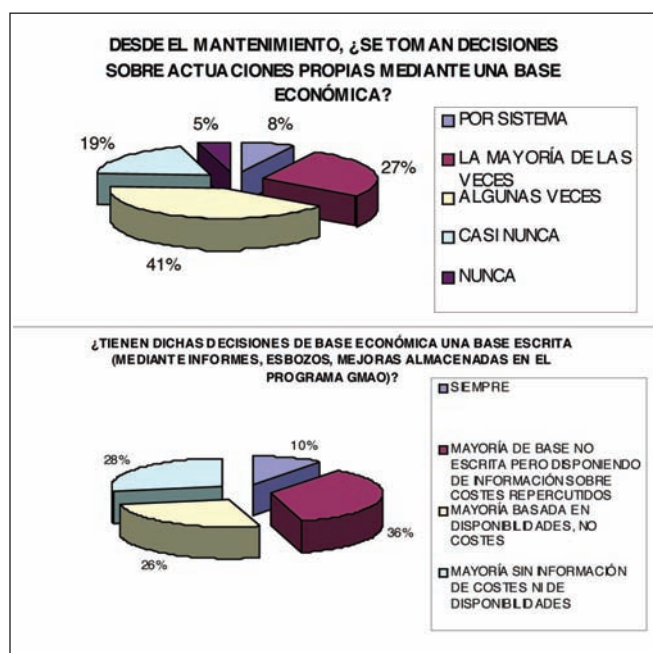


fig. 3: Grado de sistematización de las decisiones tomadas respecto a criterios económicos

respecto a criterios económicos. Como se comentaba en la introducción, estas herramientas comprenden tanto los modelos de referencia (Coste de Ciclo de Vida, etc.) como los modelos matemáticos presentados en el apartado 1.

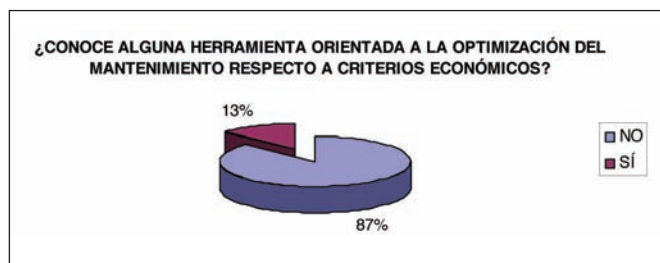


fig. 4: Grado de conocimiento de herramientas orientadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos

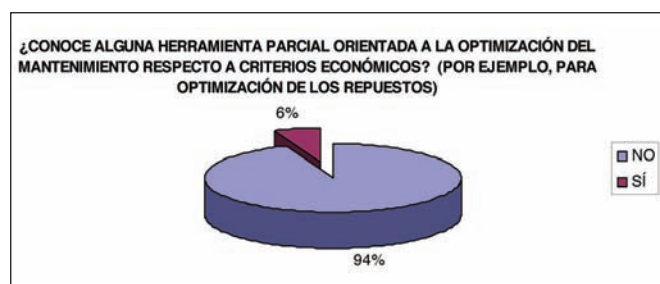


fig. 5: Grado de conocimiento de herramientas parciales (que sirven únicamente para ciertas actividades de mantenimiento) orientadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos

Como se aprecia en las figs. 4 y 5, para ambas cuestiones se denota una clara falta de conocimiento de este tipo de herramientas. Los técnicos que respondieron positivamente a alguna de las dos anteriores preguntas listaron las siguientes herramientas como orientadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos: Los programas GMAO, el modelado y la optimización matemática, la traducción de la *Overall Equipment Effectiveness* (Efectividad Global de los Equipos) a términos económicos (*Money Based Overall Equipment Effectiveness* (Juric, Sánchez, y Goti 2006)) y los análisis de costes y beneficio.

Finalmente, y como se puede apreciar en la fig. 6, los técnicos fueron tanteados sobre la posibilidad de implantar una herramienta enfocada a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos, a lo que una gran mayoría respondió afirmativamente.

Este artículo ha servido para sacar a relucir que existe una muy limitada aplicación de herramientas enfocadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos.

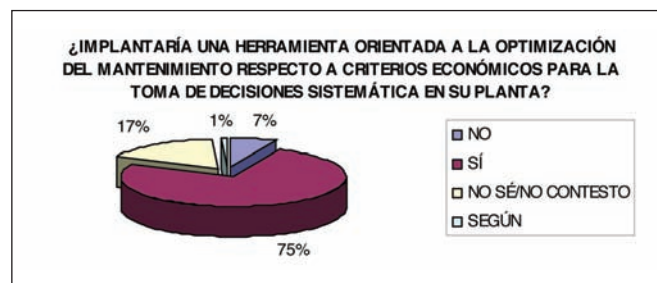


fig. 6: Interés en la implantación de una herramienta orientada a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos

3.3. REGISTRO DE LAS ACTUACIONES Y ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Una vez analizado el grado de conocimiento de herramientas de optimización del mantenimiento, se ha considerado necesario analizar cuál rigurosamente se gestionan las actividades rutinarias de correctivo, preventivo y mejoras (siendo estas mejoras modificaciones orientadas a lograr que los equipos sean más fiables).

Así, la fig. 7 trata de describir cómo se gestionan las incidencias de mantenimiento correctivo. En concreto, la figura detalla cuántas empresas de entre las encuestadas registran las incidencias de mantenimiento correctivo, con sus síntomas, causas o soluciones. Asimismo, la fig. 7 muestra cuántas utilizan el histórico desarrollado para el diagnóstico de incidencias.

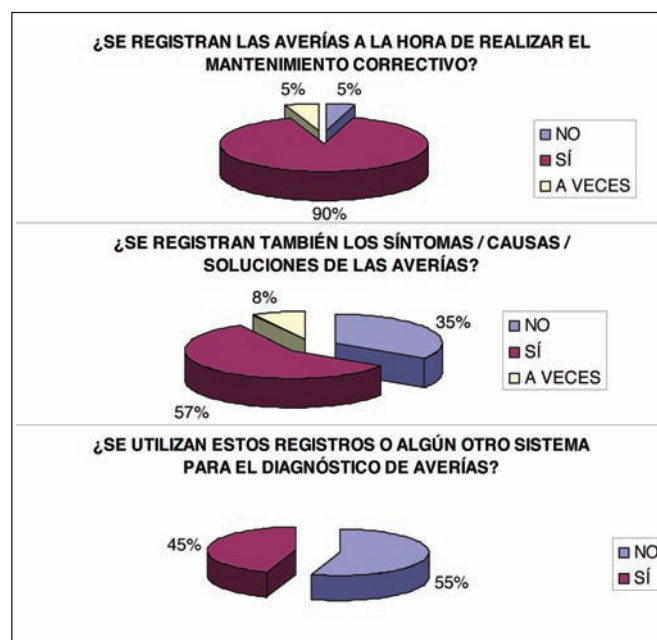


fig. 7: Gestión del mantenimiento correctivo

Los datos obtenidos muestran que aunque el 90% de las plantas registren sistemáticamente sus incidencias, solo la mitad de éstas utilizan registros para el diagnóstico de averías. Asimismo, de la fig. 7 es posible deducir que casi la mitad de las compañías que registran sus incidencias de mantenimiento no almacenan información técnica que podrían necesitar en un

Los datos obtenidos muestran que aunque el 90% de las plantas registren sistemáticamente sus incidencias, solo la mitad de éstas utilizan registros para el diagnóstico de averías.

futuro (síntomas, causas, soluciones o iniciativas para el diagnóstico de averías).

Una vez presentados los datos referentes al mantenimiento correctivo, la fig. 8 presenta la información respectiva al mantenimiento preventivo y las mejoras. En concreto, en esta parte de la encuesta se ha querido analizar si se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, si éste es actualizado periódicamente y si se fomenta la tracción de los proveedores de cara a mejorar la fiabilidad de medios.

Como se puede apreciar en la fig. 8, la mayoría de los responsables encuestados cuentan con un plan de mantenimiento preventivo en sus plantas. Sin embargo, del 62% que respondió que cuenta con un plan de mantenimiento, solo un 42% cuenta con un plan actualizado (ajustado a las necesidades cambiantes de los medios). Finalmente, la fig. 8 muestra que en la gran mayoría de las ocasiones no existe un intercambio de información cliente-proveedor, orientada a que el proveedor pueda diseñar productos más fiables.

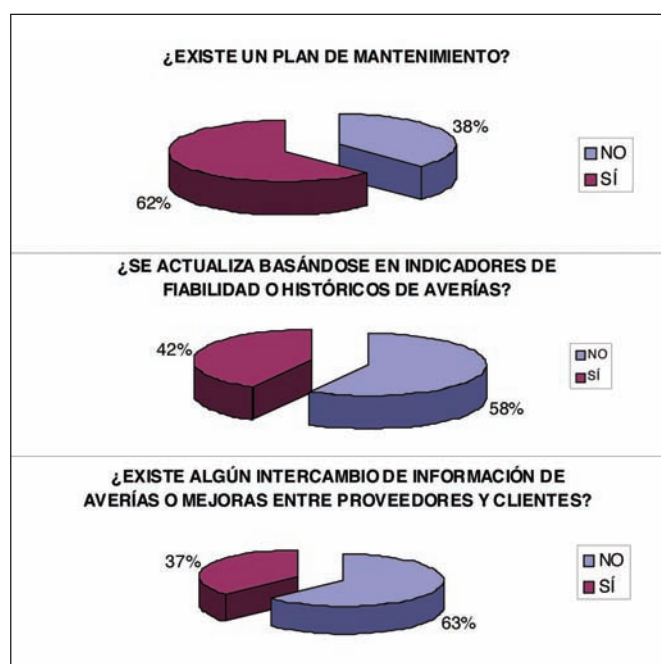


fig. 8: Gestión del mantenimiento preventivo y mejoras

4. DISCUSIÓN

La presente investigación viene a complementar los trabajos quinquenales presentados por la AEM (*Asociación*



Española de Mantenimiento 2005; Jiménez, Valencia, y Nicolás 2000): Estas referencias y la expuesta en la presente investigación se basan en encuestas para mostrar la situación del mantenimiento. En comparación con los anteriores trabajos, el presente artículo profundiza en el grado de aplicación de herramientas orientadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos.

Este artículo ha servido para sacar a relucir que existe una muy limitada aplicación de herramientas enfocadas a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos. El trabajo confirma lo afirmado por Dekker (1996) hace más de una década, quien justificaba la baja cantidad de este tipo de aplicaciones por tres motivos:

- a) La falta de herramientas de aplicación adecuadas a la realidad de la planta,
- b) Falta de datos en las empresas, y
- c) La lejanía entre la teoría y la práctica, justificada por:
 - i. La complejidad de los modelos desarrollados,
 - ii. Varios modelos han sido creados como fin y no como medio para ser aplicados por técnicos de empresas,
 - iii. No todas las decisiones de mantenimiento pueden ser sometidas a un proceso de optimización, y
 - iv. Los modelos a veces se concentran en tipos de mantenimiento equivocados.

Adicionalmente a los motivos expuestos por Dekker, el presente artículo también sirve para identificar que la mayoría de las empresas industriales no cuenta con procedimientos de captura y análisis de datos. Merece destacar que sin estos procedimientos resulta casi imposible implantar una

El artículo abre una serie de líneas futuras en dos direcciones diferenciadas.



herramienta orientada a la optimización del mantenimiento respecto a criterios económicos.

Finalmente cabe remarcar que la gran mayoría de las empresas encuestadas han mostrado un gran interés en el desarrollo y la aplicación de herramientas de optimización respecto a criterios económicos.

Así, el artículo abre una serie de líneas futuras en dos direcciones diferenciadas: En primer lugar es necesario establecer las bases de un sistema de gestión de mantenimiento que sirva para recopilar, analizar y estudiar las actividades realizadas. Esta base deberá servir para que la gestión realizada sirva como apoyo a la toma de decisiones. En segundo lugar, y una vez de que la propia gestión de mantenimiento cuente con unas bases sólidas, será imprescindible que los investigadores desarrollen iniciativas enfocadas a su optimización, pero teniendo siempre en mente el usuario final de las mismas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MANTENIMIENTO. *El mantenimiento en España*. 1 edn. Barcelona: Asociación Española de Mantenimiento, 2000. (sin ISBN).
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MANTENIMIENTO. *El mantenimiento en España*. 1 edn. Barcelona: Asociación Española de Mantenimiento, 2005. (sin ISBN).
- Dekker Rommert. "Applications of maintenance optimization models: a review and analysis". *Reliability Engineering and Systems Safety*. 1996, vol. 51, Nº special issue on maintenance and reliability, p. 229-240.
- Dekker Rommert, Wilderman Ralph E, Van Der Duyn Schouten Frank A. "A review of multi-component maintenance models with economic dependence". *Mathematical Methods of Operational Research*. 1997, vol. 45, Nº 3, p. 411-435.
- Fabricky Wolter J. *Análisis del coste del ciclo de vida de los sistemas*. Madrid: Isdefe, 1997. 84-89338-15-9.
- Gillham Bill. *Case study research methods*. 2 edn. New York: Continuum, 2001. 0-8264-4796-1.
- Goti Aitor. *Optimización Del Mantenimiento Preventivo En Sistemas Productivos Mediante Algoritmos Genéticos*. Directores: Sánchez Ana, Oyarbide-Zubillaga Aitor. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica De Valencia, Valencia, 2007.
- Goti Aitor, Oyarbide-Zubillaga Aitor, Sánchez Ana. "Optimizing preventive maintenance by combining discrete event simulation and genetic algorithms". *Hydrocarbon Processing*. 2007, vol. 86, Nº 10, p. 115-122.
- Haarman Mark. "Value Driven Maintenance". *Ingeniería y Gestión de MANTENIMIENTO*. Madrid: Ed. Alción: 2005, Nº Julio/Agosto, p. 28-31.
- Juric Zoran, Sánchez Ana, Goti Aitor. "Money Based Overall Equipment Effectiveness: Inefficiencies translation into economic terms in a lean environment. "Special Report on Maintenance and Reliability""". *Hydrocarbon Processing*. 2006, vol. 85, Nº 5, p. 43-46.
- Legát Václav, Jurca Vladimír, Hladík Tomáš. "Money Centered Maintenance". *17th European Maintenance Congress: Euromaintenance 2004*. Barcelona, AEM, 2004. p. 239-250 (sin ISBN).
- Mjema Eam. "An analysis of personnel capacity requirement in the maintenance department by using a simulation method". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2002, vol. 8, Nº 3, p. 253-273.
- Rodríguez-Darnés Pedro. "Participación de mantenimiento en la competitividad industrial". *DYNA Ingeniería e Industria*. Febrero 2000, p.10-13.
- Scheele Nick. *The importance of UK manufacturing. We can make it better; manufacturing 2020 consultations recommendations report*. UK: Foresight, 2002.
- Souris Jean-Paul. *El Mantenimiento. Fuente de Beneficios*. Madrid: Ed.Díaz de Santos, 1992. 84-7978-021-5.
- Yin Robert K. *Case study research: Design and methods*. London: SAGE Publications, 1989. 0-8039-5662.

¿Es importante la información ambiental de los productos para el consumidor de la base de la pirámide?



Is environmental products information important to consumers of the base of the pyramid?

ABSTRACT

- Knowledge of the market and of its stakeholders makes commercial initiatives more certain. The relationship developed between users and their products is based on familiarity and values that are transmitted by means of those products.
- The goal of this paper is to analyse the relationship between environmental labelling systems and consumers of the Base of the Pyramid. These markets are characterized by a low amount of resources. Products should improve their standard of living, although it is crucial that environmental goals be compatible with efficiency and effectiveness requirements of these low income consumers.
- Conclusions point out the importance of producers and retailers in educating the consumer. The consumer needs to obtain the information in terms that are well-known, simple and verifiable, as well as compatible and synergic with their needs.
- **Key words:** Base of the Pyramid, Environmental Label.

• Bélgica Pacheco-Blanco
• Daniel Collado-Ruiz
• María José Bastante-Ceca
• Salvador Capuz-Rizo

Licenciada en Diseño Industrial
Dr. en Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño
Dra. Ingeniera Agrónoma
Dr. Ingeniero Industrial

Grupo ID&EA del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia.

Recibido: 09/06/08 • Aceptado: 17/02/09

RESUMEN

El conocimiento del mercado y los agentes implicados en el mismo permite actuar con mayores garantías de éxito en las diferentes iniciativas comerciales. La relación entre un producto y sus usuarios depende del grado de familiaridad y los valores que sean transmitidos.

El objetivo de este artículo es analizar la vinculación entre los sistemas de información ambiental de productos de consumo habitual y el consumidor de Base de la Pirámide, en el marco de compra sostenible. La importancia de comunicar los beneficios ambientales (a través de ecoetiquetas y campañas de comunicación), debe ser compatible con los intereses de eficacia y eficiencia del consumidor de bajos ingresos.

Las conclusiones destacan la importancia de los productores y/o comercializadores en la educación del consumidor. El consumidor necesita obtener información en términos conocidos, simples y verificables, que además sea compatible y sinérgica con sus necesidades.

Palabras Clave: Base de la Pirámide, Etiquetado Ambiental.

1. INTRODUCCIÓN

Con el fin de establecer un lenguaje común, se definen los principales conceptos sobre los cuales se desarrolla este artículo. En primer lugar, las etiquetas ambientales son símbolos, marcas o textos ubicados en el producto o su envase que proporcionan información, de manera específica o

general. Los compradores actuales o potenciales pueden escoger los productos que deseen a partir de la información proporcionada. El proveedor de la etiqueta espera que la información influya sobre la elección de la compra. Si la etiqueta o declaración ejerce tal efecto, el productor tenderá a mejorar los aspectos ambientales del producto (ISO 14020:2001).

La valoración contingente (*Contingent Value Method*, *CVM*) es un método de evaluación que busca determinar en qué grado es aceptado un nuevo producto o sus variantes, y cuánto se está dispuesto a pagar (o cuánto más). La forma de valorarlo es preguntar de qué forma se obtiene el precio que los individuos declaran estar dispuestos a pagar por el bien (*Willingness to Pay*, *WTP*).

Este método es ampliamente usado en los análisis de coste-beneficio y para estudiar el impacto económico, ambiental (Venkatachalam, 2004) y la disposición a pagar por un productos o servicios, que destacan del resto por un comportamiento determinado (Torero et al., 2003; Loureiro & Hine, 2004). Dicho de otro modo, los productos y servicios entran en un diálogo con los consumidores iniciado con la aceptación del producto (Disposición a aceptar), seguido por la compra de éste (Disposición a pagar).

Las actividades empresariales que ayudan a aliviar la pobreza de un modo económicamente factible, han sido acuñadas como actividades de la Base de la Pirámide (Kandachar & Halme, 2006). Estas actividades deben ser sostenibles también desde un punto de vista medioambiental y de cara a los consumidores.

2. SISTEMAS DE ETIQUETADO MEDIOAMBIENTAL

La información de un producto está reflejada en los elementos impresos, en etiquetas y en el contexto de compra-venta del producto. Por ejemplo, en el sector de la alimentación de la Unión Europea, las etiquetas deben informar obligatoriamente sobre cantidades y composiciones, siguiendo la normativa 90/496/CEE (CEE, 1990). En estos productos, la disposición a aceptar será alta y la disposición a pagar dependerá de las posibilidades. A través de un estudio de CVM y WtP en Portland (Oregón-USA), se observó que las mujeres con hijos están dispuestas a pagar más por una alimentación sana. Ellas pagarían hasta 5 centavos de dólar más (sobre 9) por saber que las manzanas que comen no usan pesticidas y cumplen con las garantías que ofrece una etiqueta ecológica (Loureiro et al., 2002).

Para transmitir valores ambientales a la población debe existir una retroalimentación sobre la eficiencia de la información que rodea al producto. Se debe separar tanto las intenciones de comunicación del productor, como los resultados de la percepción del consumidor. Con este fin, se

dispone de diversas herramientas y metodologías que ayudan a analizar las consideraciones e intereses de los consumidores y el empleo real de la información del producto relacionada con el entorno de compra. Según Leire & Thidell (2005), los estudios de campo pueden generar sugerencias sobre cómo debería ser entregada la información o cómo debería ser explicada para generar un mayor consumo.

Asimismo, la intervención del gobierno en el diseño y regulación de los sistemas de etiquetado o de información tiene por objetivo mejorar la salud y la seguridad, disminuir los peligros ambientales, advertir sobre discusiones comerciales internacionales y/o apoyar la agricultura doméstica y la industria de alimentos manufacturados (Golan et al, 2002). El conocimiento del comportamiento de compra y el redireccionamiento de la oferta encaminada a un consumo sostenible debe estar apoyado por el gobierno. Este debe ser el responsable de equilibrar las necesidades de la población y los intereses empresariales.



Figura 1. Etiquetas concedidas previo cumplimiento de criterios ecológicos y/o sociales.

3. DISPOSICIÓN A ACEPTAR, DISPOSICIÓN A PAGAR Y EL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO

La disposición a aceptar y la disposición a pagar definen el comportamiento de los consumidores, y estos van a estar ligados a rasgos culturales (Gold & Rubik, 2008). También depende en gran medida de la pertenencia de los consumidores a una economía de consumo (que han satisfecho sus necesidades básicas), o una economía de supervivencia (jerarquiza la satisfacción de las necesidades básicas).

Algunos estudios han demostrado la dificultad de los consumidores de pagar más por un producto con ventajas de cualquier aspecto (Loureiro et al., 2002; Vidal et al, 2002). Entonces, si es difícil que el usuario esté dispuesto

En una economía de supervivencia, los consumidores van a satisfacer sus necesidades tendiendo a un precio mínimo del producto ofertado

Influir en la elección del consumidor requiere dedicar cierta atención y tiempo para conocer sus preferencias

a pagar más en términos generales, también lo estará en términos ambientales (especialmente en un mercado que no ha sido sensibilizado mediante campañas previas o instrumentos que permitan una compra respetuosa con el ambiente). Si el consumidor no conoce y no ha tenido información, difícilmente la buscará en el producto y por tanto no llegará a adquirirlo. Si una campaña publicitaria lleva a desear un producto y da la posibilidad de obtenerlo, la adquisición se materializará, sobre todo si este producto es usado por sus líderes o aumenta la sensación de estatus. Lo mismo ocurrirá si la relación calidad-precio está respaldada por el gobierno o una agencia reconocida, es decir, se crea una influencia de compra.

En una economía de supervivencia, los consumidores van a satisfacer sus necesidades tendiendo a un precio mínimo del producto ofertado. Un cambio del comportamiento habitual ha de darse por influencia de campañas o por consejo de amigos o familiares, como también ocurre en otros segmentos. Cada producto presenta una información a la que añade una serie de datos a los existentes en el mercado (Krozer, 2004). Por lo tanto, los estudios de mercado deben evaluar la comprensión que la Base de la Pirámide tiene sobre el producto, en términos ambientales.

Analizar la disposición a aceptar de los sistemas de etiquetado en un universo geográficamente delimitado de la Base de la Pirámide debiera ayudar a diseñar una correcta entrega de información, incluidos los aspectos ambientales, de modo tal que el consumidor pueda comprenderla en términos sencillos (Bleda & Valente, 2008) y se vea motivado a cambiar su conducta de compra.

4. BASE DE LA PIRÁMIDE Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Este concepto surge en el año 2002 cuando comienza a darse importancia a las iniciativas emprendedoras de la Base de la Pirámide (Prahalad & Hart, 2002). Corresponde a la denominación del grupo económico y social de 4 billones de personas que viven en países en desarrollo y que tienen ingresos anuales per cápita por debajo de US\$ 1,500 al año (Gardetti, 2006). Se puede hacer referencia a empresas de Base de la Pirámide o a consumidores de Base de la Pirámide.

La relación con la Información Ambiental del Producto está en la capacidad que esta debe tener para transmitir la

importancia de los impactos ambientales. En la Base de la Pirámide es necesario transmitir valores ambientales, tal y como se transmiten al resto de la sociedad, para garantizar un consumo respetuoso con el ambiente. En todos los casos, para que la información sea entregada correctamente se debe analizar los intereses del mercado, su capacidad de compra, y cómo comunicar los beneficios del producto.

El mercado de Base de la Pirámide cobra importancia dentro del contexto ambiental porque abarca una gran cantidad de población de consumo de productos unitarios (Prahalad, 2005), lo que equivale a una importante cantidad de impacto ambiental total asociado al ciclo de vida de sus productos. En el caso de la alimentación destaca la generación de residuos producido por los envases.

Si se centra la atención sobre los productos alimenticios, este segmento de la población tiende a la elección de formatos unitarios, ya que sus mecanismos de solvencia económica no son siempre estables. Este tipo de formatos puede generar un aumento de ventas y ganancias, pero también de residuos, siendo significativo tanto en la gestión de residuos como en la sostenibilidad en sí.

Por otra parte, debe mencionarse que los diferentes programas de superación de la pobreza comienzan desde un acceso equitativo a la educación, mejora de las condiciones de salud y creación de la capacidad emprendedora (IADB, 2006). Estos programas tienen como fin guiar e informar a la población sobre la influencia positiva y negativa de sus decisiones. Un primer paso es incluir en estas decisiones el compromiso con el ambiente, fomentando el cuidado y uso racional de los recursos existentes. No obstante, influir en la elección del consumidor requiere dedicar cierta atención y tiempo para conocer sus preferencias. Este hecho se da en todas las clases sociales (todos los consumidores elegirán productos en función de sus necesidades y capacidades).

En la Base de la Pirámide, el rol de la mujer cobra vital importancia porque es ella quien toma las decisiones de compra en el hogar. Hay ejemplos que demuestran (Prahalad, 2005) que las mujeres se comprometen y responden a quienes confían en sus capacidades. Al ser las mujeres quienes escogen mayoritariamente los productos alimenticios de un hogar de escasos recursos, a ellas se deben dirigir las campañas de información y la importancia del buen uso de recursos limitados, que implica un equilibrio de su economía y los impactos que generan. La información que se utilice para influir en la elección de

Se dice que el ecoetiquetado debiera limitar cualquier riesgo e incertidumbre, lo cual no se da en la actualidad porque los consumidores carecen de herramientas para verificar la información que incluye un producto

compra debe estar expresada en términos que le sean familiares, junto con formatos fácilmente interpretables (Bleda & Valente, 2008).

5. NECESIDADES DE LA BASE DE LA PIRÁMIDE

Los consumidores de la Base de la Pirámide necesitan mecanismos que les permita salir del círculo vicioso de consumo en el que se encuentran. Se les debe dar la oportunidad de comprometerse. El ejemplo de “Casas Bahía” (Prahalad, 2005) demuestra que los clientes de la Base de la Pirámide requieren del mismo tipo de productos que los clientes de segmentos económicos más altos, como televisores o equipos de sonido. Lo que no pueden hacer es pagar de una sola vez estos productos. Debe adaptarse la empresa proveedora a las capacidades de pago del cliente, como estrategia de negocio. Ejemplo de esto es la promoción de ampliación de vivienda, experiencia basada en la capacidad de ahorro de grupos de 3 mujeres. Al demostrar que son capaces de ahorrar una determinada cantidad durante 6 semanas, obtienen el material de construcción de un ahorro equivalente a 10 semanas. Esta idea presta especial atención a la importancia del cliente y de la realización de sus anhelos, prestando atención a una mejora de sus pautas de consumo.

En este sentido, el vendedor es un factor clave en la decisión de compra. Son ellos quienes definen en qué términos se entrega el producto, siendo los responsables de su comprensión. Son los vendedores quienes pueden ayudar a los compradores a comprender el impacto de su elección (Rex, 2005). Los consumidores suelen confiar más en los criterios que plantea el vendedor que en la información del producto. De acuerdo a esta situación, si un cliente solicita orientación sobre un determinado producto, el vendedor debe explicar las ventajas en términos de funcionalidad, innovación, diseño, costes y aspectos ambientales, y no limitar su venta a un solo aspecto.

Otro asunto a considerar es el valor que los consumidores dan a los compromisos que los productores o vendedores tengan con la sociedad, el medio ambiente o cualquier compromiso de interés social. Este tipo de empresas suelen ser mejor percibidas, frente a quienes no

lo hacen (Becker & Cudmore, 2006). Distintas instituciones han dedicado esfuerzos a comunicar los atributos ambientales de sus productos mediante etiquetas, anuncios de televisión, informes corporativos de medio ambiente, radio, prensa, etc. Estas herramientas y estrategias de las instituciones han traído consecuencias positivas y negativas en el consumo (Nilsson et al., 2004).

La necesidad de abordar la información como aspecto importante en las decisiones de los consumidores (OECD, 2006) lleva a considerar la Base de la Pirámide en los estudios de mercado, para entender cómo fortalecer la oferta dirigida a este segmento, más allá de la aplicación de las estrategias de marketing convencionales.

6. LOS SISTEMAS DE ETIQUETADO Y SU RELACIÓN CON EL CONSUMIDOR

Mientras que calidad y el precio son fáciles de comparar por los consumidores, no ocurre lo mismo con la información ambiental. Las etiquetas son las herramientas más influyentes en la decisión de compra, ya que el consumidor puede observar las características del producto (si son orgánicos, si están libres de algunos aditivos en particular, etc.). No obstante, ha aumentado la complejidad de estas, contribuyendo a un desánimo generalizado y una falta de confianza en su contenido (OECD, 2006). Las etiquetas ambientales deben ayudar al consumidor a integrar este aspecto, simplificando el mensaje de los problemas, ya que en ocasiones estos se tornan incomprensibles a escala individual (Williams, 2004; Leire & Thidell, 2005; Bleda & Valente, 2008).

El ecoetiquetado también permite a los productores promocionar productos y procesos que respeten el medio ambiente, haciendo visible este hecho al consumidor final (Williams, 2004). La presencia de etiquetados en un producto lo hace más competitivo frente al consumidor, al ser comparado con otros productos de su misma categoría. Asimismo, los pasos previos para obtener una ecoetiqueta representan para la empresa una guía sobre aspectos ambientales que debe mejorar, y que repercutirá (a través del producto y su envase) sobre el comportamiento del consumidor.

El ecoetiquetado también permite a los productores promocionar productos y procesos que respeten el medio ambiente, haciendo visible este hecho al consumidor final

El precio, la calidad y la imagen son prioritarios durante la toma de decisiones de compra del consumidor (Williams, 2004). En este sentido, hay una oportunidad para el ecoetiquetado en términos de “protección al medio ambiente” que debe ser reforzada en la mente del consumidor y que aún no ha sido comercializado correctamente. Este objetivo no se dirige sólo al consumidor preocupado por su salud, o por la alimentación alternativa, o al de altos ingresos que paga por “el lujo de la protección ambiental”, sino al mercado por completo.

Se dice que el ecoetiquetado debiera limitar cualquier riesgo e incertidumbre, lo cual no se da en la actualidad porque los consumidores carecen de herramientas para verificar la información que incluye un producto. La ecoetiqueta tipo II (ISO 14021: 1999) por ejemplo, es una “autodeclaración” que se basa en la credibilidad que el productor transmita a sus clientes, más que en la fiabilidad que sea capaz de transmitir. Uno de los grandes problemas está en encontrar un compromiso entre la factibilidad económica y el rigor científico, que es indispensable para la credibilidad y la veracidad de las etiquetas (Lavallée & Plouffe, 2004).

mayor medida su elección de compra.

La comunicación que se sugiere en este análisis debe ser expresada en términos conocidos para el consumidor, y por lo tanto no requiere de ecoetiquetados en términos técnicos ni complejos sino más bien comparaciones simples (Bleda, Valente, 2008).

7. CONCLUSIONES

Este artículo se acerca a la reacción del consumidor de Base de la Pirámide, como consumidor de formatos unitarios y, por consiguiente, gran generador de residuos de envases. En él se deben centrar futuros estudios que apunten a sistemas de información diseñados en términos fáciles de comprender y fácilmente incorporables en las rutinas de compra. Para ello se requiere la simplificación de la información ambiental en términos comprensibles, pero no al extremo de decir “bueno o malo”. En este aspecto, destaca el papel de los vendedores como consejeros o líderes de opinión en un mercado de venta al detalle. A través de su experiencia se debe recoger indicadores capaces de predecir en alto grado el éxito de

un sistema de etiquetado en determinado mercado. Asimismo, se debe introducir herramientas capaces de evaluar el comportamiento de los consumidores frente a la información dispuesta.

Finalmente, la novedad de las relaciones establecidas en este artículo, recomienda el uso de estándares del mundo “desarrollado” en

relación a los sistemas de información (ecoetiquetados), lo cual no debe ser un impedimento para proyectar mecanismos de comunicación adecuados para una economía sostenible de la Base de la Pirámide. En futuras investigaciones, se estudiarán las herramientas adecuadas para analizar el comportamiento de compra de este segmento en un contexto real.



Figura 2. Etiquetado ambiental Tipo II. Auto-declaraciones.

El ecoetiquetado está diseñado para ayudar a los consumidores a comprar productos menos contaminantes que otros de su misma categoría, pero muchas veces los consumidores no saben de los problemas que se ocasionan en la fase de uso. Esto se da fundamentalmente porque no asocian su conducta al impacto ambiental. Por ejemplo, si los consumidores comprendieran por qué una correcta dosificación del detergente ayuda a disminuir el impacto en la fase de uso (Järvi & Paloviita, 2006), cambiarían en

8. BIBLIOGRAFIA

- Becker-Olsen KL, Cudmore A, Hill RP. "The impact of perceived corporate social responsibility on consumer behaviour". *Journal of Business Research* 59 p. 46-53
- Bleda M, Valente M. "Graded eco-labels: a demand oriented approach to reduce pollution". *Technological Forecasting & Social Change* <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2008.05.003>
- Directiva 90/496/CEE del Consejo, de 24 de septiembre de 1990, relativa al etiquetado de propiedades nutritivas de los productos alimenticios
- European Environment Agency (EEA). "Household consumption and the environment".
- Copenhagen, Denmark. EEA Report N° 11/ 2005.
- Gardetti MA. "A base- of-the Pyramid Approach in Argentina. Preliminary Findings from a BOP Learning Lab Social demands in Life-cycle Management". *Greener management International* 51 p. 65- 77
- Golan E, Kuchler F, Mitchell L. "Economics of Food Labelling". Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture 2002. Agricultural Economic Report N° 793, Washington DC.
- Gold S, Rubik F. "Consumer attitudes towards timber as a construction material and towards timber frame houses- selected findings of a representative survey among the German population". *Journal of Cleaner Production* 17 (2009) 303-309
- Hart S L. "Beyond greening: Strategies for a Sustainable World". *Harvard Business Review* 75-1 p. 66-76
- Inter- American Development Bank, 2006. Sustaining Development for All http://www.iadb.org/sds/doc/sds-SustainingDevForAll_e.pdf, [Consulta: 20 de diciembre de 2007]
- AENOR. Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales. UNE EN ISO 14020. Madrid: AENOR, 2002
- AENOR. Etiquetas y declaraciones ambientales. Autodeclaraciones ambientales. Principios y procedimientos. UNE EN ISO 14021. Madrid: AENOR, 2002.
- Järvi P, Paloviita A. "Product-related information for sustainable use of laundry detergents in Finnish households". *Journal of Cleaner Production* 15 (7) p. 681-689
- Kandachar P, Halme M. "Introduction Theme Issue: An Exploratory Journey towards the Research and Practice of the "Base of the Pyramid"". *Greener Management International* 51, p. 3-17
- Krozer Y. "Social demands in Life-cycle Management". *Greener management International* 45 p. 95- 106
- Lavallée S, Plouffe S. "The ecolabel and Sustainable Development". *International Journal of Life Cycle Assessment* 9 (6) p. 349-354
- Leire C, Thidell A. "Product-related environmental information to guide consumer purchases - A review and analysis of research on perceptions, understanding and use among Nordic consumers". *Journal of Cleaner Production* 13 p. 1061-1070
- Loureiro ML, McCluskey JJ, Mittelhammer RC. "Will Consumers Pay a Premium for Eco-labeled Apples?". *Journal of Consumer Affairs* 36 (2) p. 203-219
- Loureiro ML, Hine S. "Preferences and willingness to pay for GM labelling policies". *Food Policy* 29 p. 467- 483
- Nilsson H, Tunçer B, Thidell A. "The use of eco-labelling like initiatives on food products to promote quality assurance—is there enough credibility?". *Journal of Cleaner Production* 12 p. 517-526
- OECD on line: www.oecd.org/env/consumption, [Consulta: 09 de marzo de 2006]
- Prahalad, C.K. and Hart, S. "The fortune at the bottom of the Pyramid". *Strategy & Business* 26, p. 1-7
- Prahalad C.K. "La fortuna en la base de la pirámide". Ed. Granica. Barcelona 2005 p. 382 ISBN: 8475777341
- Rex E. "Premises for Linking Life Cycle Considerations with Marketing". Thesis for Degree of Licenciante Engineering. Environmental Systems Analysis. Chalmers University of Technology. 2005 p. 60. Göteborg, Sweden. ISSN 1404-8167
- Torero M, Chowdhury SK, Galdo V. "Willingness to pay for the rural telephone service in Bangladesh and Peru". *Information Economics and Policy* 15 p. 327-361
- Venkatachalam L. "The contingent valuation method: a review". *Environmental Impact Assessment Review* 24 p. 89-124
- Vidal MR, Bovea MD, Georgantzis N, Camacho E. "¿Es rentable diseñar productos ecológicos?: el caso del mueble". Editorial Jaume I, Castellón. 2002. ISBN: 8480214031
- Williams W. "Eco-labelling: A Socio-economic Analysis". Doctoral Dissertation. Department of Sociology and Business Sociology, Department of Environmental Economics and Management, Vienna University of Economics and Business Administration, Austria. 2004.



Sistemas de control de vibraciones para grúas torre

Vibration control devices for tower cranes

• Jesús de Sebastián-Sanz
• Carlos M. Casado-Sánchez
• Antolín Lorenzana-Ibán
• Alfonso Poncela-Méndez

Ingeniero Industrial
Ingeniero Industrial
Doctor Ingeniero Industrial
Doctor Ingeniero Industrial

Fundación CARTIF, Área de Control de Estructuras
Fundación CARTIF, Área de Control de Estructuras
Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Recibido: 19/09/08 • Aceptado: 17/11/08

ABSTRACT

- The application of tuned mass damper in the field of the civil engineering has focused principally on skyscraper, communication towers or bridges. The present article proposes the use of them in tower cranes for the improvement of dynamical behaviour under daily use loads. We have done simulations of tuned mass dampers (TMD) using a two-dimensional model of a tower crane in order to evaluate the efficiency of these passive vibrations control systems.
- **Key words:** tower crane, vibrations, tuned mass damper.

RESUMEN

La aplicación de los amortiguadores de masa en el campo de la ingeniería civil se ha centrado principalmente en su uso en rascacielos, torres de comunicación o puentes. El presente artículo propone su uso en grúas torre para la mejora del comportamiento dinámico de éstas frente a cargas de uso diario. Para ello y partiendo de un modelo bi-dimensional de una grúa torre, se han realizado simulaciones de amortiguadores de masa (TMD) con el fin de valorar la eficiencia de estos sistemas de control de vibraciones pasivos.

Palabras clave: grúa torre, vibraciones, amortiguador de masas.

1. INTRODUCCIÓN

Conforme ha ido aumentando la esbeltez de los sistemas estructurales, fundamentalmente los edificios en altura, se ha detectado la necesidad de introducir sistemas de control que mejoren tanto el comportamiento resistente (tensiones, resistencia a fatiga, etc.) como la comodidad de los usuarios (sensación de movimiento, mareos, etc.). En ocasiones no es eficiente sobredimensionar el esqueleto resistente de la estructura ya que al aumentar la rigidez aumenta la masa y el coste, y aunque disminuyan los desplazamientos del movimiento vibratorio aumentan las velocidades y aceleraciones.

Una de las soluciones para mitigar este movimiento vibratorio sin necesidad de rigidizar la estructura es mediante la incorporación de sistemas disipadores y/o absorbedores de energía que mejoren su respuesta dinámica y aumenten el amortiguamiento estructural, el cual generalmente es bajo.

Desde mediados de los años 70, los amortiguadores de masa o TMD (*Tuned Mass Damper*) han sido uno de los dispositivos más usados para la amortiguación de vibraciones en rascacielos, torres, tableros de puentes, chimeneas, etc. Quien esbozó por primera vez este dispositivo fue **Frahm** en 1909, pero fue **Den Hartog** [1] quien realizó los primeros desarrollos teóricos para el sintonizado óptimo de estos sistemas en estructuras sencillas de un solo grado de libertad. A partir de esta teoría, numerosos investigadores como **Warburton** [2], **Tsai** y **Lin** [3], **Poncela** et al. [4] entre otros, han propuesto nuevas formulaciones para el sintonizado óptimo de TMDs en estructuras más complejas. Estos dispositivos se han mostrado muy eficientes en la reducción de las vibraciones inducidas principalmente por el viento, aunque también las debidas a sismos, tráfico, etc. obteniendo en la respuesta de las estructuras mejoras del 30 al 50% [5] medidas en términos de tiempo de establecimiento y razones de amortiguamiento.

En comparación con las estructuras civiles mencionadas anteriormente, las grúas torre son

estructuras muy esbeltas y flexibles que tanto por la acción del viento como por los acoplamientos dinámicos del movimiento de la carga durante su uso diario [6], experimentan movimientos vibratorios muy amplios que condicionan el dimensionamiento resistente y dificultan el posicionamiento de la carga. En este trabajo se evalúa mediante simulación la efectividad de los amortiguadores de masa para reducir las oscilaciones de una grúa torre en concreto. Para ello, y a partir de los parámetros modales obtenidos de un modelo de la grúa en elementos finitos ajustado manualmente mediante datos experimentales, se ha desarrollado un modelo sencillo bidimensional de la grúa en *Working Model 2D* [7], en el cual se ha simulado el comportamiento transitorio de la grúa con diferentes TMDs cuando se la somete a su máxima carga en punta.

2. AMORTIGUADORES DE MASA EN ESTRUCTURAS CIVILES

Los amortiguadores de masa sintonizados son sistemas pasivos de absorción de vibraciones, que en su esquema más sencillo están compuestos por una masa móvil unida a las estructuras por muelles y amortiguadores (Fig. 1). Cuando la estructura desarrolla movimiento como respuesta a una perturbación externa (viento) o interna, el TMD se excita produciéndose una transferencia de la energía inercial de la estructura al amortiguador de masa. Con esto se consigue mitigar las oscilaciones de la estructura en tiempos menores, mejorando así el amortiguamiento estructural global. Para que el amortiguador de masas trabaje de la forma más eficaz posible es necesario un correcto sintonizado de los parámetros físicos de éste: la masa y las constantes de los muelles y amortiguadores.

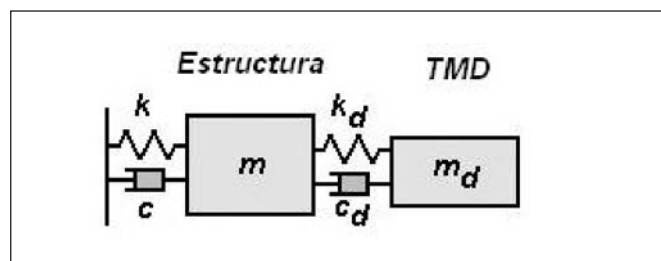


Figura 1. Esquema básico de un TMD acoplado a una estructura de un solo grado de libertad.

Existen numerosas estructuras civiles dotadas con amortiguadores de masa, siendo los edificios las estructuras que cuentan con mayor número de aplicaciones y ejemplos más espectaculares, éste es el caso del TMD del *Edificio Taipei 101* en Taiwan con una masa pendular de acero de 660 toneladas [8]. En Constantinou [9], Fujita [10] y Tanida [11] se pueden consultar muchas de las aplicaciones de estos sistemas en estructuras civiles, tanto implementaciones puramente pasivas, como versiones activas y semiactivas del TMD. Estas últimas, además de los elementos básicos de la versión pasiva, cuentan con actuadores hidráulicos o eléctricos, amortiguadores semiactivos, sensores, equipos de control,... que mejoran la eficiencia de los sistemas pasivos y que son

capaces de adaptarse mejor a cambios tanto de la naturaleza de la excitación como de la propia estructura civil.

Los dos esquemas constructivos de amortiguador de masa más empleados en estas estructuras son [5]: (a) el esquema lineal (*Translational TMD*) donde una masa móvil de acero u hormigón que desliza sobre ejes u otros sistemas mecánicos está situada en los pisos más altos del edificio al que se une por un sistema de muelles y amortiguadores. Las constantes de rigidez de los muelles junto con el valor de la masa definen la frecuencia de oscilación de esta, siendo los amortiguadores los encargados de disipar la energía inercial transferida por la estructura al TMD (Fig. 2a). (b) El otro esquema constructivo es el pendular (*Pendular TMD*) y consiste en colgar la masa del TMD mediante barras articuladas o cables metálicos (Fig. 2b), evitándose los problemas de rozamiento presentes en el esquema anterior, pero presentado limitaciones en cuanto a espacio. En este caso la frecuencia solo viene determinada por la longitud de las barras o cables.

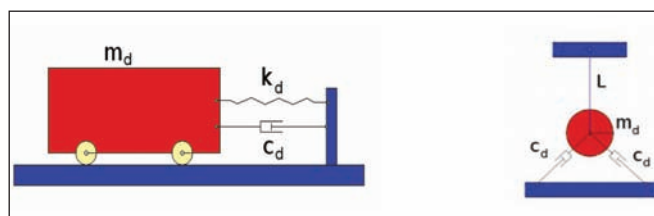


Figura 2. (a) Esquema básico de un TMD lineal. (b) Esquema básico de un TMD pendular

En las estructuras esbeltas, el viento induce diversos tipos de inestabilidades o fenómenos aerolásticos [12] provocando movimientos de flexión y en ocasiones de torsión. En general, el movimiento de mayor amplitud es el debido al modo 1 de flexión en el plano perpendicular al eje de menor inercia, y es éste al que normalmente se sintoniza el TMD. No obstante también pueden ser importantes el modo 2 de flexión, el modo 1 de flexión en el plano perpendicular y el modo 1 de torsión en estructuras no simétricas.

Para el correcto sintonizado del amortiguador de masa es necesario conocer determinadas características de la estructura que se trata de controlar, como son la frecuencia, la masa modal y el amortiguamiento correspondiente al modo de vibración que se trata de mitigar. Con esta información se puede calcular mediante diferentes formulaciones los valores de la masa m_d , rigidez k_d , y constante del amortiguador c_d con los que el TMD trabajaría de forma eficiente. En general las frecuencias fundamentales de las estructuras civiles esbeltas suelen estar por debajo de los 5 Hz y su razón de amortiguamiento ya sean de hormigón o de acero tienen valores menores de 1.5% del amortiguamiento crítico [13]. Dicho valor es difícilmente cuantificable al depender del material, de las uniones, del terreno, nivel de vibración etc. Un buen valor de partida para el cálculo del TMD podría ser del 1%.

De los tres parámetros mencionados, la frecuencia es el más crítico ya que debe ser determinado lo más fielmente posible tal que el TMD calculado trabaje de forma correcta. En el caso de la masa modal y sobre todo del amortiguamiento

En el mercado existen multitud de grúas torre de características muy distintas en cuanto a dimensiones, capacidad de carga, etc

estructural solo sería necesario tener estimaciones de los valores reales ya que el sintonizado del TMD es menos sensible respecto a estos parámetros.

3. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE GRÚAS TORRE

Al igual que muchas estructuras civiles, las grúas torre exhiben, debido al viento y al uso, un comportamiento vibratorio muy poco amortiguado y de gran amplitud que interesa mitigar para mejorar el posicionamiento rápido y preciso de la carga y para prevenir problemas de fatiga mecánica de la estructura resistente.

En el mercado existen multitud de grúas torre de características muy distintas en cuanto a dimensiones, capacidad de carga, etc. Asimismo su comportamiento dinámico es muy distinto con frecuencias propias y masas modales muy variadas. Con el ánimo de concretar el estudio se ha elegido una grúa torre sin tirantes o “flat top” de características medias-

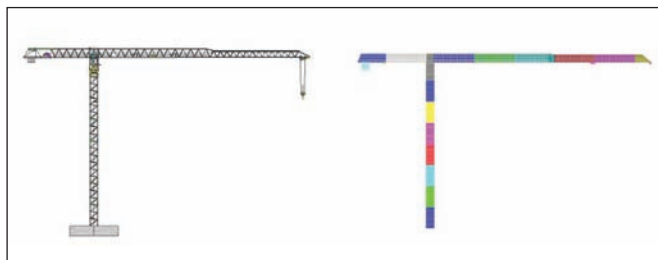


Figura 3. Grúa torre objeto del estudio “COMANSA LC2064”: Diseño CAD y Modelo en Elementos Finitos

altas (COMANSA Mod. LC2064) con los siguientes parámetros: mástil de 38.5 m, pluma de 54 m, contrapluma de 18 m, contrapeso de 17.5 Tn., peso total sin contrapeso de 48.69 Tn., capacidad de carga máxima de 12 Tn. y capacidad de carga en punta de 2.5 Tn.

A partir de los datos y planos constructivos del fabricante, esta grúa se modeló en elementos finitos como puede verse en la Fig.3. Con el objeto de realizar un ajuste manual de dicho modelo y calcular el amortiguamiento del primer modo de flexión de la torre al cual se sintonizarán los TMDs, se registró la vibración de la grúa mediante un acelerómetro en la parte alta de la torre (Fig. 4). A partir de los registros de la respuesta de la grúa frente a perturbaciones ambientales y pruebas de

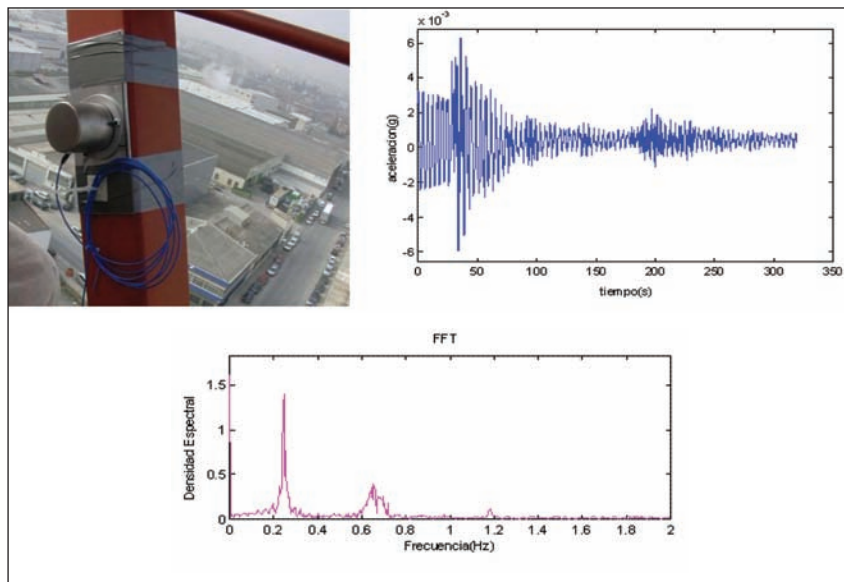


Figura 4. Respuesta temporal y FFT de la grúa obtenida con un acelerómetro en la torre de la grúa.

respuesta libre, se determinó el valor de las dos primeras frecuencias propias de la torre (0.242 Hz y 0.637 Hz) y una razón de amortiguamiento del 0.7%.

Como ya se mencionó anteriormente, para el cálculo de los parámetros del TMD no es suficiente solo con conocer la frecuencia del modo que queremos amortiguar, también es necesario conocer o estimar la masa modal y el amortiguamiento de la estructura correspondiente a dicho modo. Diferentes métodos de identificación de sistemas para la estimación de las características dinámicas de una estructura han sido muy estudiados ([14]; [15]), pero la mayoría de estos estudios se han centrado en propiedades dinámicas como son la función de transferencia y las frecuencias naturales. Sin embargo la identificación de las masas modales pocas veces se lleva a cabo [16]. En general los métodos para estimar la masa modal se dividen en: (a) Métodos analíticos/numéricos basados en la obtención de los autovectores del sistema haciendo uso del análisis en elementos finitos [17] y (b) métodos experimentales basados en el ajuste de funciones de respuesta en frecuencia obtenidas de datos experimentales, o dicho de otro modo “Análisis Modal Experimental” [18]. En este trabajo se ha empleado el primero de los métodos, desarrollando un modelo de elementos finitos con la herramienta COSMOS/M [19] el cual se ha ajustado manualmente a las frecuencias experimentales obtenidas en la torre.

A continuación se presentan las frecuencias principales y masas modales obtenidas tras el ajuste del modelo en elementos finitos de la grúa seleccionada para el estudio.

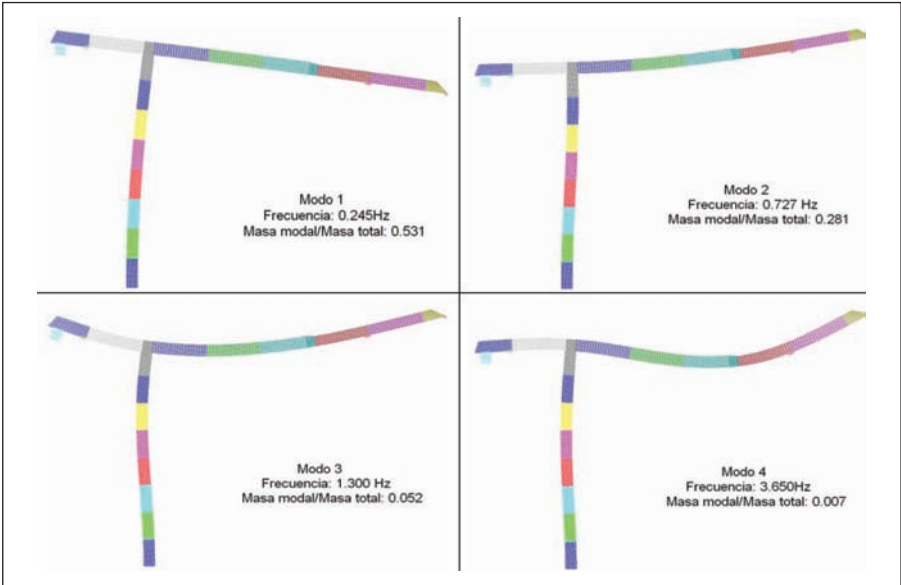


Figura 5. Parámetros modales de la grúa con contrapeso. (Masa total de la grúa: 66195 kg)

En cuanto al amortiguamiento de la grúa torre, que fue calculado experimentalmente en un 0.7% mediante el método del decremento logarítmico [20], se consideró sin pérdida de generalidad despreciable en las simulaciones y así simplificar el modelo desarrollado en *Working Model 2D*.

diferencia de lo que ocurre en aplicaciones de amortiguadores de masa en edificios altos donde como ya mencionamos, la razón de masas es menor del 1%. En nuestro caso en concreto, supone el 85% de la masa modal del primer modo de la grúa sin contrapeso, lo cual en principio y siempre que se realice un correcto sintonizado es ventajoso al proporcionarnos una mayor disipación y por tanto mayor amortiguamiento. Por contra, el uso de tanta masa en el TMD plantea el problema de qué disposiciones mecánicas emplear para permitir el movimiento de una masa tan grande teniendo en cuenta la necesidad de evitar al máximo el rozamiento.

En el presente artículo se proponen tres disposiciones del contrapeso de la grúa en estudio. En el primer caso se emplea la totalidad del contrapeso (17500 kg) como TMD, mientras que en las otras

dos se usan 10000 y 5000 kg respectivamente.

Previo al cálculo o sintonizado óptimo de las tres propuestas de amortiguadores de masa, es necesario recalcular los parámetros modales de la grúa ya que ahora solo parte del contrapeso es solidario a la grúa. Para ello se ha modificado el

Modo	Frecuencia (Hz.)	Masa modal /Masa total	Masa total grúa	Masa del contrapeso como TMD
1	0.293	0.452	48695 kg	17500 kg
2	0.781	0.323	48695 kg	17500 kg
1	0.270	0.490	56195 kg	10000 kg
2	0.754	0.299	56195 kg	10000 kg
1	0.257	0.511	61195 kg	5000 kg
2	0.739	0.290	61195 kg	5000 kg

Tabla 1. Parámetros modales de la grúa con contrapeso como TMD.

4. DISEÑO Y SIMULACIONES DE AMORTIGUADORES DE MASA EN GRÚA TORRE

De los modos obtenidos los que nos interesan amortiguar mediante un TMD son los de mayor masa modal, es decir el primer modo de flexión de la torre (modo 1) y el primer modo de flexión de la pluma (modo 2). Para valorar la mejora de la respuesta dinámica de la grúa con TMD se compararán las respuestas transitorias de la grúa original y de la grúa con TMD cuando se le aplica una carga en la punta de la pluma, calculando el desplazamiento horizontal en la parte alta de la torre, el desplazamiento vertical en el extremo de la pluma, y por último el desplazamiento relativo del TMD respecto a su punto de unión en la grúa.

Las grúas torre disponen de un contrapeso con un valor de masa elevado. Esta masa (total o parcial) se presta bastante bien para ser empleada como masa del sistema TMD. El empleo de todo el contrapeso como masa del TMD supone que ésta sea del orden de la masa modal del primer modo de la estructura a

modelo en elementos finitos de la grúa obteniéndose los parámetros de la Tabla 1.

Los sintonizados de los amortiguadores de masa propuestos se han obtenido mediante fórmulas desarrolladas a partir de la minimización de la función de transmisibilidad del desplazamiento de la estructura respecto de la entrada de perturbación. A continuación se presentan algunos de los resultados empleados para el cálculo de los parámetros óptimos de un amortiguador de masa. El desarrollo completo de estos puede consultarse en el libro de Connor[17].

donde $\bar{m}$ es la razón de masas del TMD frente a la masa del modo a amortiguar, m_d , ω_d , c_d , k_d , son respectivamente la masa, frecuencia, constante de amortiguamiento y rigidez del TMD que queremos calcular, m_{modo} , ω_{modo} , son la masa modal y frecuencia del modo de la estructura que queremos amortiguar y f_{opt} , ξ_{dopt} son la razón de frecuencias, y la razón de amortiguamiento del TMD para un óptimo sintonizado obtenidas de la minimización de la función de transmisibilidad.

$$\bar{m} = \frac{m_d}{m_{\text{modo}}} \quad (1)$$

$$f_{\text{opt}} = \frac{\omega_d}{\omega_{\text{modo}}} = \frac{\sqrt{1-0.5\bar{m}}}{1+\bar{m}} \quad (2)$$

$$\xi_{\text{dopt}} = \sqrt{\frac{\bar{m}(3-\sqrt{0.5\bar{m}})}{8(1+\bar{m})(1-0.5\bar{m})}} = \frac{c_d}{2m_d\omega_d} \quad (3)$$

$$\omega_d = \sqrt{\frac{k_d}{m_d}} \quad (4)$$

Los parámetros óptimos para las tres propuestas de TMD, se calculan mediante la aplicación sucesiva de las fórmulas anteriores. Los valores obtenidos para el sintonizado al modo 1 de la estructura se muestran en la tabla 2.

md (kg)	kd (N/m)	cd (Ns/m)	fd (Hz)
5000	8916.03	3012.46	0.2125
10000	12675.45	7287.05	0.1795
17500	11088.85	13001.00	0.1267

Tabla 2. Parámetros óptimos de los TMD.

Con estos valores se procede a la simulación de la respuesta del modelo bidimensional de la grúa torre en *Working Model*

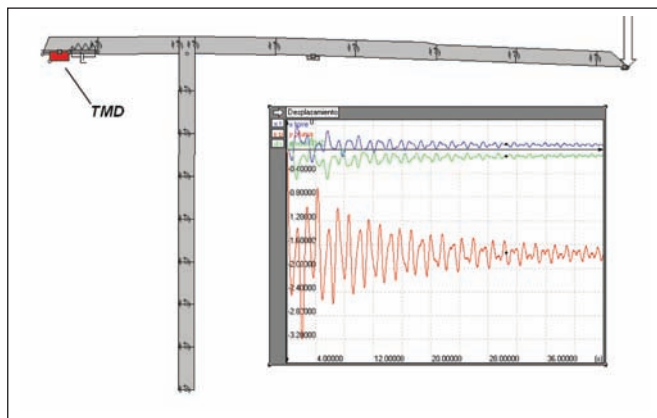


Figura 6. Simulaciones con un modelo bi-dimensional de la grúa torre en Working Model 2D.

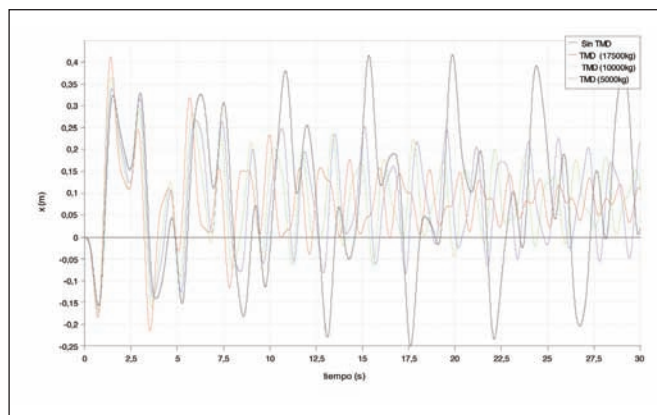


Figura 7. Desplazamiento horizontal de la torre.

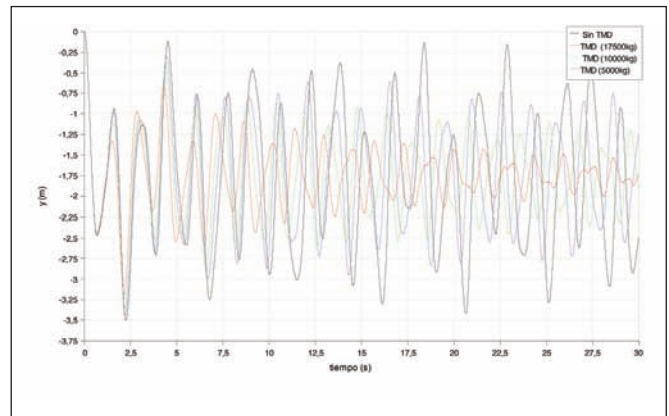


Figura 8. Desplazamiento vertical de la pluma.

2D bajo una excitación escalón de magnitud igual a la carga máxima en punta de la pluma (2500 Kg). Una imagen del modelo en plena simulación se observa en la Fig. 6. En ella se puede ver como la masa del contrapeso es acoplada a la grúa mediante un muelle y un amortiguador.

La respuesta transitoria del desplazamiento horizontal de la torre en su parte más alta y el desplazamiento vertical de la pluma en su punta se muestran en la Fig. 7 y Fig. 8 respectivamente, en las que se aprecia una más que clara mejora en ambos movimientos.

Realizando el análisis espectral de estos registros (Fig. 9), se observa como las tres propuestas de amortiguadores de masa absorben la mayor parte de la energía del primer modo al cual se han sintonizado, y una parte apreciable de la del segundo modo, el cual se ha beneficiado del aumento tan grande de amortiguamiento del primero. También se observa, como era de esperar, que al aumentar la masa del TMD y por tanto al aumentar la razón de masa, la mejora es mayor.

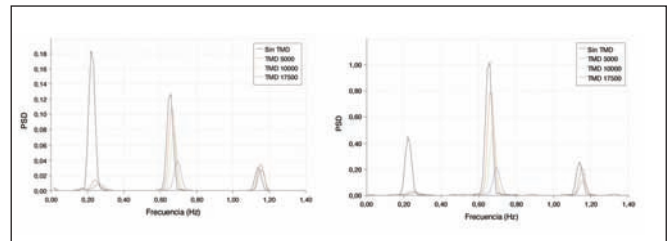


Figura 9. (a) FFT desplazamiento horizontal torre, (b) FFT desplazamiento vertical pluma.

Para cuantificar la mejora obtenida con estos dispositivos podemos fijarnos en magnitudes absolutas, como el valor del desplazamiento, velocidad y aceleración máximos, o relativas, como la razón de amortiguamiento y el tiempo de establecimiento. Estas últimas son más interesantes en problemas como el tratado donde desconocemos el comportamiento real ante una determinada excitación.

Para el cálculo de la razón de amortiguamiento (ξ) se ha empleado la clásica formulación del decremento logarítmico [20]:

$$\ln[Y_k / Y_{k+N}] = N\delta \quad (5)$$

$$\xi = [N\delta] / [(2\pi N)^2 + (N\delta)^2]^{0.5} \quad (6)$$

Se ha procedido al sintonizado de varios amortiguadores de masa, cuyos parámetros se calcularon mediante el uso de formulaciones teóricas extraídas de la literatura y a partir de características modales de la grúa obtenidas experimentalmente y por simulación de un modelo de elementos finitos desarrollado para este fin.

Donde Y_k e Y_{k+N} son las amplitudes (valor de pico) del máximo desplazamiento en el ciclo de oscilación k y $k+N$ respectivamente, siendo N el número de ciclos que separan a ambas amplitudes y δ el decremento logarítmico.

Aplicando estas ecuaciones a las respuestas transitorias, obtenemos las razones de amortiguamiento crítico mostradas en la tabla 3.

Masa TMD (Kg.)	Modo sintonizado	Amortiguamiento modo 1 (ξ (%))	Amortiguamiento modo 2 (ξ (%))
17500	1º	10.45	1.64
10000	1º	10.11	0.86
5000	1º	8.49	0.37

Tabla 3. Amortiguamiento en los distintos casos de TMD en la grúa.

Como ya se indicó, no se ha considerado en las simulaciones la razón de amortiguamiento de la grúa torre calculada experimentalmente (0.7%), con lo que los valores de la tabla deberían ser ligeramente superiores. De cualquier manera la mejora de amortiguamiento obtenida es grande, lo cual indica, obviando las dificultades constructivas de estos dispositivos, su idoneidad para este tipo de estructuras.

Otro punto a tener en cuenta para la valoración de la idoneidad de los TMD en grúas torre es el desplazamiento relativo (carrera) de éstos con respecto a su punto de acoplamiento en la grúa (Fig 10), ya que esto nos da una medida del espacio que necesita el TMD para poder trabajar correctamente. En la gráfica se observa que estos

desplazamientos son menores de un metro, y que cuanto mayor es la razón de masas menor es el desplazamiento relativo del TMD, lo cual concuerda con los desarrollos teóricos dispuestos en la bibliografía.

Por tanto para medir cualitativamente y cuantitativamente la eficiencia del dispositivo pasivo no es necesario simular su comportamiento durante el uso diario de la grúa o frente a un determinado viento, lo que nos llevaría a un problema dinámico complejo que precisa la caracterización del viento y del movimiento de las cargas. Ha sido suficiente ver lo que ocurre al conjunto grúa-TMD tras una determinada excitación y así tener un problema de vibraciones libres más sencillo desde el punto de vista matemático.

La ejecución física del dispositivo TMD está siendo objeto de estudio. Una posible solución puede verse en la Fig.11 (ref. ES1064158 (U) *Oficina Española de Patentes y Marcas*), donde los valores de rigidez y amortiguamiento están intrínsecamente definidos por el comportamiento de los soportes neumáticos.

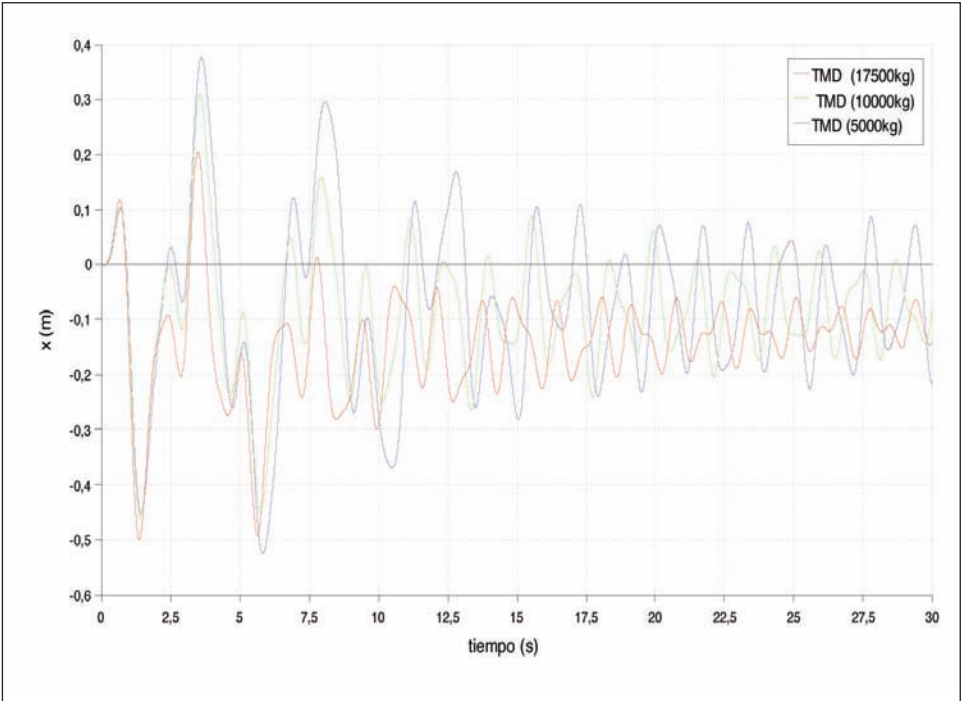


Figura 10. Desplazamiento relativo de los TMD en la contrapluma.

De cualquier manera la mejora de amortiguamiento obtenida es grande, lo cual indica, obviando las dificultades constructivas de estos dispositivos, su idoneidad para este tipo de estructuras.



obteniéndose mejoras en el amortiguamiento de la grúa y en la respuesta dinámica de la grúa.

El uso de toda o parte de la masa del contrapeso como amortiguador de masa pasivo se presenta como la mejor opción en cuanto a la mejora dinámica obtenida, a la no necesidad de modificar el esqueleto resistente de la grúa y a los pequeños desplazamientos relativos del TMD.

En este trabajo se ha empleado un esquema teórico de amortiguador de masa y no se ha tenido en cuenta la problemática del diseño y construcción del dispositivo físico (ejecución, comportamiento con rozamiento, etc.).

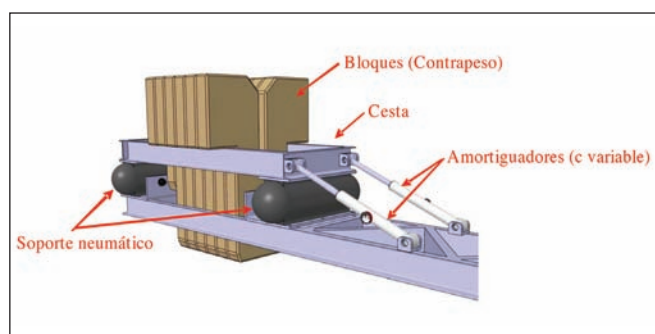


Figura 11. Posible materialización del dispositivo TMD en la grúa.

5. CONCLUSIONES

En el trabajo se han propuesto y analizado amortiguadores de masa (TMD) en una grúa torre como dispositivos absorbedores de vibraciones mecánicas. Aprovechando el hecho de que las grúas torre disponen de una gran cantidad de masa generalmente en la contrapluma a modo de contrapeso, se ha evaluado su uso como amortiguador de masa eliminando la necesidad del empleo de masas adicionales que podrían condicionar el rediseño del esqueleto resistente de la grúa.

Se ha procedido al sintonizado de varios amortiguadores de masa, cuyos parámetros se calcularon mediante el uso de formulaciones teóricas extraídas de la literatura y a partir de características modales de la grúa obtenidas experimentalmente y por simulación de un modelo de elementos finitos desarrollado para este fin.

Se ha demostrado mediante simulación de modelos de la grúa con amortiguadores de masa sintonizados que un esquema pasivo de estos se muestra eficiente como dispositivo absorbedor de vibraciones en el modo al cual es sintonizado,

Por tanto para medir cualitativamente y cuantitativamente la eficiencia del dispositivo pasivo no es necesario simular su comportamiento durante el uso diario de la grúa o frente a un determinado viento, lo que nos llevaría a un problema dinámico complejo que precisa la caracterización del viento y del movimiento de las cargas.

6.- AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Industria (FIT 380000-2005-0104 DRAGADOS S.A), Ministerio de Fomento (C16/2006) y por el Ministerio de Educación y Ciencia (PCT-380000-2007-4) de España. Tanto la empresa de construcción DRAGADOS S.A. como la empresa de fabricación de grúas COMANSA, han puesto a nuestra disposición los medios necesarios sin los cuales no hubiera sido posible la realización de dicho estudio. Es por ello que queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que directa o indirectamente han colaborado con nosotros.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- Den Hartog, Jacob Pieter. *Mechanical vibrations*. New York: Dover Publications, 1985. ISBN: 0-486-64785-4.
- Warburton Geoffrey. Barratt. "Optimum absorber parameters for various combinations of response and excitation parameters". *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. 1982, Volume 10, Issue 3, Pages 381-401.
- Tsai Hsiang-Chuan, Lin Guan-Cheng. "Optimum Tuned-Mass Dampers for Minimizing Steady-State Response of Support-Excited and Damped Systems". *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. 1993, Volume 22, Issue 11, Pages 957-973.
- Poncela Alfonso, Casado Carlos, Baeyens Enrique, Perán José Ramón. "Design of devices for protecting civil structures using fixed-order H_∞ control". *Structural Control and Health Monitoring*. 2005, Volume 14, Issue 2, Pages 239-260.
- Connor Jerome J. *Introduction to structural motion control*. New Jersey: Prentice Hall, 2003. ISBN: 0-13-009138-3.
- Ju Feng., Choo Yoo Sang, Cui Fang Sen, "Dynamic response of tower crane induced by the pendulum motion of the payload". *International Journal of Solids and Structures*. 2006, Volume 43, Issue 2, Pages 376-389.
- Working Model 2D User's Manual. San Mateo: Knowledge Revolution, 1995.
- Haskett Trevor, Breukelman Brian, Robinson Jamieson, Kottelenberg Jan. "Tuned mass dampers under excessive structural excitation". Report of the Motioneering Inc. Ontario. 2005.
- Constantinou Michael C., Soong Tsu-The, Dargush, Gary F. "Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit". Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research. Monograph Series N°1: Buffalo. 1998.
- Fujita Takafumi. "Progress of applications of active vibration control for buildings in Japan", *Progress in Structural Engineering and Materials*. 2002, Volume 4, Issue 4, Pages 353-362.
- Tanida Koji. "Progress in the application of active vibration control technologies to long-span bridges in Japan", *Progress in Structural Engineering and Materials*. 2002, Volume 4, Issue 4, Pages 363-371.
- Meseguer José, Sanz Ángel, Perales José Manuel Y Pindado Santiago. *Aerodinámica civil. Cargas de viento en las edificaciones*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España, 2001. ISBN: 84-481-3332-3.
- Reglamento CIRSOC 102-1, "Acción dinámica del viento sobre las construcciones. Construcciones en general", *SIREA-Sistema reglamentario argentino para las obras civiles*. 1982.
- Juang Jer-Nan. *Applied System Identification*. New Jersey: Prentice Hall, 1994. ISBN: 0-13-079211-X.
- Ljung Lennart. *System Identification: theory for the user*. 2ª Edición. New Jersey: Prentice Hall, 1999. ISBN: 0-13-656695-2.
- Hwang Jae-Seung, Kim Hongjin, Kim Jinkoo. "Estimation of the modal mass of a structure with a tuned-mass damper using H-infinity optimal model reduction". *Engineering Structures*. 2006, Volume 28, Issue 1, Pages 34-42.
- Zienkiewicz Oc. *The finite element method in engineering science*. London: McGraw-Hill, 1971. ISBN: 0-07-084072-5.
- Mcconnell Kenneth G. *Vibration testing: theory and practice*. New York: Wiley-Interscience, 1995. ISBN: 0-471-30435-2.
- COSMOS/M User's Guide 2.6. Los Angeles: Structural Research & Analysis Corporation, 2001.
- Umez-Eronini Eronini. *Dinámica de sistemas de control*. México D.F.: Thomson, 2001. ISBN: 970-686-041-X.

Nuevos requerimientos de precisión en el posicionamiento de vehículos para aplicaciones ADAS



New accuracy requirements in vehicle positioning for ADAS applications

• Felipe Jiménez-Alonso

Doctor Ingeniero Industrial,
Licenciado en Ciencias Físicas.

INSIA

• José Eugenio Naranjo-Hernández

Doctor Ingeniero Informático

Escuela Universitaria de Informática de la UPM

Recibido: 27/07/08 • Aceptado: 29/10/08

ABSTRACT

- Operation of new driving assistance systems that are being introduced in road vehicles is based on processing information of the vehicle, driver, road and environment. In most of them, digital maps represent an extension of the visual horizon that the driver and onboard sensors perceive. However, in order to make the most of their potential, accurate digital maps and vehicle positioning systems are required, improving present specifications for navigation applications.
- **Key words:** Digital map, satellite positioning, driving assistance.

RESUMEN

El funcionamiento de las nuevas aplicaciones de asistencia a la conducción que se están introduciendo en los vehículos de carretera se fundamenta en el procesamiento de información del vehículo, el conductor, la vía y el entorno. Para muchas de ellas, los mapas electrónicos suponen la ampliación del horizonte visual más allá de lo percibido por el conductor y los sensores embarcados. Sin embargo, para aprovechar su potencial se requiere definir unas especificaciones de precisión y detalle en dichos mapas y en los sistemas de posicionamiento superiores a los niveles empleados en la actualidad para propósitos de navegación.

Palabras clave: Mapa electrónico, posicionamiento por satélite, asistencia a la conducción.

1.- INTRODUCCIÓN

Entre los problemas asociados al transporte por carretera, cabe destacar el alto número de muertos y heridos graves en accidentes de tráfico. Se estima que, en más del 90 % de los accidentes está presente el factor humano. Partiendo de este hecho, son razonables los importantes esfuerzos que se están realizando para el desarrollo de sistemas avanzados de asistencia al conductor (*Advanced Driver Assistance Systems* –ADAS), encaminados a lograr una conducción más segura. Dichos

sistemas se basan, principalmente, en el procesamiento de información que proviene de sistemas embarcados (sensores de la dinámica del vehículo, sensores del exterior como el radar o el láser), comunicaciones con el exterior (infraestructura y otros vehículos), etc.

En este ámbito, los mapas electrónicos de carreteras juegan un papel importante de apoyo a múltiples sistemas pasando de lo que se podría denominar un “mapa para la navegación” (aplicaciones actuales) a un “mapa para la seguridad”. Básicamente, la relevancia de los mapas digitales se fundamenta en el establecimiento de un “horizonte electrónico” superior al campo visual del conductor, de forma que se pueden predecir situaciones futuras y sugerir las actuaciones oportunas (figura 1), habiéndose analizado su potencial beneficio en el marco del proyecto europeo SafeMAP.

Así, el mapa electrónico permite dar apoyo a numerosos sistemas, incluso a algunos cuyo funcionamiento tradicionalmente se ha realizado sin él, como el control adaptativo de velocidad y distancia, o los sistemas de aviso de salida de carril. En estos casos, los mapas añaden información o, incluso, pueden llegar a sustituir a otros sensores, optimizando la arquitectura global, dado que el mismo sistema de posicionamiento se emplearía para diversos usos sin coste añadido. En este entorno, el mapa

Es destacable el proyecto IN-ARTE financiado por la Unión Europea



Figura 1: Ampliación del horizonte visual del conductor

electrónico se integra como un sensor adicional que proporciona información al conductor y otros sistemas del vehículo. En este funcionamiento como sensor, se distingue la operación como sensor primario cuando la información derivada del él es de gran importancia, de la de sensor secundario cuando la información del mapa se emplea para validar los datos de otros sensores o permitir una detección más eficiente con los sensores primarios del sistema en cuestión.

Es destacable el proyecto *IN-ARTE* financiado por la *Unión Europea*, al ser uno de los primeros en realizar la integración de aplicaciones ADAS incluyendo posicionamiento y mapas digitales. En él se fijaron las bases para trabajos posteriores sobre las especificaciones básicas que se deberían cumplir para lograr esta fusión, las cuales fueron completadas en proyectos como *NextMAP*. A partir de ello, las líneas actuales de trabajo están encaminadas a la aplicación práctica del posicionamiento preciso y los mapas avanzados a los sistemas ADAS. Tal es el caso, por ejemplo, del subproyecto *MAPS&ADAS* del proyecto europeo integrado *PReVENT*, que da soporte al desarrollo e implementación de los sistemas ADAS más relevantes orientados a la mejora de la seguridad.

Sin embargo, este paso de las aplicaciones de navegación a aplicaciones encaminadas a la mejora de la seguridad implica dos aspectos cruciales que deben ser tratados:

- Los niveles requeridos de precisión y detalle de los mapas electrónicos dependen de la aplicación concreta para a que se los destine.
- La precisión del posicionamiento en dicho mapa debe ser acorde a los mismos requerimientos anteriores.

2.- PRECISIÓN EN LOS MAPAS Y EN EL POSICIONAMIENTO

En las aplicaciones actuales de navegación, los requisitos de precisión del mapa electrónico y del sistema de posicionamiento son limitados, ya que resulta suficiente que el vehículo sea localizado en una ruta y se identifiquen la localización de los

giros que deba realizar para alcanzar el destino predefinido. Adicionalmente, se están incorporando informaciones de interés como localización de hoteles, aparcamientos, lugares relevantes, radares, etc. En ningún caso resulta imprescindible el conocimiento preciso de la geometría de la carretera o el posicionamiento en el carril. Sin embargo, esta información adicional sí resulta de interés en aplicaciones

que, por ejemplo, determinen de forma continua la velocidad óptima de circulación o los sistemas que alerten de la presencia de obstáculos en la calzada, para discriminar los reales de las falsas alarmas por encontrarse fuera de la trayectoria del vehículo.

Así, puesto que los sistemas ADAS requieren una información mucho más pormenorizada, los datos contenidos en los mapas también han crecido, requiriéndose ahora mayor detalle y precisión. Esta información adicional se ha denominado “atributos de seguridad” por el *eSafety Forum* europeo. Entre otros trabajos, el proyecto *NextMAP* planteó el establecimiento de los requerimientos exigibles a los mapas digitales en cuanto a detalle y precisión para ser empleados en las nuevas aplicaciones de asistencia al conductor. El subproyecto *MAPS&ADAS* presenta una extensa lista de datos que deberían incluirse en los mapas digitales para las aplicaciones ADAS actuales y futuras. Otro objetivo del subproyecto consistía en la armonización del uso de los mapas por diferentes aplicaciones ADAS con el propósito de tener una arquitectura válida para todos ellos.

Así, los nuevos requisitos hacen que los mapas digitales deban tener, entre otros aspectos, la siguiente información:

- Desarrollo tridimensional con uno o dos órdenes de magnitud de precisión mayores que los mapas actuales utilizados para navegación, incluyendo rampas y peraltes.
- Información sobre señalización (límites de velocidad y otras señales de interés), carriles, arcones, etc.
- Información y posicionamiento de elementos para favorecer la correcta localización y facilitar la detección de obstáculos reales y de puntos negros.
- Información actualizable sobre condiciones de la calzada y condiciones meteorológicas.

Según lo anterior, se pueden definir 3 niveles de precisión en el posicionamiento, así como diferentes niveles de detalle incluido en el propio mapa. La tabla 1 recoge las especificaciones que los sistemas más relevantes demandan para ofrecer un comportamiento óptimo.

	Posiciona- miento			Información del mapa electrónico						
	Baja precisión (*)	Alta precisión	Posicionamiento en el carril	Geometría básica (*)	Trazado preciso en planta y alzado	Sección transversal	Localización de singularidades	Señales (* límites de velocidad)	Posicionamiento como sensor primario (P) / secundario (S)	Observaciones
Navegación	X			X				Op	P	
Navegación inteligente	X			X				Op	P	
Control adaptativo de crucero (control longitudinal)			X		X	Op			S	(1)
Sistema inteligente de adaptación de la velocidad (límites fijos)	X			X				X	P	
Sistema inteligente de adaptación de la velocidad (límites variables/dinámicos)		X			X	X	X	X	P	
Sistemas de optimización de consumo por adaptación de marcha		X			X			X	P	
Sistema de aviso en curva		X			X				P	
Sistema de aviso de salida de carril			X		X	X			S	(2)
Sistema de asistencia para el cambio de carril			X		X	X			S	(2)
Comunicaciones entre vehículos: intersecciones		X			X	X	X	X	P	
Comunicaciones entre vehículos: adelantamiento			X		X	X			P	
Comunicaciones entre vehículos: alcance o colisión frontal		X		X					P	
Sistema de iluminación inteligente	X			X			X		S	
Llamada de emergencia	X	Op		X					P	
Conducción automática			X		X	X	X	X	P	
Gestión de flotas	X			X					P	(3)
Localización de vehículos	X			X					P	(3)

Notas:

(*) Situación actual

(1). El control adaptativo de la velocidad funciona sin necesidad de mapas electrónicos, si bien, su uso puede permitir optimizar su operación y la discriminación de falsas alarmas

(2). Los sistemas de aviso de salida de carril y asistencia para el cambio de carril actuales funcionan basándose en la información de sensores embarcados, pero la localización en mapas electrónicos puede mejorar su funcionamiento

(3). Los sistemas de gestión de flotas y localización de vehículos no pueden ser considerados como aplicaciones ADAS, si bien se incluyen en la tabla al estar basados en el posicionamiento en mapas electrónicos

Tabla 1: Requerimientos de diferentes aplicaciones sobre el posicionamiento de los vehículos en mapas digitales.

3.- MEDIOS PARA ALCANZAR LOS REQUERIMIENTOS EXIGIDOS

Como se ha indicado, el posicionamiento de los vehículos dotados de los sistemas ADAS dentro del mapa electrónico debe cumplir requisitos de precisión altos y de forma robusta. Aunque la tecnología basada en balizas permite dar solución a algunas de las aplicaciones, el posicionamiento global por satélite GPS es la opción más extendida. Sin embargo, este posicionamiento, por lo general, no es lo suficientemente robusto para garantizar precisiones métricas en todo momento que permitan la localización en el carril.

Las correcciones diferenciales permiten reducir el error de forma satisfactoria en algunas situaciones. Estas correcciones pueden provenir de diferentes fuentes. Una solución se basa en

bases locales terrestres georreferenciadas, si bien presentan claros inconvenientes de alcance limitado en la transmisión de las correcciones y en la degradación de éstas según el receptor se aleja de a base fija. Otra opción la constituyen las correcciones enviadas vía satélite (OMNISTAR, SBAS), las cuales solventan el problema del alcance, pero plantean dificultades de pérdida de calidad de señal en entornos complejos como los urbanos con edificios altos alrededor.

Aunque las soluciones anteriores permiten alcanzar niveles de precisión notables, válidos incluso para aplicaciones de conducción automática (vehículos autónomos, robots móviles, etc), sus limitaciones restringen su uso a condiciones particulares, ya que los niveles de calidad de la señal no están asegurados en cualquier circunstancia. En este sentido, existe

Dentro de trabajos sobre seguridad en vehículos automóviles en los que se evalúan las tecnologías aplicables, la última solución ha sido ensayada y comparada con la de base de referencia propietaria sobre rutas que combinan tramos urbanos con interurbanos.

una tercera solución tecnológica basada en la corrección diferencial ofrecida por las instituciones geográficas de los países a través de Internet y a la que se puede acceder a través de comunicaciones vehículo-infraestructura mediante cualquier medio de acceso inalámbrico, utilizando el protocolo estándar NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) como muestra la figura 2. Su principal novedad

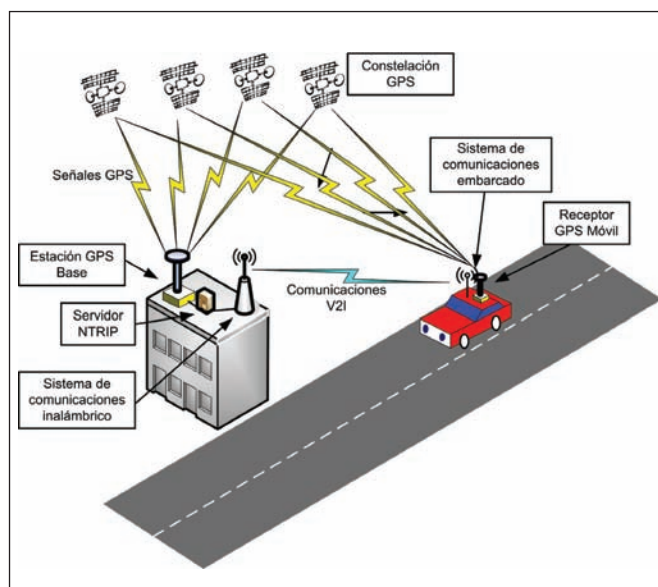


Figura 2: Corrección diferencial en el posicionamiento

radica en el hecho de generar bases de referencia virtuales cerca de receptor móvil a partir de la red de bases estacionarias del país, con lo que se incrementa la fiabilidad de la corrección.

Dentro de trabajos sobre seguridad en vehículos automóviles en los que se evalúan las tecnologías aplicables, la última solución ha sido ensayada y comparada con la de base de referencia propietaria sobre rutas que combinan tramos urbanos con interurbanos. La calidad del posicionamiento se ha medido siguiendo el estándar NMEA del GPS: posicionamiento tipo 4 o fijo para precisión centimétrica, tipo 5 o flotante para precisión submétrica, y tipo 1 o autónomo para precisiones de 10-15 metros. Se ha observado que la solución de base virtual mantiene los niveles de precisión incluso lejos del punto de origen (en el entorno de los 80-100



km), al menos de tipo 5, donde una base fija no podría actuar, aunque ésta ofrece un mejor comportamiento en sus proximidades, manteniendo durante un elevado tiempo (superior al 60 %) calidad de tipo 4. Sin embargo, aún en las condiciones más favorables, no se logra mantener dicha calidad de forma continua con ninguna de las soluciones analizadas, lo que dificulta su uso en algunas aplicaciones ADAS, especialmente aquellas que necesitan posicionamiento en el carril.

Por otra parte, las mayores exigencias sobre los mapas electrónicos involucran nuevos sensores y sistemas de recogida y procesamiento de las medidas, nuevas técnicas de validación de datos y de verificación de la consistencia de los mismos, y nuevas herramientas para la distribución y actualización de la

La construcción de los mapas digitales de carreteras se puede obtener por diferentes medios como la digitalización de mapas convencionales o el tratamiento de fotografías aéreas.

	Sistemas inerciales de medida	Sistemas globales de posicionamiento (GPS)
Precisión	Dependiente del equipamiento. Error acumulativo debido a la integración de las variables medidas (dependiente de la distancia recorrida)	Nivel de precisión dependiente del funcionamiento absoluto o diferencial (errores de hasta 1 o 2 decenas de metros)
Robustez	Señal sin discontinuidades	Pérdidas y deterioros de la señal en túneles, zonas urbanas, etc que conducen a discontinuidades en los resultados
Referencia	No dispone de una referencia absoluta, que se debe introducir externamente	Proporciona una referencia absoluta
Tipo de información	Permite obtener la geometría de la carretera completa en planta y alzado	Permite la obtención de coordenadas del trazado en planta y alzado, a excepción del peralte

Tabla 2: Comparación de prestaciones ofrecidas por dos métodos de obtención del mapa electrónico con vehículo instrumentado

base de datos. En este sentido, el proyecto EDMap establecía como objetivos identificar las aplicaciones de seguridad, sus requerimientos y las tecnologías que podían ofrecer mapas que cumpliesen con ellas.

La construcción de los mapas digitales de carreteras se puede obtener por diferentes medios como la digitalización de mapas convencionales o el tratamiento de fotografías aéreas. Cuando se requiere combinar precisión y rapidez de medida y poder acceder a información diversa (geométrica, señales, intersecciones, etc), una solución planteada hace años es el uso de vehículos instrumentados, técnica muy extendida en la actualidad. Dentro de la instrumentación, tradicionalmente, se opta por dos opciones, sistemas inerciales y posicionamiento por satélite, que se suelen combinar y cuyas principales características se recogen en la tabla 2. Dicha combinación pretende explotar las ventajas de cada uno de los sistemas, ya que la acumulación de errores de los sistemas inerciales (dependiente de la precisión y resolución de los equipos de medida, pero que supera, aún en condiciones muy favorables, el 0.05 %) impide su uso continuado en distancias largas si se requiere posicionamiento en el carril, y se hacen necesarias correcciones con posicionamiento absoluto preciso de tipo 4. En este sentido, cabe indicar la diferencia de procesamiento en tiempo real a través de filtros de *Kalman* que está sujeto a errores en puntos críticos como salidas de túneles largos donde se recupera la señal del GPS y el error acumulado por el sistema inercial es relevante, y el postratamiento de datos donde es posible establecer correcciones en función de los resultados de puntos posteriores de la trayectoria donde esté garantizado un mayor grado de precisión.

Por último, cabe indicar la interrelación entre el posicionamiento y la localización en el mapa electrónico. Este problema, conocido por la denominación anglosajona “*map-matching*”, no resulta trivial cuando se trata con mapas y/o

sistemas de posicionamiento imprecisos, como los actuales. En tales casos la asignación de una localización GPS concreta de un vehículo a una vía de circulación presenta dificultades en entornos complejos como los urbanos, nudos de carreteras y calzadas cercanas y paralelas, debiendo recurrirse a otras señales como sensores inerciales y a la consideración de la evolución de la posición en los instantes precedentes, lo que implica la implementación de algoritmos más o menos complejos y fiables. Así, los errores en esta asignación acrecientan aún más la inviabilidad de emplear el posicionamiento en muchas aplicaciones ADAS.

4.- CONCLUSIONES

En la actualidad, el posicionamiento de vehículos en mapas electrónicos está fundamentalmente orientado a aplicaciones de navegación y seguimiento. Sin embargo, nuevos sistemas, principalmente orientados a la mejora de la seguridad, requieren mayores niveles de precisión y detalle.

Un análisis de los sistemas actuales de posicionamiento muestra que, si bien se pueden alcanzar buenas precisiones, la falta de integridad y robustez de la señal no garantizan que siempre se cumplan las especificaciones requeridas, con lo que no son suficientemente fiables y eficaces para su uso en algunas aplicaciones ADAS y, obviamente, en sistemas de conducción automática o semi-automática en toda la red de carreteras. En este aspecto, puede resultar crucial para el avance de estas aplicaciones la puesta en marcha del sistema *Galileo* de posicionamiento por satélite. De igual forma, los mapas electrónicos actuales no contienen información suficiente como la geometría detallada de las vías que permita, por ejemplo, el cálculo de velocidades seguras de paso en tiempo real. Este mayor detalle y precisión acrecienta, a su vez, el problema de su actualización, para cuya solución se han

Un análisis de los sistemas actuales de posicionamiento muestra que, si bien se pueden alcanzar buenas precisiones, la falta de integridad y robustez de la señal no garantizan que siempre se cumplan las especificaciones requeridas, con lo que no son suficientemente fiables y eficaces para su uso en algunas aplicaciones ADAS y, obviamente, en sistemas de conducción automática o semi-automática en toda la red de carreteras.

probado diferentes medidas que eviten la costosa repetición de las medidas por las empresas que realizan los mapas (aplicaciones vía Internet para la introducción de cambios, incentivos económicos para los constructores de carreteras, equipos de mantenimiento, organismos oficiales responsables de las vías para la actualización de las bases de datos, etc).

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Baum Gabriel. "The infrastructure and evolution of mapmaking". En: *Actas del 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*. (Madrid 16 – 20 Noviembre 2003).
- Cascales-Moreno FJ. "Revisión del libro blanco de transportes". *DYNA Ingeniería e Industria*. Febrero 2007. Vol. 82-1. p. 35-36.
- EDMAP CONSORTIUM. *Enhanced digital mapping project. Final report*. Washington, EDMap Consortium, 2004, 189 p.
- ESAFETY FORUM. *Digital maps Working Group Final Report*. Bruselas, European Commission (eSafety Forum), 2005, 26 p.
- Jiménez-Alonso F. Aparicio-Izquierdo F. Paez-Ayuso J. "Evaluation of in vehicle dynamic speed assistance in Spain algorithm and driver behaviour". *IET Intelligent Transport System 2008*. Vol. 2-2. p. 132-142.
- Loewenau Jan, Hummelsheim Klaus, Bendafi Hocine, Entenmann Volker, Marquet Jerome, Lilli Francesco, Sabel Hans. *Final enhanced map database requirements, NextMAP project, Deliverable 2.2*. NextMAP Consortium, 2002, 64 p.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Road Safety. Impact of New Technologies*. Francia, OECD Publications, 2003, 91 p.
- Shladover Steven, Tan Swe-Kuang. "Analysis of Vehicle Positioning Accuracy Requirements for Communication-Based Cooperative Collision Warning", *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 2006, Vol 10, núm 3, p. 131-140.
- Tan Han-Shue, Huang Jihua. "DGPS-Based Vehicle-to-Vehicle Cooperative Collision Warning: Engineering Feasibility Viewpoints", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2006, vol. 7, núm 7, p. 415-428.
- T'siobbel Stephen. "The road to safety maps". En: *Actas del 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*. (Madrid 16 – 20 Noviembre 2003).
- T'siobbel Stephen et al. *Map&ADAS subproject. Safety Digital Maps requirements. Deliverable 12.31*. Bruselas, Map&ADAS Consortium, 2004, 56 p.
- Wevers Kees, Lu Meng. "Digital maps, driving systems and traffic safety: the data chain for in-vehicle map databases". En: *Actas del 6th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*. (Aalborg 18 – 20 Junio 2007).
- White Christopher, Bernstein David, Kornhauser Alain. "Some map matching algorithms for personal navigation assistants". *Transportation Research Part C*, 2000, Vol 8, p 91-108.



Optimización del $t_{8/5}$ en la soldadura por arco de aceros inoxidables

*Optimization of $t_{8/5}$ for stainless
steels arc welding*

• Manuel Estrems-Amestoy
• Valentín Miguel-Eguía
• Eusebio José Martínez-Conesa

Dr. Ingeniero Industrial
Dr. Ingeniero Industrial
Ingeniero Industrial

Dpto. Ingeniería de Materiales y Fabricación. UPCT. Cartagena
Dpto. Mecánica Aplicada e Ingeniería de Proyectos. UCLM. Albacete
Dpto. Arquitectura y Tecnología Edificación. UPCT. Cartagena.

Recibido: 30/09/08 • Aceptado: 12/11/09

ABSTRACT

- The use of Stainless Steels in buildings applications is increasing due to the good properties of these steels, especially the esthetical appearance and the low maintenance working needs. One of the features to be considered in stainless steels structures is the joining of the different parts by welding processes that causes thermal consequences to the material. After welding, the cooling between 850°C and 450°C may produce the presence of fragile compounds. So, it is important to decrease cooling time between these temperatures up to a minimum value. In this work, the well-known $t_{8/5}$ parameter is selected as a welding process quality indicator. The $t_{8/5}$ value optimization is carried out by the Response Surface Method (RSM) for austenitic stainless steel sheet, welded by Gas Tungsten Arc Welding process. The thermal flow is considered bidimensional and the typical process parameter values are obtained from a previous numerical method.
- **Key words:** $t_{8/5}$, stainless steels structures, response surface method, arc welding.

RESUMEN

En edificación e ingeniería civil, el empleo del acero inoxidable tiende a crecer gracias a su calidad estética y facilidad de mantenimiento. Sin embargo, esta expansión como material estructural aún se ve restringida a obras singulares y de prestigio. Uno de los aspectos a considerar en la construcción con estructuras ligeras de acero inoxidable es la unión de partes mediante soldadura, debido a la afección térmica del proceso sobre el material. Durante el enfriamiento en el intervalo de temperaturas de 850°C a 450°C, se puede producir la precipitación de fases frágiles si no se adoptan otros tipos de precauciones. Por ello, interesa minimizar en la medida de lo posible el tiempo de transición entre ambas temperaturas. En este trabajo se utiliza como indicador de calidad del proceso de soldeo el conocido parámetro $t_{8/5}$ o tiempo transcurrido durante el enfriamiento desde 850°C a 450°C de un punto perteneciente a la zona afectada térmicamente del material (ZAT). Se estudia la optimización del

parámetro $t_{8/5}$, mediante el método de la superficie de respuesta aplicado a soldadura por arco TIG de chapa delgada de acero inoxidable tipo AISI 304, para espesores menores de 3 mm, donde el flujo térmico es considerado bidimensional. Los valores de respuesta del proceso son obtenidos a partir de la aplicación de un método numérico.

Palabras clave: $t_{8/5}$, acero inoxidable en la edificación, método de superficie de respuesta, soldadura por arco eléctrico.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- CASOS Y PROBLEMAS DE DISEÑO

Los aceros inoxidables austeníticos se utilizan en aplicaciones que requieren un buen acabado estético a la vez que una adecuada resistencia a la corrosión. En edificación e ingeniería civil, las cualidades citadas junto con la facilidad de mantenimiento han sido las bases de un uso creciente. Sin embargo, esta expansión como material estructural aún se ve restringida a obras

singulares y de prestigio debido a que el coste inicial de una estructura de acero inoxidable es aproximadamente cuatro veces superior a la misma concebida con acero al carbono. De hecho, en la actualidad, el uso del acero inoxidable en construcción está limitado a componentes especialmente expuestos a corrosión y/o de difícil mantenimiento.

Uno de los argumentos que está tomando mayor fuerza hoy en día para justificar su empleo, además de las ventajas ya citadas, es la durabilidad del material. Este hecho representa una clara ventaja económica si se tiene en cuenta la vida útil de la estructura, con la correspondiente reducción de costes debidos al mantenimiento de la misma [1]. No hay que olvidar también que, además de las propiedades de buena durabilidad y de excelente carácter estético del material, los aceros inoxidables austeníticos gozan de buenas propiedades mecánicas, así como de una alta resistencia frente al fuego, superior a la que tiene el acero al carbono [1].

En relación a la estética del material, se han desarrollado un gran número de acabados industriales con diferentes aspectos superficiales, lo que confiere cierta versatilidad en el diseño artístico [2]. Dichos acabados se encuentran normalizados [3].

Existen célebres ejemplos de aplicación del acero inoxidable en edificación, como es el *Edificio Chrysler* en New York, en el que toda la cúpula está recubierta de acero inoxidable tipo AISI 304 que proporciona una resistencia a la corrosión adecuada a un ambiente agresivo típico de las grandes ciudades con destacados contaminantes ambientales sulfurosos y por cloruros debidos al ambiente salino del mar [1]. Otros ejemplos famosos son el *Planetarium de Stuttgart* y el *Aeropuerto de Stansted* en Londres. En otro orden de magnitud podemos citar la estructura del ascensor externo del *Museo de Arte Reina Sofía*, con la construcción de tres torres de 36m de altura [4].

En la figura 1 se muestra una estructura de acceso a un parking realizada en acero inoxidable austenítico. En relación al uso del acero inoxidable en mobiliario urbano y ornamentos el empleo está ampliamente difundido, tal como se aprecia en las figuras 2 y 3.

Los aceros inoxidables austeníticos se utilizan en aplicaciones que requieren un buen acabado estético a la vez que una adecuada resistencia a la corrosión.



Figura 1. Acceso a un parking en un centro comercial.

Desde el punto de vista estructural no hay especificaciones de diseño totalmente desarrolladas en las normativas actuales para la optimización en construcción. Desde el inicio, las normas de diseño para el acero inoxidable se han basado en las del acero al carbono con algunas modificaciones, y es necesario desarrollar especificaciones relativas a estructuras de acero inoxidable debido a las diferentes características mecánicas que presenta [5]. Un paso importante ha sido el desarrollo de normativa europea para acero inoxidable, aunque ésta solo es considerada para estructuras ligeras [5], [6], lo que refleja la importancia del establecimiento de métodos de diseño eficientes en construcción ajustados a las propiedades específicas del acero inoxidable.

1.2.- DIFICULTADES DE EJECUCIÓN

Una de las mayores dificultades encontradas tradicionalmente en la realización de estructuras con acero inoxidable lo ha constituido la unión de los perfiles estructurales. En la actualidad, con las tecnologías de unión disponibles, la unión por soldadura por arco eléctrico resulta totalmente aplicable con las ventajas propias de este procedimiento. Ahora bien, las temperaturas que se alcanzan son elevadas por tratarse de procesos de unión con fusión de material, lo que puede modificar las propiedades mecánicas, químicas y estéticas del material si no se toman las precauciones adecuadas. En los procesos de soldadura con elevado flujo térmico, además de la zona de fusión, existe una afección térmica en las zonas adyacentes a aquélla, ZAT, cuyo tamaño depende del alcance de las transformaciones microestructurales que tienen lugar.

En los aceros inoxidables austeníticos, la zona afectada por el calor es relativamente tolerante al crecimiento de grano y a la precipitación de fases frágiles e intermetálicas. La precipitación de carburos de cromo en borde de grano austenítico tampoco constituye un problema si se controlan las condiciones de soldadura o si se emplean grados de



Figura 2. Monumento de acero inoxidable austenítico AISI 304



Figura 3. Farolas de acero inoxidable para la iluminación del puerto de Cartagena.

acero con bajo contenido en carbono o si disponen de elementos sensibilizadores que se combinan con él, garantizando la distribución uniforme del cromo contenido en el acero. Normalmente, los procedimientos de soldadura están diseñados para controlar el tiempo invertido en el rango de la temperatura crítica para los efectos de precipitación (450-900° C). No obstante, para reducir la posibilidad de fisuración en caliente del acero, es adecuado reducir las aportaciones de calor y los intercambios de temperatura cuando se lleven a cabo procedimientos de soldeo [7].

El concepto del tiempo de enfriamiento entre 800°C y 500°C, simbolizado como " $t_{8/5}$ ", es ampliamente aceptado, aunque en algunos casos se sigue investigando con otros rangos de temperaturas de enfriamiento. El factor $t_{8/5}$ es un parámetro que se puede controlar con mayor facilidad en los procesos automáticos que en los manuales. El principio se fundamenta en que para unas determinadas condiciones de soldeo, el ciclo térmico en puntos de la zona afectada térmicamente, ZAT, tendrá diferentes valores de temperatura máxima, de acuerdo a la distancia que se encuentren con respecto al centro del cordón de soldadura, pero el tiempo de enfriamiento entre 800°C y 500°C será aproximadamente igual si se mantienen constantes los parámetros de soldeo [8]. También se puede relacionar la variación del tiempo de enfriamiento $t_{8/5}$ con la dureza y la temperatura de transición entre la zona de alta y baja energía absorbida en el ensayo Charpy en aceros al carbono [9], aunque este tipo de fragilidad no se presenta en los aceros inoxidables. El control de la posible precipitación de fases, junto con el aporte térmico en el proceso de soldadura, justifica el estudio del factor $t_{8/5}$ en el soldeo de aceros inoxidables austeníticos.

1.3.- OBJETO Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

En este trabajo se aplica un método matemático para conocer el campo de temperaturas de un acero inoxidable austenítico del tipo AISI 304, en el proceso de soldadura del mismo. De este modo, se pueden seleccionar los parámetros de soldeo con el objetivo de obtener el valor esperable para el parámetro $t_{8/5}$. Para la optimización del tiempo de enfriamiento se pueden emplear diversos métodos analíticos y, en particular, la *Metodología de Superficie de Respuesta* (MSR), que permite optimizar una función de respuesta sujeta a diferentes variables independientes [10]. La MSR, se utiliza cuando las relaciones entre las variables, no están completamente relacionadas a partir de un modelo matemático exacto, sino que es necesario construir un modelo empírico para aproximar su comportamiento [11].

Para determinar el campo de temperaturas en una unión soldada se puede recurrir a métodos analíticos y numéricos de resolución de las ecuaciones diferenciales que definen el proceso de difusión térmica. Los métodos analíticos presentan como ventaja, frente a los experimentales, el permitir la obtención de soluciones para el ajuste de los parámetros de soldeo dirigidos a evitar efectos indeseados en la ZAT a partir de planteamientos sencillos. Los datos de temperatura considerados en el presente trabajo han sido obtenidos mediante un método numérico basado en la definición física del flujo bidimensional del calor considerando los cambios de fase y determinando la fracción líquida en cada punto del cordón [12]. En este trabajo se han obtenido todos los valores del campo de temperaturas en puntos situados a una distancia de 5 mm al cordón de soldadura.

METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Definición

La MSR es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para el análisis de problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras. El objetivo es optimizar la variable de interés. Esto se logra al determinar las condiciones óptimas de operación del sistema.

Terminología

1) Factores: Son las condiciones del proceso que influyen la variable de respuesta. Estos pueden ser cuantitativos o cualitativos.

2) Respuesta: Es una cantidad medible cuyo valor se ve afectado al cambiar los niveles de los factores. El interés principal es optimizar dicho valor.

3) Función respuesta: Cuando se indica que un valor de respuesta "Y" depende de los niveles $x_1, x_2, \dots, x_k$ de k factores, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k$ estamos diciendo que existe una función matemática de $x_1, x_2, \dots, x_k$ cuyo valor para una combinación dada de los niveles de los factores correspondientes a "Y," por lo tanto, $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$.

La función de respuesta se puede representar con una ecuación polinomial. El éxito en una investigación de una superficie de respuesta depende de que la respuesta se pueda ajustar a un polinomio de primer o segundo grado. Supongamos que la función de respuesta para los niveles de dos factores se puede expresar utilizando un polinomio de primer grado:

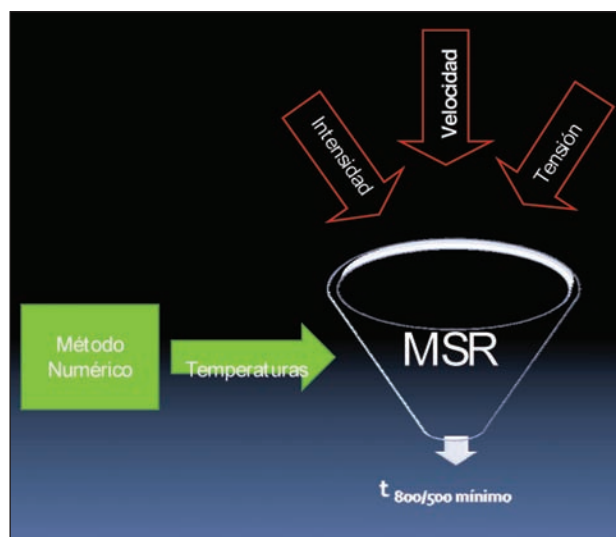
$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

Donde $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ son los coeficientes de regresión a estimar, x_1 y x_2 representan los niveles ε_1 y ε_2 respectivamente.

4) Superficie de Respuesta: La relación $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ entre "Y" y los niveles de los k factores $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k$ representa una superficie. Con k factores la superficie está en $K+1$ dimensiones. Por ejemplo cuando se tiene $Y=f(x_1)$ la superficie está en dos dimensiones, mientras que si tenemos $Y=f(x_1, x_2)$ la superficie está en tres dimensiones.



Aplicación del método de Superficie de Respuesta al cálculo tiempo del enfriamiento



2.- APLICACIÓN DEL METODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.

La metodología de superficie de respuesta consiste en la aplicación de un conjunto de técnicas matemáticas y

estadísticas con el objetivo de modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras. La principal utilidad de esta metodología es la optimización de la variable de interés. En el caso de la soldadura permite

determinar las condiciones óptimas de operación para minimizar las probabilidades de aparición de defectos en el cordón.

Los factores que condicionan el proceso e influyen en la variable de respuesta son, en el caso que nos ocupa, la potencia del arco eléctrico y la velocidad de soldeo. La respuesta del método se ve afectada al cambiar los niveles de los factores. En este trabajo la respuesta es el tiempo de enfriamiento tras el soldeo y el interés principal en la aplicación del método es optimizar dicho valor.

La función de respuesta se puede representar con una ecuación polinomial, siendo habitual que ésta se ajuste bien a un polinomio de primer o segundo grado [13]. En el modelo práctico aplicado en este trabajo, se ha considerado la influencia de las variables potencia del arco eléctrico, que aúna la tensión e intensidad de corriente en el arco, y velocidad de soldeo. De acuerdo con la metodología de superficie de respuesta el modelo que se obtiene es el que se indica en la ecuación (1).

$$t_{8/5} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j}^n b_{ij} X_i X_j + \hat{a} \quad (1)$$

Donde para $n=2$, X_1 y X_2 representan la potencia del arco eléctrico y velocidad de soldeo respectivamente. Los coeficientes de regresión correspondientes se indican como parámetros b y $\hat{a}$ representan el error experimental [10]. En relación a los niveles considerados, se han establecido los tres indicados en la tabla 1.

FACTORES	NIVELES			UNIDADES
	-1	0	1	
Potencia	910,00	1620,00	2530,00	W
Velocidad	3,30E-03	3,75E-03	4,16E-03	m/s

Tabla 1. Definición de niveles de las variables del proceso de soldadura por arco eléctrico.

	Potencia arco	Velocidad
Ensayo	P	v
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	1
4	0	-1
5	0	0
6	0	1
7	1	-1
8	1	0
9	1	1

Tabla 2. Diseño de experimentos; codificación de variables.

Con la combinación de los valores de las variables indicados en la tabla 1 se ha construido la matriz de experimentos conforme a lo indicado en la tabla 2, teniendo en cuenta los valores codificados de las variables conforme a los niveles (1, 0,-1). Estos niveles corresponden con los valores mínimo, medio y máximo de la potencia y velocidad de soldeo y los valores se han calculado mediante experimentos de soldadura, tal como se indica en [8]. En la tabla 3 se indican los valores de la matriz de experimentos para los valores numéricos de las variables, intensidad, tensión y velocidad de soldadura, considerando que la potencia es el producto de la intensidad por la tensión de soldeo.

El Método de Superficie de Respuesta requiere la resolución de la ecuación matricial que relaciona el tiempo de enfriamiento tras la soldadura, $t_{8/5}$, con los parámetros de soldeo seleccionados a partir de la matriz de experimentos indicados en ecuación (2).

$$[t_{8/5}] = [X] * [\beta]$$

(2)

Ensayo	I/V	Intensidad (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Veloc. (m/s)
1	70/13	70	13	910	0,0033
2	70/13	70	13	910	0,00375
3	70/13	70	13	910	0,00416
4	90/18	90	18	1620	0,0033
5	90/18	90	18	1620	0,00375
6	90/18	90	18	1620	0,00416
7	110/23	110	23	2530	0,0033
8	110/23	110	23	2530	0,00375
9	110/23	110	23	2530	0,00416

Tabla 3. Valores de la matriz de experimentos.

La matriz $[X]$ representa los términos independientes en el procedimiento, esto es los valores calculados de P^2 , v^2 , Pv , P y v , respectivamente conforme a lo que se indica en la ecuación (3).

$$t_{8/5} = aP^2 + bv^2 + cPv + dP + ev + f \quad (3)$$

Los términos a , b , c , d , e y f son los coeficientes a calcular para cada una de las combinaciones de variables consideradas en el diseño de experimentos, constituyendo los elementos de la matriz $[\beta]$.

De este modo, considerando los valores de las variables elegidas en el diseño de experimentos, la matriz $[X]$ obtenida es la siguiente:

$$[X] = \begin{bmatrix} 828100 & 0.00001089 & 3.003 & 910 & 0.0033 & 1 \\ 828100 & 0.00001406 & 3.4125 & 910 & 0.00375 & 1 \\ 828100 & 0.00001730 & 3.7856 & 910 & 0.00416 & 1 \\ 2624400 & 0.00001089 & 5.346 & 1620 & 0.0033 & 1 \\ 2624400 & 0.00001406 & 6.075 & 1620 & 0.00375 & 1 \\ 2624400 & 0.00001730 & 6.7392 & 1620 & 0.00416 & 1 \\ 6400900 & 0.00001089 & 8.349 & 2530 & 0.0033 & 1 \\ 6400900 & 0.00001406 & 9.4875 & 2530 & 0.00375 & 1 \\ 6400900 & 0.00001730 & 10.5248 & 2530 & 0.00416 & 1 \end{bmatrix}$$

Para calcular la matriz de coeficientes $[\beta]$ se tiene que plantear la ecuación matricial indicada en la ecuación (4) ya que es necesario transponer la matriz $[X]$ y multiplicarla por sí misma para poder resolver la ecuación. Ello se debe a que $[X]$ no es una matriz cuadrada y, por tanto, carece de inversa.

$$[\beta] = [X^T X]^{-1} [X^T] [t_{8/5}] \quad (4)$$

Según esto, la matriz $[t_{8/5}]$ contiene los valores del tiempo de enfriamiento calculados mediante el método numérico considerado en [12], que en este caso, está basado en el método de **Cranck-Nicholson** para la resolución de la ecuación diferencial del calor, a partir de las condiciones indicadas en la matriz de experimentos indicada en la tabla 3.1. Los valores son indicados a continuación.

$$[t_{8/5}] = \begin{bmatrix} 35.47 \\ 9.4 \\ 7.24 \\ 35.46 \\ 27.29 \\ 22.27 \\ 57.28 \\ 48.4 \\ 48.32 \end{bmatrix}$$

Finalmente, la matriz de coeficientes $[\beta]$ obtenida es la siguiente:

$$[\beta] = \begin{bmatrix} 6,05969E-06 \\ 30277095,02 \\ 13,58932515 \\ -0,050659085 \\ -268314,9224 \\ 588,3623086 \end{bmatrix}$$

Por consiguiente, la ecuación para el tiempo de enfriamiento $t_{8/5}$ queda modelizada como se establece en la ecuación (5). Para resolver las ecuaciones matriciales anteriores se ha empleado como apoyo de cálculo la aplicación informática MS-EXCEL 2007.

$$t_{8/5} = 6,06 \cdot 10^{-6} P^2 + 3,03 \cdot 10^7 v^2 + 13,59 Pv - 0,05 P - 2,68 \cdot 10^5 v + 588,36 \quad (5)$$

3. RESULTADOS DEL MÉTODO DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN.

Se ha modelizado el parámetro $t_{8/5}$ a partir de la propuesta del MSR conforme a la ecuación (5). En la fig. (4) se representa tridimensionalmente la superficie de respuesta correspondiente a dicha ecuación. Esto supone una aproximación inicial del método, de forma que se deben sustituir valores para las variables independientes que permitan obtener el entorno de optimización de la función. De este modo, se llega a la conclusión de que para cada valor de potencia seleccionado, P , se obtiene un $t_{8/5}$ mínimo.

En consecuencia, podemos afirmar que seleccionando una potencia adecuada al procedimiento de soldeo que se considere, existe un valor de la velocidad de soldadura que minimiza el tiempo de enfriamiento en el rango 800-500 °C. Para el caso concreto de una potencia de 910 W, se obtiene un $t_{8/5}$ mínimo de aproximadamente 21s para una velocidad de soldeo de 4,07 mm/s.

Para modelizar la función de respuesta en el entorno indicado, debería repetirse el procedimiento indicado en las ecuaciones (1) a (5). Así se obtendría una nueva superficie de respuesta más ajustada para los valores de P y v que hacen que el tiempo de enfriamiento sea mínimo, ecuación (6).

$$t_{8/5 \min} = f(v, P, Pv, v^2, P^2) \quad (6)$$

Una de las limitaciones del modelo matemático es que solamente se puede aplicar a chapas delgadas de espesor inferior de 3 mm, donde el flujo de calor es bidimensional, es decir, que la conducción del calor se efectúa en las direcciones paralelas al plano de la chapa

4.- CONCLUSIONES

Los ciclos temperatura-tiempo durante el proceso de soldeo tienen un efecto determinante sobre las propiedades mecánicas de una unión soldada como consecuencia de la afección del proceso térmico sobre el material. El ciclo de temperatura depende de los parámetros de soldeo seleccionados, dimensiones de las piezas a unir, forma de la unión, aporte térmico, temperatura de precalentamiento.

En este trabajo se ha utilizado un método numérico para determinar el campo de temperaturas de un acero inoxidable de espesor inferior a 3 mm y poder analizar el tiempo de enfriamiento tras la soldadura del mismo. A partir de los tiempos de enfriamiento obtenidos, con el modelo matemático [12], se ha determinado el valor

mínimo para el parámetro $t_{8/5}$ modelizado mediante la metodología de la Superficie de Respuesta. De este modo, se puede obtener el comportamiento de dicho parámetro en dicho entorno, en función de las variables consideradas. En este trabajo, las variables consideradas han sido la velocidad de soldeo y la potencia de soldadura.

El uso del presente modelo permitirá al ingeniero de soldadura realizar una simulación del tiempo de enfriamiento en la zona afectada térmicamente durante el proceso de soldeo, estableciéndose las condiciones de aporte térmico óptimas en operaciones de soldadura de metales con propiedades físicas y metalúrgicas conocidas.

Una de las limitaciones del modelo matemático es que solamente se puede aplicar a chapas delgadas de espesor

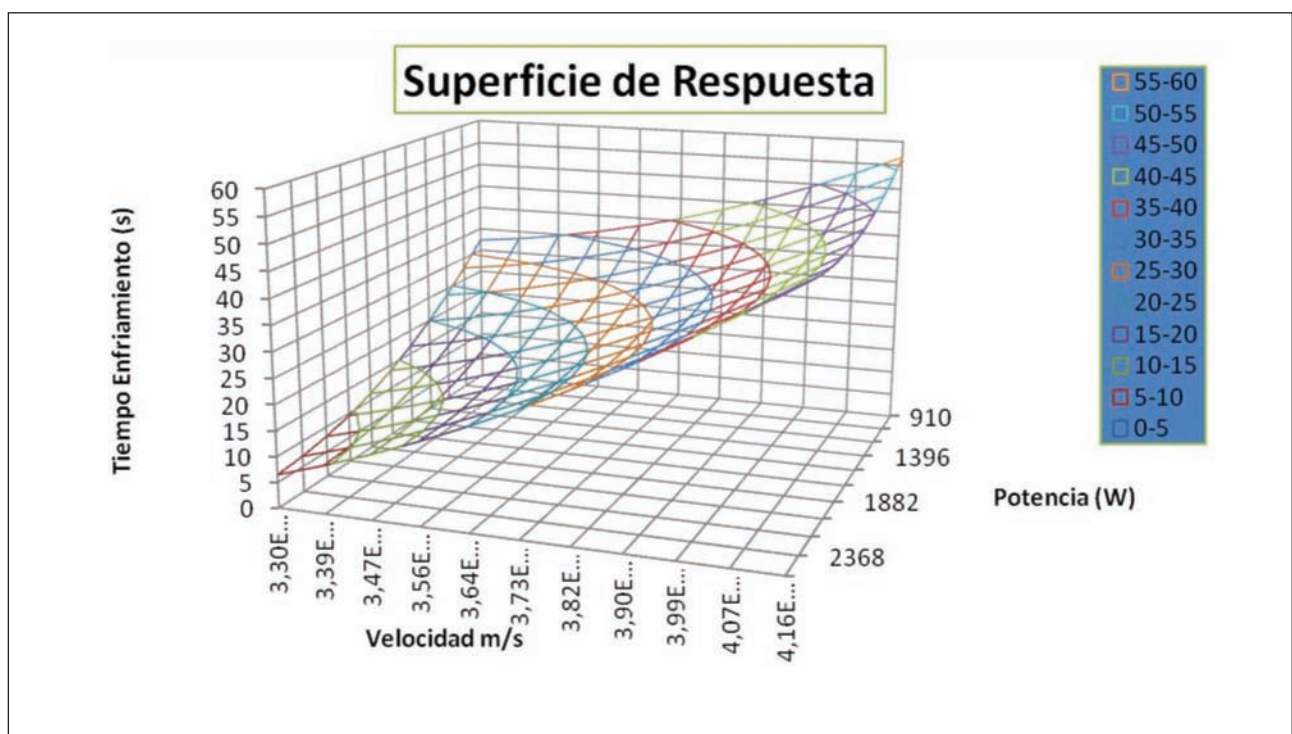


Figura 4. Gráfico resultado de optimización por MSR

El uso del presente modelo permitirá al ingeniero de soldadura realizar una simulación del tiempo de enfriamiento en la zona afectada térmicamente durante el proceso de soldeo

inferior de 3 mm, donde el flujo de calor es bidimensional, es decir, que la conducción del calor se efectúa en las direcciones paralelas al plano de la chapa.

El contraste del método presentado debe hacerse con resultados experimentales, de los valores del tiempo de enfriamiento tal como se indica en [8], efectuados con los valores correspondientes de dichas variables. La aplicación del modelo para otros materiales requiere realizar su validación mediante experimentos.

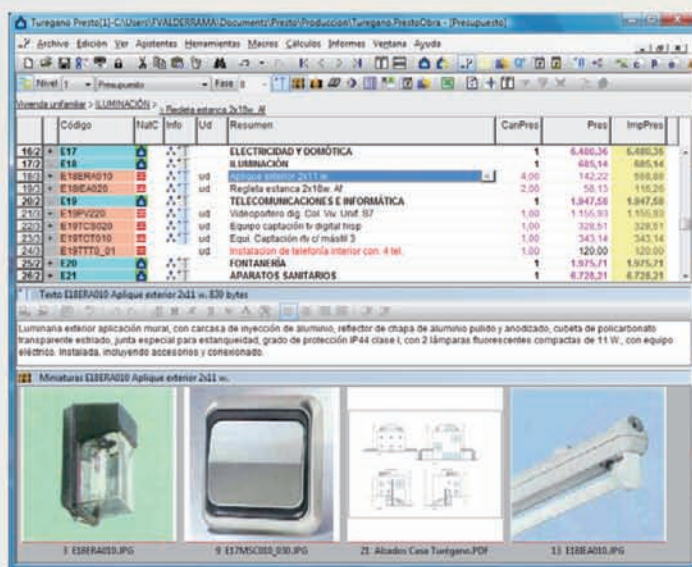
5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Real Esther. “Estudio teórico y experimental del comportamiento de vigas de acero inoxidable sometidos a flexión”. Director: Enrique Mirambell. Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Construcción, 2002.
- [2] Di Caprio Gabriele. “Los Aceros Inoxidables”, 3ª Edición. Milán: ed. Grupinox, 1999.121p. ISBN:84-8264-145-X
- [3] CEN. Stainless steel for architectural use. ENV 1993 -1-1. London, CEN, 1995.
- [4] “Acero Inoxidable”. Cedinox. 2007,nº 59. Madrid: Cedinox, Servicio de Publicaciones.
- [5] Arnedo Antonio et al.”Deformation of Flexural members of austenitic stainless steel”. *Journal of Constructional steel research*.1998, vol 46, núm 5, p. 25-32.
- [6] CEN. Design of steel structures: General rules: Supplementary rules for stainless steels. ENV 1993-1-4. London, CEN, 1996
- [7] AENOR. Recomendaciones para el soldeo de materiales metálicos. Parte 3: Solder por arco

de aceros inoxidables. UNE- EN-1011-3,.Madrid. AENOR, 1993.

- [8] Miguel Valentin, Martinez Eusebio José, Estrems Manuel. “Desarrollo de un procedimiento experimental para analizar el campo de temperaturas en la junta soldada de un acero inoxidable estructural.” En Actas del XII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. (Zaragoza 9-11 de Julio de 2008),II, [S.I.]: [s.n.],2008. p. 245-255.
- [9] AENOR. Recomendaciones para el soldeo de materiales metálicos. Parte 1: Guía general para el soldeo por arco. UNE- EN-1011-1, Madrid, AENOR, 1992.
- [10] Box George, et al. “On the Experimental Attainment of Optimum Conditions”, *Journal of the Royal Statistical* .1951, vol. 13, p.1-45.
- [11] Suzuki Tamoto et al.. “A Homogenization Method for Shape and Topology Optimization”. *Comp. Methods. Appl. Mech. Eng.* 1991, vol 93, p.291-318.
- [12] Estrems Manuel, Martinez Eusebio José, Miguel Valentin. “Aplicación de Crack-Nicholson para el cálculo de ZAT en la soldadura TIG de una estructura metálica de acero inoxidable.” En Actas del XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. (Vigo 25-27 de Septiembre de 2007),vII, [S.I.]: [s.n.],2007. p. 325-335.
- [13] AMAGO “Sizing Optimization Using Response Surface Method in FOA”, *Review of Toyota CRDL* 2001,Vol. 37, No.1, p. 230-237.

Presto: Más allá de las mediciones y los presupuestos



Integración de
presupuestos, textos y
documentación
gráfica

Cuadro de precios COIIC para instalaciones industriales

Obra civil: instalaciones eléctricas y telefonía
Obra civil: instalaciones hidráulicas y climatización
Generación eléctrica
Redes baja tensión y alumbrado
Electricidad: redes distribución interior
Iluminación
Instalaciones de media y alta tensión
Instalación contra incendios
Detección, análisis y control de CO
Instalaciones de fontanería
Red horizontal de saneamiento
Calefacción A.C.S.
Climatización: aire acondicionado y ventilación
Bombas y grupos presión
Instalaciones de gases comprimidos
Instalaciones de G.L.P.
Instalaciones de combustible
Instalaciones riego y jardinería
Instalaciones para piscinas
Instalaciones de frío industrial
Instalaciones audiovisuales
Seguridad y control de accesos
Instalaciones especiales
Instalaciones de hostelería y restauración
Seguridad e higiene
Análisis, pruebas y ensayos de instalaciones

- 1 Estudios previos de costes y honorarios
- 2 Acceso a catálogos de productos para la construcción
- 3 Intercambio de presupuestos
- 4 Medición de planos de AutoCAD
- 5 Importes por actividades, certificaciones y fases del presupuesto
- 6 Completa colección de actas y documentos de proyecto y obra
- 7 Fotos y archivos asociados al presupuesto, a fechas y a responsables
- 8 Combinación de tiempos y costes en el diagrama de barras
- 9 Seguimiento económico de la ejecución
- 10 Integración con seguridad y salud, control de calidad y gestión ambiental



Presupuestos, mediciones, tiempos
Seguridad y salud, calidad
Seguimiento, compras, costes

Para obtener más información
Manuel Silvela 15 5º. 28010-Madrid
presto@presto.es · www.presto.es
[34] 914 483 800



FONDOS DE ARQUEOLOGÍA INDUSTRIAL

Referencia:	250-C
Situación:	Colegio de Ingenieros Industriales Asturias y León
Denominación:	Reloj de sereno o vigilante nocturno
Finalidad:	Control, comprobación de vigilancia y recorrido de un sereno o vigilante de una factoría
Origen:	Adquirido a través de Internet
Antigüedad:	
Fabricante y modelo:	Filotecnica – Milano
Dimensiones y referencia:	Ref: 88 Dimensiones con estuche: 13 Ø x 8 cm
Características principales:	Reloj construido en latón cromado o acero inoxidable provisto de discos de papel registrador con funda de cuero, llave de la cuerda y correa de sujeción. El conjunto va equipado con un mecanismo de relojería
País y localidad de fabricación:	Milán – Italia
Grupo de clasificación:	04510020112
Valoración estimada:	216 €
Fecha:	23-04-2005



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 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)

• **ANDALUCÍA:** Decreto 23/2009, de 27 de enero, por el que se establece el marco regulador de las ayudas a favor del medio ambiente y del desarrollo energético sostenible que se concedan por la Administración de la Junta de Andalucía (BOJA de 6 de febrero de 2009).

El Decreto 23/2009, de 27 de enero, regula todas las ayudas en favor del medio ambiente y del desarrollo energético sostenible que conceda la Administración de la Junta de Andalucía y sus entidades instrumentales en el ámbito de sus respectivas competencias.

Se incluye en el ámbito de aplicación del presente Decreto:

- a) Las ayudas que se concedan a todos los sectores que se rigen por el Tratado CE.
- b) Las ayudas que se concedan a sectores sujetos a normas comunitarias específicas en materia de ayudas estatales (siderurgia, industria naval y de automoción, fibras sintéticas, transporte, carbón, agricultura y pesca) a menos que dichas normas específicas dispongan otra cosa.
- c) Las ayudas que se concedan para la protección del medio ambiente destinadas a empresas de transformación y comercialización de productos agrarios no previstos en el Programa de Desarrollo Rural 2007-2013.
- d) Las ayudas que se concedan a empresas dedicadas a la producción primaria agraria en la medida en que no estén

previstas en las Directrices comunitarias de ayudas estatales al sector Agrario y Forestal 2007-2013.

- e) La fase comercial de las Ecoinnovaciones, (la adquisición de un bien de ecoinnovación) entendiéndose como tales, los nuevos procesos, productos o servicios y los nuevos métodos empresariales o de gestión, cuya utilización o ejecución puedan prevenir o reducir sustancialmente los riesgos para el medio ambiente, la contaminación u otros impactos negativos del uso de recursos, a lo largo del ciclo de vida de las actividades a ellos vinculadas.

Entre las novedades que incorpora el presente Decreto se destaca lo relativo al efecto incentivador que deben generar las ayudas, en el sentido de inducir un cambio en el comportamiento con incidencia medioambiental de la persona o entidad beneficiaria, así como la exigencia de necesidad y proporcionalidad de las ayudas. Los costes elegibles han de basarse en la noción de costes adicionales, es decir los estrictamente necesarios para lograr los objetivos de aumentar la protección ambiental y basa su determinación en el cálculo directo, cuando los costes son fácilmente identificables o bien, cuando estos costes no se pueden identificar claramente, en el establecimiento de la “hipótesis de contraste”, o sea en la comparación de una inversión que incluye los costes de protección ambiental con otra, denominada “inversión de referencia”, que no incluye dichos costes y cuya diferencia es, precisamente la inversión adicional.

De esta manera, el artículo 2 de la norma señala que las ayudas reguladas en la norma irán destinadas a:

- a) La reducción de la contaminación que resulta de las actividades empresariales, incrementando el nivel de protección ambiental.
- b) El incremento del nivel de protección ambiental en el sector del transporte.
- c) El ahorro de la energía.
- d) El fomento de la energía procedente de fuentes renovables.
- e) La cogeneración.
- f) La climatización urbana energéticamente eficiente.



- g) La gestión de residuos.
- h) La recuperación de solares contaminados.
- i) La realización de estudios medioambientales y de desarrollo energético.

El presente Decreto define los diversos tipos de proyectos subvencionables, los conceptos elegibles que podrán ser objeto de las ayudas, las formas en que éstas se pueden materializar y los criterios para determinar su intensidad, expresada en tanto por ciento del coste de la inversión subvencionable.

• **ANDALUCÍA:** Orden de 4 de febrero de 2009, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2009-2014 (BOJA 13/02/2009).

La Orden de 4 de febrero de 2009 se adapta al Decreto 23/2009, de 27 de enero, por el que se establece el marco regulador de las ayudas a favor del medio ambiente y el desarrollo energético sostenible de Andalucía.

Así, la Orden tiene por objetivo contribuir a la mejora de la protección ambiental mediante el fomento del ahorro de energía, tanto en las nuevas instalaciones que se proyecten como en las existentes, incidiendo en la mejora de la eficiencia en el uso de la energía, en los centros principales de consumo, como es la industria, así como en sectores concretos en los que, progresivamente, está aumentando el uso de la energía, y en los servicios, especialmente comercio, oficinas, la hostelería y otros servicios, así como el transporte, en sus distintos ámbitos.

Para ello se concederán incentivos económicos que permitan a las empresas y demás beneficiarios optar por un proyecto que sea más respetuoso con la protección ambiental,

ya que todo ahorro de energía o producción de energía procedente de fuentes renovables tendrá un efecto beneficioso para la protección del medio ambiente.

Las ayudas se concederán a las empresas y demás beneficiarios para proyectos de gasto que redunden en un uso más eficiente de la energía o que propicie el uso de las fuentes energéticas renovables.

La líneas de proyectos incentivables son las referidas a: Ahorro y eficiencia energética; Energías renovables; Aprovechamiento energético y valorización energética; Estudios, auditorías y consultorías energéticas y acciones de difusión; Infraestructura energética (Infraestructura gasista, eléctrica y distribución de energía térmica).

• **CATALUÑA:** Decreto 32/2009, de 24 de febrero, sobre la valorización de escorias siderúrgicas (DOGC 27/02/2009)

El Decreto 32/2009, de 24 de febrero, establece los requisitos medioambientales, el procedimiento administrativo para la valorización de las escorias siderúrgicas, y las obligaciones de las personas productoras, tratadoras y usuarias de estas escorias, garantizando la protección de la salud de las personas y del medio ambiente.

A los efectos de la presente norma se define por:

- *Escoria siderúrgica: residuo procedente de la fabricación de acero en horno de arco eléctrico que se forma una vez acabado el proceso térmico o bien es retirado del baño metálico, en el que sobrenada, mediante la operación de desescoriación y una vez separada la fracción férrea.*
- *Escoria siderúrgica valorizable: material inorgánico, obtenido mediante operaciones de tratamiento y adecuación de la escoria siderúrgica, que presenta características técnica aptas para ser utilizado como sustituto de árido natural, de acuerdo con los requisitos establecidos en el presente Decreto*

En el artículo 4 de la norma se establece que la actividad de tratamiento de las escorias en plantas externas quedará sometida al régimen de autorización o licencia ambiental de la Ley 3/1998, de 27 de febrero, de la intervención integral de la administración ambiental.

Y, el tratamiento en origen de las escorias se tendrá que incluir en la autorización o licencia ambiental, necesaria para el ejercicio de la actividad que las genera, de acuerdo a la Ley 3/1998, de 27 de febrero.

Los requisitos que habrán de cumplir las escorias siderúrgicas para ser declaradas como valorizables para su uso en obra civil se determinan en el artículo 5 del Decreto.

En dicho artículo se señala que para que se declare la

escoria siderúrgica como valorizable para su uso en obra civil se deberán realizar previamente los análisis conforme a lo que establecen los anexos II y III del Decreto, por un laboratorio acreditado por el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda en el ámbito de los residuos.

Asimismo, se establece que una escoria siderúrgica se considerará valorizable para su uso en obra civil si los resultados de los análisis no superan los valores siguientes:

Parámetros	Unidad (1)	Valor límite
Arsénico	mg/kg	0,5
Bario	mg/kg	20
Cadmio	mg/kg	0,04
Cromo total	mg/kg	0,5
Cobre	mg/kg	2
Mercurio	mg/kg	0,01
Molibdeno	mg/kg	0,5
Niquel	mg/kg	0,4
Plomo	mg/kg	0,5
Antimonio	mg/kg	0,06
Selenio	mg/kg	0,1
Cinc	mg/kg	4
Cloruros	mg/kg	800
Fluoruros	mg/kg	18
Sulfatos	mg/kg	1000

Las unidades corresponden a mg/kg de materia seca.

Las determinaciones analíticas se realizarán sobre el lixiviado de la escoria siderúrgica, obtenido de acuerdo con la norma EN 12457-4:2002 (L/S= 1/Kg).

Para que una escoria siderúrgica sea declarada valorizable, el productor o poseedor de la misma tendrá que presentar una solicitud ante la Agencia de Residuos de Cataluña, acompañada de las analíticas que se indican en los anexos II y III del presente Decreto.

En el plazo máximo de seis meses, el director de la Agencia de Residuos de Cataluña tendrá que resolver la solicitud. Transcurrido el plazo sin que se haya notificado una resolución expresa el interesado podrá entender estimada su solicitud.

Una vez declaradas las escorias siderúrgicas como valorizables se podrán utilizar como árido en obra civil en las aplicaciones del anexo IV, que se señalan a continuación:

- Como base, subbase y explanada mejorada de carreteras, vías públicas o privadas, urbanización de áreas industriales y estabilización física de suelos, siempre que la capa de escoria siderúrgica valorizable no supere un grueso de 70 cm y se disponga de una capa de rodamiento asfáltico, de hormigón, o una capa impermeable en la superficie.

- En la nivelación de terrenos y terraplenes, con un grueso máximo de escorias siderúrgicas valorizables de 1 m por término medio cada 1.000m² de extensión, sin sobrepasar los 2 m de altura, y siempre que la superficie sea recubierta después con una capa impermeable de una permeabilidad inferior a 10⁻⁹ m/s.
- Como material para capa de rodamiento con mezcla bituminosa, en carreteras y vías de tráfico públicas o privadas.
- Como subbalasto de vías férreas sobre suelos arcillosos o poco permeables, con una capa de escoria siderúrgica valorizable que no supere los 50 cm de grueso, siempre que ésta esté confinada, disponga de un cubrimiento superficial impermeable y que esté recubierta por una capa superior en obras portuarias.
- Como material de la capa de asentamiento en el sellado de depósitos controlados, así como en el cubrimiento de pistas del interior del vaso de deposición.

Asimismo, el artículo 8 señala que la Agencia de Residuos de Cataluña podrá autorizar la utilización de las escorias siderúrgicas valorizables en obra civil para usos no previstos en el anexo IV. Para ello, el productor tendrá que presentar una solicitud al efecto, en la que se acredite que la actuación propuesta es ambientalmente correcta, no afecta a la salud de las personas y no afecta a la calidad de las aguas ni a los bienes que integran el dominio público hidráulico, el suelo, y los recursos naturales.

Por último, en los artículos 9, 10 y 11 del Decreto se determinan las obligaciones que tendrán que cumplir los productores, tratadores y usuarios de las escorias siderúrgicas valorizables:

- Obligaciones del productor:

- Incluirá en la Declaración anual de residuos industriales los datos relativos a la cantidad generada y la gestión llevada a cabo.
- En caso de que el productor opte por un tratamiento externo de las escorias, previo a su utilización, las habrá de entregar a un gestor autorizado e inscrito en el Registro General de Gestores de Residuos de Cataluña.

- Obligaciones del tratador:

- Habrá de mantener un registro de las entregas de las escorias siderúrgicas valorizables.
- En caso de destinar las escorias siderúrgicas valorizables a los usos como árido en obra civil, el tratador tendrá que realizar un análisis de seguimiento de las escorias para verificar el cumplimiento de los valores límites establecidos en el anexo II.

- Será responsable de garantizar que las escorias valorizables se entreguen para ser utilizadas para usos permitidos en este Decreto.

- Obligaciones del usuario:

- Informar al tratador sobre el uso previsto de ésta y habrá de aportar la documentación que lo acredite
- Es responsable de utilizar las escorias valorizables de acuerdo con lo que establece el presente Decreto.

• **EXTREMADURA: DECRETO 18/2009, de 6 de febrero, por el que se simplifica la tramitación administrativa de las actividades clasificadas de pequeño impacto en el medio ambiente(DOE 12/02/2009)**

El presente Decreto tiene por objeto simplificar el procedimiento administrativo de otorgamiento de licencia de instalación a la que se refiere el Reglamento 2414/1961, de 30 de noviembre, de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, para las actividades clasificadas de pequeño impacto en el medio ambiente, que se determinan en el anexo de éste Decreto, suprimiendo para las mismas el trámite de calificación e informe por parte de la Comisión de Actividades Clasificadas de Extremadura.

La referida norma entiende como actividades clasificadas de pequeño impacto en el medio ambiente aquellas que, o bien no provocan impactos ambientales, o los mismos son de carácter compatible y reversible en el corto plazo, y que por su escasa incidencia sobre el medio ambiente pueden ser calificadas e informadas definitivamente por los servicios técnicos municipales, que en la actualidad emiten los preceptivos informes previos que son remitidos por los Ayuntamientos, a la Comisión de Actividades Clasificadas de Extremadura.

Serán competentes para calificar, informar y otorgar la licencia de instalación para las actividades clasificadas de pequeño impacto, el Ayuntamiento en cuyo término municipal se ubique la actividad, no obstante, éstos podrán recabar asistencia de otras Administraciones u otras entidades de derecho público.

El procedimiento para la calificación, informe y otorgamiento de la licencia se ajustará a lo establecido en el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades, Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, excepto en lo que se refiere a la intervención de la Comisión de Actividades Clasificadas de Extremadura.

De esta forma, la calificación e informe de las actividades de pequeño impacto en el medio ambiente se efectuarán por los servicios técnicos municipales, a la vista de las alegaciones presentadas y de los informes sectoriales recabados.



El otorgamiento de la licencia de instalación para este tipo de actividades se integrará en el procedimiento de la licencia urbanística, de acuerdo con el artículo 178 de la Ley 15/2001, de 14 de diciembre, del Suelo y Ordenación Territorial de Extremadura.

Una vez otorgada la licencia de instalación, no podrá iniciarse la actividad sin que previamente se compruebe el cumplimiento de las condiciones que ella se hayan fijado y se otorgue la correspondiente licencia de usos y actividades, conforme al artículo 184 de la Ley 15/2001, de 14 de diciembre.

Por último, el Decreto establece en su Disposición adicional tercera que los artículos 31, 32 y 33 del Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, no serán aplicables en la tramitación de los expedientes de las actividades clasificadas de pequeño impacto en el medio ambiente.

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: dyna@revistadyna.com de la revista DYNA o a nuestra página web <http://www.mas-abogados.com>, (sección *contactar*). En ellas, también se podrán solicitar los textos completos de las normativas comentadas en esta Sección.

Normas resumidas para los autores de artículos

Brief paper's instructions for authors

- 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 para autores de otra lengua) 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 DYNA en www.revistadyna.com
- 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 éste 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> (en el apartado de "autores y evaluadores").
- Paper will be original and unpublished and it must not be concurrently submitted for publication elsewhere.
- **Preference** will be given to article on the main subject areas of the magazine.
- Articles should be written in spanish (or english for authors of another language) and should fulfil the following requirements:
 - **Title** in both **english** and **spanish** with a maximum length of 50 characters.
 - Brief Summary or Abstract, between 150 and 250 words, in Spanish and English.
 - Between three and five key words in english and spanish, that allow to identify the paper thematic
 - Written text should not exceed **6.000 words**, or 17 A4 format pages in 10 size arial font single-spaced (For longer lengths consult with DYNA)
 - Bibliographical references according to DYNA norms at www.revistadyna.com
- To facilitate the "peer review" process, the author will assign the six digits DYNA code corresponding to the paper thematic, selecting it between the codes available at the Internet address: www.revistadyna.com
- Papers should be sent by our web page (envío artículos), in .DOC (MSWord), .RTF, or .TXT format. It is recommended a minimum quality of 300 ppp for the pictures that are enclosed to the article. These papers will include: Article title, author name, academic title, company or institution, email, correspondence address and telephone.
- All papers must pass the Editorial Board (EB) evaluation process. The "peer review" will be made by the Editorial experts or those that the EB decides. The evaluation result will be directly communicated to the author. In case of discrepancy, the publisher will put the work under an external reviewer to the magazine whose decision will again be transferred to the author.
- The authors accept the text correction and the style revision to maintain uniformity criteria for the magazine.
- The magazine reserves the right to not accept articles which do not comply with said instructions.
- To find more details about these instructions, please visit our web page <http://www.revistadyna.com> (authors and referees section).

PROGRAMA DE MONOGRÁFICOS

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 3 meses antes de la publicación del monográfico, para que la revisión se realice con el margen de tiempo suficiente.

Seguridad (Mayo 2009)

- 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

Innovación (Septiembre 2009)

- 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

Energía (Noviembre 2009)

- 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

Gestión, Organización y Logística (Febrero-2010)

- Gestión y dirección de empresas de producción y servicios
- Compras, logística, producción, procesos, productos, costes, mantenimiento o gestión de proyectos
- Diseño de Sistemas productivos y logísticos con restricciones técnicas y de recursos.
- Evaluación del rendimiento de dichos Sistemas
- Sistemas informáticos de Gestión
- Herramientas: 6 sigma, EFQM, TOC, MRP, TQM, ...

+ POR —

EN EL SEGURO DE TU AUTOMÓVIL

**amic senior,
el mejor seguro para conductores con experiencia**

PROMOCIÓN ESPECIAL **ONLINE**
PARA INGENIEROS INDUSTRIALES, FAMILIARES Y AMIGOS

TE REGALAMOS
HASTA EL 20%
DE LA PRIMA
DE TU SEGURO



**COGE EL DESVÍO
DEL AHORRO**

901 12 34 12

www.industriales.amicsenior.es

Y ADEMÁS, **SÓLO** POR SOLICITAR
PRESUPUESTO **ONLINE**, PARTICIPARÁS
EN EL SORTEO DE

8 Wii + Mariokart + Wii Fit



Promoción válida en todo el territorio nacional hasta el 29/1/10. Las bases de la promoción y de los sorteos están disponibles en todas las delegaciones de AMIC y en Internet. Las condiciones de uso de la tarjeta "Tu regalo" se incluyen en las bases de la promoción. Los sorteos se celebrarán ante Notario en las fechas indicadas en las bases.
AMIC SEGUROS GENERALES, S.A.U. C.I.F.: A78920105. Registro Mercantil de Madrid, tomo 9100 general, 7925 de la sección 3ª del libro de Sociedades, folio 200, hoja número 85375, inscripción 1ª. C/ Príncipe de Vergara, 11 - 28001 Madrid.