



COAIN

INGENIEROS INDUSTRIALES

Nº 1 - 2014



ENTREVISTA CON:

Víctor SOLA

Director Nuclear
de Gas Natural Fenosa

Tesla

REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL Y LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID



Rehabilitación y Eficiencia energética

LOCTITE®

Todo resultado perfecto
empieza con
la herramienta perfecta

Stand 618 / PAB. 3
2-7 JUNIO / 2014
28 BIEMH
BIENAL ESPAÑOLA
DE MÁQUINA-HERRAMIENTA



Tú haces que funcione. Con LOCTITE.

El experto en adhesión, sellado, limpieza, lubricación,
protección y reconstrucción de superficies.

Descúbrelo todo en: www.loctite-maintenance.es



Excellence is our Passion

SUMARIO

TESLA nº1 | Primavera 2014

www.coiim.es

TESLA

Revista del Colegio Oficial
y la Asociación de Ingenieros
Industriales de Madrid (COAIN)

COIIM

C/ Hernán Cortés, 13. 28004 Madrid
Tel.: 91 531 55 83 - Fax: 91 531 72 33
coiim@coiim.org - www.coiim.es

AIIM

Carrera de San Jerónimo, 5.
28014 Madrid
Tel.: 915 21 40 41 - Fax: 91.531.00.28.
www.aiim.es - aiim@aiim.es

JUNTA DE GOBIERNO DEL COIIM

DECANA

María-Teresa Estevan Bolea

SECRETARIO

Galo Gutiérrez Monzonís

VICEDECANA

Cristina Prieto

INTERVENTOR

César Franco

TESORERO

Enrique F. Llorente

JUNTA DIRECTIVA DE LA AIIM

PRESIDENTE

Miguel Ángel Martínez Lucio

VICEPRESIDENTE

Pedro Pérez Buendía

SECRETARIO

Alfredo Vígara Murillo

INTERVENTOR

José María de Miguel García

TESORERO

Juan José Layda Ferrer

REVISTA TESLA

DIRECTOR

Miguel Ángel Martínez Lucio

CONSEJO EDITORIAL

María-Teresa Estevan Bolea

Pedro Pérez Buendía

Galo Gutiérrez Monzonís

César Franco

Juan José Layda Ferrer

Mercedes Fajardo

José Francisco Morales

Bertha Claure

COORDINADOR EDITORIAL

José Francisco Morales



3 Editorial

4 Entrevista

Víctor Sola. Director Nuclear de Gas Natural Fenosa

10 Actualidad COAIN

10 Carta al Ministro de Educación, Cultura y Deporte

12 Noticias

16 Delegaciones

20 A Fondo

La reforma regulatoria del Sector Eléctrico.

Jaime Segarra

26 De Interés

26 Hidrocarburos no convencionales en EE UU y sus implicaciones.

Jorge Sanz Oliva, David Gómez Jiménez y

Jaime Portero Larragueta

37 Impresión 3D: algunos conceptos básicos. *Víctor López García*

51 Actualidad Sectorial:

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y REHABILITACIÓN INTEGRAL
DE EDIFICIOS. *Manuel Soriano*

55 Rehabilitación energética y financiación. *Julio Rodríguez López*

59 La rehabilitación en España. *Francisco de Borja Díaz*

61 Eficiencia en las instalaciones térmicas. Soluciones
con el gas de Repsol. *Ignacio Leiva Pozo*

63 Rehabilitación de edificios: en busca de un nuevo modelo
de negocio. *María Rodríguez de la Rubia*





Colegio Oficial de
Ingenieros Industriales
de Madrid

El Centro del Ingeniero COIIM

- Si eres ingeniero industrial
- Estas colegiado en el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid *
- Y necesitas una oficina para trabajar...

...nosotros la tenemos,

**en el centro de Madrid,
disponible para tí
y sin gastos**

**Infórmate en nuestras oficinas
Calle Hernán cortés 13
91 531 55 83**



*Cuota de colegiación: 130 € al año



Nueva etapa: primer número

Con la revista que tienes en tus manos, el Colegio y la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid inician conjuntamente la publicación de una nueva revista de la ingeniería industrial. Parece un paso obligado que dos entidades que trabajan coordinadamente en el mismo ámbito de competencia y que tienen un colectivo de colegiados y socios comunes tengan una única revista. Este es el motivo principal para lanzar la nueva publicación, con ello evitarnos duplicar la información sobre las actividades que se desarrolla tanto en el Colegio como en la Asociación. Tratamos de conseguir una revista más atractiva con artículos técnicos y entrevistas a personalidades del mundo industrial, además de mantenerte informado de las modificaciones normativas que nos afectan tanto en los aspectos técnicos como profesionales.

La nueva revista recogerá lo mejor de las que veníamos publicando, tratando de dar una información actual e interesante para los ingenieros industriales.

La revista se llama TESLA, pero ¿por qué llamarla TESLA?, como sabéis Nikola Tesla es uno de los inventores más importantes e imaginativos, es el padre del sistema de distribución de la energía eléctrica y de la base del desarrollo que ésta ha tenido, las bobinas y los motores de inducción, del alternador, de las lámparas de inducción, del electromagnetismo, del radar, de la radio (se le reconoció su patente en 1943), del control remoto y de un sinfín de inventos y teorías. Por todo ello se le considera el iniciador de la moderna tecnología y sus trabajos han dado lugar a importantes desarrollos durante el siglo XX, permaneciendo sus teorías plenamente vigentes.

De personalidad controvertida, todos reconocen que en el ámbito de la ingeniería fue un genio. Nadie como Tesla representa lo que es nuestra carrera: realizó trabajos de electricidad, mecánica, química, robótica, comunicación, control remoto, etc. En todas ellas con importantísimas aportaciones, si bien no tuvo éxito en el desarrollo empresarial de sus patentes, ya que al final de su vida estaba arruinado.

Tesla era un ingeniero pluridisciplinar y generalista que es lo que pretende representar hoy en día la ingeniería industrial. Por lo que representa como científico, inventor e ingeniero, queremos tenerle muy presente y honrar su nombre con nuestra revista.

Desde la revista se expondrán los problemas actuales que afecten a los ingenieros industriales, de forma que podamos tener opinión sobre ellos y cómo nos afectan en los ámbitos profesional y social. Así, actualmente nuestros órganos representativos están trabajando para que se reconozca a todos los ingenieros industriales anteriores a la entrada en funcionamiento del Espacio Europeo de Enseñanzas Superiores, más conocido como Plan Bolonia, sus títulos como de Grado+ Máster.

Creemos en la necesidad y justicia de este reconocimiento ya que nos vemos en muchos casos, perjudicados, al igual que nuestras empresas, al infravalorarse tanto a nivel personal como en los concursos y contratos internacionales, las titulaciones de los ingenieros españoles.

En contestación a nuestras demandas, el Ministerio de Educación, el pasado día 20 de enero, reconoció el título de Grado+Master a los antiguos Licenciados en Ingeniería. Este reconocimiento, sin embargo no es suficiente, se debería realizar sin que pueda existir ninguna duda de su legalidad y para ello creemos que debe hacerse mediante una Ley. Debemos continuar trabajando para ser reconocidos con la denominación europea EQF-7 que corresponde a nuestro título.

Esperamos que la revista en esta nueva etapa esté a la altura de los intereses y necesidades de los ingenieros industriales y que sirva de vehículo de comunicación para la profesión y los profesionales, para lo que quedamos a vuestra disposición y abiertos a las sugerencias y colaboraciones que deseéis aportarnos. 

Tesla REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL Y LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID

Edita: COAIN. Colegio Oficial y Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid

Redacción: Comisión de Publicaciones de COAIN

Correo Electrónico: revistatesla@coiim.org

Página web: www.coiim.es

Diseño, Maquetación, Coordinación y Publicidad: Senda Editorial S.A.
Tel.: 91 373 47 50.
Capitán Haya, 56-7ºD, 28020 Madrid

Depósito Legal: M-35029-2013
ISSN: 2342-3212

La Dirección y el Consejo Editorial de TESLA no se hacen responsables de las opiniones vertidas en sus páginas. Están reservados todos los derechos. Los contenidos no podrán ser reproducidos, ni registrados, ni transmitidos sin el permiso expreso del Colegio Oficial y la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid.

DIRECTOR NUCLEAR DE GAS NATURAL FENOSA

Víctor Sola



El primer número de TESLA trae a sus páginas a uno de los profesionales con más amplia trayectoria del sector energético español, Víctor Sola.

Este ingeniero industrial ha vivido el desarrollo de la energía nuclear, participando en el primer proyecto español, la central José Cabrera, situada en Guadalajara, y formando también parte del equipo que puso en marcha la central Trillo 1, la última planta nuclear construida en España hasta este momento.

En un periodo en el que la actualidad económica tiene entre sus protagonistas al sector eléctrico, nuestro entrevistado aporta su análisis desde la perspectiva tecnológica y con una mirada al futuro.



LA INGENIERÍA Y EL DESARROLLO DE LA HUMANIDAD

El desarrollo de la humanidad va directamente unido a los avances promovidos por la ciencia y la tecnología, que tienen en la ingeniería su brazo ejecutor.

Para nuestro entrevistado, el desarrollo puede definirse como “la búsqueda de recursos”. A lo largo de la historia de la humanidad, esta captación de recursos se ha logrado de tres maneras bien diferenciadas. “La primera fue la conquista: los viejos imperios como Roma o Grecia obtenían recursos conquistando otros pueblos. Después vino una forma más sofisticada y menos violenta: el comercio, y lugares como Venecia, Florencia o Amsterdam lideraron la obtención de recursos a través del comercio”.

Sin embargo, no sería hasta el siglo XIX cuando se produciría el gran salto. “La ciencia, y su hija muy predilecta, la tecnología, marcaron el inicio del mayor desarrollo que haya experimentado la humanidad”, indica Víctor Sola.

Las cifras reflejan esta realidad. “Si nos referimos al Producto Interior Bruto a nivel mundial, en el año 1000 se situaba en unos 115 mil millones de dólares, llegando a los 700 mil en 1820. A partir de esta época, con el desarrollo industrial, el PIB se dispara y alcanza la cifra de 33,7 billones en 1999”.

“Algo similar ocurre con el crecimiento demográfico. Mientras que el número de habitantes del mundo no superaba los 260 millones en el

año 1000, y se situaba en 1.040 en 1820, en 1999 era de 6.900 millones de personas”.

El desarrollo se refleja también en la evolución de la esperanza de vida. “En 1820, la esperanza de vida en Europa era de 36 años; en un periodo de 80 años – 1900 sólo aumentó hasta los 46, pero en 1950 se situaba en 67 años y en 1999 alcanzaba ya los 78, siendo en España superior a los 81 años en la actualidad. Estos parámetros permiten confirmar que la ciencia, y su derivada la tecnología, ha sido un éxito”, afirma Víctor Sola, quien se reconoce “forero de la tecnología”.

UN CONOCIMIENTO SIN LÍMITES

Uno de los grandes debates en el campo de la ciencia es si existen límites en el conocimiento y en la disponibilidad de recursos obtenidos a partir del desarrollo tecnológico.

Nuestro entrevistado es claro al afirmar que “mi reflexión es que la ciencia y la tecnología son capaces de abordar casi todos los campos de la vida y han demostrado no tener límites. Por ejemplo, los expertos en un área de la ciencia avanzada como es la biotecnología afirman que aún se conoce muy poco de un aspecto tan básico como el genoma. Es la propia ciencia la que supera sus límites de manera permanente, a la vez que demuestra que el campo por descubrir no se cierra sino que se amplía”.

“Por esta razón tampoco se agotan los recursos naturales ya que la tecnología es capaz de cambiar su uso o descubrir nuevos recursos”.

Curriculum VITAE

Víctor Sola es ingeniero industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Bilbao, y diplomado en Dirección de Empresas por el IESE.

Se incorporó a Unión Eléctrica en 1977, en la primera central nuclear construida en España, José Cabrera, donde ocupó primero el cargo de jefe de operación, pasando a ser jefe de producción en 1980.

En 1983 fue nombrado responsable de la puesta en marcha y explotación de la central nuclear de Trillo, asumiendo la dirección de explotación de esta instalación en 1988.

En el año 2002 Víctor Sola fue nombrado director general nuclear de Unión Fenosa, haciéndose cargo de la parada programada de la central nuclear José Cabrera.

En 2006 fue nombrado director de Recursos y Optimización de Unión Fenosa Generación. Desde 2009 es director de Generación Nuclear de Gas Natural Fenosa.

Pertenece a diversos Consejos de Administración de empresas y asociaciones en el ámbito de la tecnología nuclear.

“La ciencia, y su hija muy predilecta, **la tecnología**, marcaron el inicio del mayor desarrollo que haya experimentado la humanidad”

“Otro tema –afirma– es cómo repartir los recursos generados, pero ese debate se sitúa en áreas sociopolíticas, ajenas a la tecnología”.

LOS INICIOS INDUSTRIALES EN ESPAÑA

La construcción de centrales nucleares se inició en España en los años sesenta del siglo XX. “Aquel era un país –recuerda nuestro entrevistado– que estaba superando la posguerra civil, que se había mantenido neutral en los conflictos mundiales, y básicamente agrícola. Sin embargo, esa situación de autarquía no podía mantenerse más tiempo, y llegó la apertura, con la incorporación en Naciones Unidas”.

“Se inicia entonces el proceso de industrialización en España, con la creación del INI (Instituto Nacional de Industria) promovido por el propio Estado; una participación que

hoy sería cuestionable pero que en aquel momento resultó necesaria”

Fueron también años de un importante incremento en el consumo interno. “En los años setenta –recuerda Víctor Sola– el crecimiento del consumo eléctrico era tal que se hacía necesario duplicar la potencia eléctrica instalada en periodos de siete a diez años”.

Desde la perspectiva energética, la evolución también fue evidente. “La energía en los años veinte era hidráulica y térmica de carbón o gas. Posteriormente, la utilización del pe-

tróleo, un combustible de bajo coste, promovió la construcción de centrales de fuel, además de las que se habían construido para aprovechar el carbón de nuestras minas”.

En la España de los años 60, un grupo de científicos y de empresarios decidió traer una nueva tecnología, probada ya en Estados Unidos, que permitía generar electricidad a costes reducidos. Fue así como, impulsadas por la entonces Junta de Energía Nuclear, las empresas eléctricas, concretamente Unión Eléctrica Madrileña, ahora Gas Natural Fenosa, abordaron el proyecto de la primera central nuclear española: José Cabrera, con tecnología Westinghouse que comenzó a construirse en 1965. En esta primera generación se construyeron también Vandellós I (Tarragona) y Santa María de Garoña (Burgos).

EL GRAN SALTO EN LA INGENIERÍA NUCLEAR

El crecimiento de los años sesenta se vio gravemente alterado con la crisis del petróleo de 1973. “Teníamos un parque eléctrico con centrales cuyo combustible, que representaba más del 70 por ciento del coste de generación, había triplicado su precio”.

Con el fin de buscar una solución a este conflicto, se planteó un plan energético en el que se potenciaba el carbón nacional y la energía nuclear. De esta manera, se inició la conocida como *segunda generación* de centrales nucleares, que califica Víctor Sola como “el segundo desarrollo nuclear. El ministerio promovió una fuerte inversión en desarrollo industrial, lo que se tradujo en la creación de industrias de bienes de equipo, de fabricación de combustible nuclear y de prestación de servicios”.

El modelo era bien distinto al de la primera generación. Se pasó de las centrales “llave en mano” al modelo arquitecto-ingeniero, “con una ingeniería que coordinaba todo el





proyecto, tanto la ingeniería del suministrador principal (la ingeniería de la conocida como isla nuclear), como la necesaria para el resto de los componentes de la planta. Así surgieron compañías como Empresarios Agrupados, Initec – dependiente del INI –, Sener y las grandes empresas de ingeniería, que sentaron las bases de lo que hoy es un sector de gran peso en nuestro país”, reconoce con orgullo el director nuclear de GNF.

OCHENTA POR CIENTO ESPAÑOL

A finales de la década de los años setenta se plantearon los proyectos

de la llamada *tercera generación* de centrales nucleares, en la que se enmarcan Trillo I y Vandellós II, además del proyecto paralizado de Valdecaballeros, con dos grupos nucleares.

Fueron años de esplendor para las ingenierías españolas, que estaban “en su máxima capacidad de trabajo y de contratación de profesionales. Muchos miles de personas participaban en la ingeniería y supervisión de los proyectos nucleares. Concretamente, Empresarios Agrupados llegó a tener en Trillo unas 800 personas en proyecto y supervisión de construcción”.

“Miles de personas participaron en la **ingeniería de los proyectos nucleares**, y la inversión española superó el 80 por ciento”

También fue una etapa muy relevante para la industria. “La inversión española en los últimos proyectos nucleares se situaba por encima del 80 por ciento. Se fabricaban en nuestro país multitud de equipos, como generadores de vapor, válvulas, motores, cables, todo tipo de bienes de equipo, además del combustible nuclear. Este modelo de desarrollo industrial no se ha visto en otros sectores, y de hecho no ocurrió nada parecido, quince años después cuando se inició la construcción de centrales de ciclo combinado”, expone Víctor Sola.

EL APRENDIZAJE DE LA DIVERSIDAD

A diferencia de las otras plantas construidas hasta entonces en España, de tecnología norteamericana, Trillo era de origen alemán bajo la marca Siemens KWU.

Recuerda quien fue responsable de su puesta en marcha, que “uno de los primeros puntos a resolver fue el propio modelo de construcción, ya que la empresa alemana había construido todas sus centrales bajo el modelo “llave en mano”, y el inversor español pretendía mantener una aportación nacional importante”.

Para solventarlo, “se acordó que habría dos diseñadores principales: Siemens y Empresarios Agrupados. Para ello, fue necesario firmar acuerdos muy detallados, lo que complicó el proyecto, porque las ingenierías tenían que hacer mucha coordinación. Sin duda, para la parte española este



proyecto supuso aprender normativa alemana, lo que le aportó mucho valor añadido”.

En la expansión de los proyectos nucleares, España apostó por tres tecnologías diferentes: los reactores PWR (*Pressure Water Reactor*), de Westinghouse; los BWR (*Boiling Water Reactor*), de General Electric, y el PWR de Siemens-KWU. ¿Era mejor este modelo que desarrollar una única tecnología? Víctor Sola entiende que “todo tiene ventajas e inconvenientes pero, desde el punto de vista del conocimiento, esta diversidad ha dado a España y a nuestras empresas una experiencia muy interesante”.

LA INGENIERÍA ESPAÑOLA EN EL MUNDO

La trayectoria del sector nuclear ha sido clave para las ingenierías españolas, ya que como indica nuestro entrevistado “ha permitido a empresas como Empresarios Agrupados, Sener, Técnicas Reunidas, o Iberdrola Ingeniería y Construcción, Idom... competir en el mercado internacional y tener un reconocimiento en el mundo”.

Es estos momentos, cuando muchos profesionales han encontrado en otros países su puesto de trabajo especializado, “nos consta que los ingenieros españoles son muy valorados en el extranjero, porque

“La negativa al uso de nuevas fuentes energéticas, en Europa y en España, conduce al **suicidio energético**”

cuentan con una base profesional muy sólida y una alta cualificación. Además, la personalidad española es muy flexible, y eso les permite adaptarse bien a las diferentes situaciones en los lugares en los que trabajan. En suma, se les tiene en una alta consideración, y eso debe ser un orgullo para todos”.

DE LA GENERACIÓN A LA DISTRIBUCIÓN

En 2008, Unión Fenosa, una empresa tradicional del sector energético español, fue adquirida por Gas Natural, la principal comercializadora y distribuidora de gas al mercado doméstico e industrial.

En palabras de su director nuclear, esta integración “ha sido muy exitosa. Desde hacía años, Gas Natural estaba estudiando las opciones para entrar en el negocio de la generación, más allá de los ciclos combinados que ya habían abordado”.

“Por nuestra parte, Unión Fenosa contaba con una empresa en el negocio del gas que era independiente. Por lo tanto, la integración fue muy rápida, ya que nos movíamos en negocios bastante diferentes y muy complementarios. En tres años, entre 2009 y 2012, se logró la integración total”.

Este proceso culminó con la unificación del negocio regulado, de gas y electricidad, que ha pasado a estar también en una única área, “con objeto de compartir sinergias. Por ejemplo todo el soporte técnico es el mismo”, concluye Sola.

EL MIX IDEAL NO EXISTE

Aunque la experiencia de nuestro entrevistado se ha centrado en el sector nuclear, conoce muy bien todo el campo energético. Por esa razón, compartimos con él una reflexión acerca de cuál debe ser la combinación óptima de distintas fuentes, lo que conocemos como mix o cesta energética, para nuestro país.

Pero Víctor Sola no cree en los modelos cerrados, “porque creo en la tecnología. Lo más inteligente, en mi opinión, es estar atento a los avances tecnológicos, tener el conocimiento y estar preparado”.

“En el caso de la generación eléctrica, el coste del combustible es un factor muy relevante, y hay tecnologías en las que ese coste pesa mucho, como el ciclo combinado, que puede situarse entre un 70 y un 80 por ciento; en el otro extremo en la generación nuclear el coste del combustible puede estar en un 12 o un 15 por ciento”. En un país como España, que importa más del 80 por ciento de la energía primaria, lo adecuado es contar con todas las fuentes y aprovechar las ventajas de cada una.

EL EQUILIBRIO EN PELIGRO

Los tres factores que se consideran clave en el equilibrio energético son la sostenibilidad ambiental, la competitividad económica y la garantía de suministro.

Según indica Víctor Sola, “en España se rompió este equilibrio, al primar un tipo de energía, como la renovable, sobre otras”. Las cifras son claras: “el mercado funcionaba entre 40 y 60 euros por megavatio-hora, pero se decidió pagar muchos megavatios-hora generados por parques eólicos o fotovoltaicos con cifras que alcanzaron los 100 y hasta 400 euros. De esta forma, una de las patas del equilibrio, la económica, se rompió, y eso ha ocasionado grandes perjuicios, no sólo a las compañías eléctricas y a

los consumidores, sino también a quienes invirtieron en función de unas previsiones y unas reglas de juego que no se han respetado porque no resultaban sostenibles”.

Una fuente que se está desarrollando en la actualidad es la obtención de gas por el método de *fracking* que, como indica el director nuclear de GNF, “está permitiendo a Estados Unidos generar electricidad con unos precios muy bajos, tanto que muchas industrias que se marcharon hace años por la falta de competitividad están retornando para fabricar en Estados Unidos”.

En este sentido, se pregunta con preocupación: “¿cómo podemos renunciar, en un país que no tiene fuentes propias, a una energía en concreto? En el caso del *fracking*, además de la ventaja económica también es positiva su aportación a la reducción de emisiones de CO₂, ya que permitiría que las centrales de ciclo combinado sustituyeran a las antiguas de carbón, siendo mucho más eficientes y medioambientalmente sostenibles”.

Víctor Sola considera que “con estas negativas al uso de nuevas fuentes energéticas, en Europa y en España vamos hacia el suicidio energético, contrariamente a lo que están haciendo países como Estados Unidos, y parece que quieren hacer Polonia o Reino Unido. No debemos perder la oportunidad, no tenemos otra alternativa, como tampoco debemos perder la posibilidad de extraer petróleo, ya

que hoy existen tecnologías que permiten hacerlo evitando impactos ambientales”.

UNA MIRADA AL FUTURO

Teniendo en cuenta la amplia experiencia de nuestro entrevistado en el sector energético, nos interesa mucho su opinión sobre el futuro.

El director nuclear de GNF afirma que “no es momento de invertir en España, ya que existe exceso de capacidad instalada. Lo importante es conservar el conocimiento de todas las tecnologías y estar al tanto de cómo evolucionan en el mundo, pero manteniendo siempre el equilibrio entre medioambiente, economía y garantía de suministro (diversificación)”.

Y este equilibrio es también aplicable a las decisiones que se toman desde la Administración Pública, porque “el dinero del contribuyente es sagrado, y en España hemos hecho “apuestas” energéticas muy caras, que ahora estamos pagando entre todos”.

Para Víctor Sola, lo más adecuado es que las decisiones vengan dadas por el libre mercado. “Lo que opino que debería hacer el Gobierno es promover iniciativas de I+D, como ocurre, por ejemplo, en Alemania, o seguir el modelo nuclear de generar industria auxiliar, como está haciendo Reino Unido y que también ha funcionado con la generación eólica. En todo caso favorecer el desarrollo tecnológico en lugar de primar al generador”.

Por su parte, las empresas, tanto las ingenierías como el resto de la industria, debe seguir aprovechando su experiencia para competir en los mercados internacionales. “El reto es mantener los altos niveles de conocimiento fuera de nuestro país. Muchas empresas ya lo están haciendo, trabajando bien y cumpliendo sus compromisos. Con esta base, confiamos en que el futuro sea prometedor”, concluye Víctor Sola. 

“Es necesario **conservar el conocimiento de todas las tecnologías** y estar al tanto de cómo evolucionan en el mundo”



Carta abierta al Ministro de Educación, Cultura y Deporte

No es eso, Ministro

Sr. Ministro de Educación, Cultura y Deporte, permítame que me dirija a usted, una vez más, como ingeniero industrial y representante de unas cuantas decenas de miles de ciudadanos españoles, compañeros de esa misma titulación. El motivo no le sorprenderá, puesto que en los últimos días se ha asomado usted a los medios para hablar de ello. Me estoy refiriendo, claro está, a los problemas planteados por la falta de reconocimiento internacional de las titulaciones de ingeniero español anteriores a la Reforma de la Enseñanza Superior, mal llamada *proceso de Bolonia*.

Si el borrador de Real Decreto que conocemos es lo que usted llama solución al problema, se equivoca. Es posible que algún colega mío, cansado en extremo, le haga llegar el mensaje de que “algo es algo”, pero no es así. Va para dos años, Sr. Ministro, que llevamos planteando esta cuestión, sin encontrar gran eco en el Departamento de su digna dirección. Más tiempo aún hace que la Unión Europea, consciente de las incertidumbres que el nuevo sistema podía suscitar, exhortó a los Estados miembros a que identificaran los niveles de enseñanza previamente existentes con lo que se llamó, y se llama, el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF, por sus siglas en inglés), consistente en ocho niveles a los que se podía asociar el nivel educativo recibido por cualquier ciudadano de la Unión. Y todos los países lo hicieron, sin grandes problemas, puesto que tenían muy claro en qué consistían los planes de enseñanza y titulaciones a que daban acceso en cada uno de ellos.

Excepto España, que una vez más, fue diferente, como en tantas ocasiones, para mal. El Gobierno español de entonces (ya sé, Sr. Ministro, que no fueron ustedes, pero podían haberlo puesto remedio) se sacó de la manga un Marco Español de Cualificaciones (MECES) con solo cuatro niveles, difícilmente asimilable a los ocho del Marco Europeo, y en los que se diluían las complejidades del sistema educativo. El afán de simplificar lo complejo para dejar contento a todo el mundo es un cáncer intelectual de nuestro tiempo. Y al fin y al cabo, no es tan complejo reconocer que curricula escolares de tres años de duración no son lo mismo que otros de cuatro, cinco, o seis años. Lo que la Unión Europea sí tuvo en cuenta al establecer los ocho niveles del EQF.

Los ingenieros españoles, con planes de estudio de cinco o seis años, plenamente equivalentes a los actuales máster de la Reforma, hemos solicitado por activa y por pasiva que se reconociera oficialmente esta equivalencia, reclamada, como he dicho más arriba, por la Unión Europea, satisfecha sin ningún problema por la mayor parte de los Estados miembros, y que aquí sólo ha encontrado silencio. Hasta que lo que temíamos, ha ocurrido.

Nuestros ingenieros, con una formación internacionalmente reconocida como excelente, se han encontrado con que nuestros títulos superiores, al no estar reconocidos por nuestro Estado como equivalentes al máster, les situaban en una posición inferior a la de cualquier colega de otro país cuyo Gobierno sí hubiera hecho los deberes. Y ha hecho falta que nuestras empresas de ingeniería, con una notable proyección exterior, empezaran a tener problemas serios en las licitaciones internacionales por el mismo motivo, para que algo se moviera. Y cuando parece, por sus palabras, que se ha movido, permita que le diga que no se ha movido bien.

Lo que pedíamos era muy sencillo, que en un decreto de medio folio el Gobierno español dijera, como es de elemental justicia, que los planes de estudio de cinco o más años de las ingenierías españolas (naturalmente, estoy hablando de las ingenierías consideradas como profesiones reguladas) son identificables con el nivel 7 del EQF, con lo que automáticamente quedaban asimilados a los nuevos máster. Es lo que han hecho otros países, que sí respetan a sus profesionales. Por cierto, no es ocioso advertir, que no estoy hablando de gentes de mediana o avanzada edad al plantear este problema, sino de jóvenes de veinte y pocos años que ahora están acabando sus carreras por el “plan antiguo” y que pueden ver sus vidas profesionales hipotecadas por la falta de diligencia de su gobierno.



Sin embargo, en el borrador de Decreto que hemos conocido, ni se menciona el EQF. Supongo que somos así de europeos, aunque se nos llena la boca hablando de las exigencias de la Unión, e inventando así coartadas para nuestras decisiones internas. Sólo se habla de ese marco español (MECES) antes comentado, como si los problemas de nuestros profesionales fueran internos.

Pero lo peor no es eso. El Real Decreto, que dedica mucho más espacio a tratar del reconocimiento de titulaciones extranjeras, cuando se ocupa del problema que estamos planteando, establece unos procedimientos llenos de informes preceptivos, de plazos de varios meses prorrogables según capacidad de la institución informante, mencionando incluso posibles sondeos de opinión y encuestas para verificar la necesidad o no de abrir un procedimiento.... ¿De qué estamos hablando, Sr. Ministro? ¿Es que en los archivos de su ministerio no constan los planes de estudio de las profesiones afectadas? ¿Es que nadie sabe en el Ministerio de Educación la formación que ha recibido un profesional español actual? ¿Es que nadie responde de esa formación? ¿Para qué se precisan aquí informes de la ANECA, que está para otras cosas y que según el RD pueden demorar ad infinitum las decisiones?

Estamos hablando de problemas urgentes y actuales y se nos responde con procedimientos que resultan algo kafkianos. Nuestras argumentaciones institucionales serán de otro tenor, Sr. Ministro, como procede, pero permita que ante la imagen de problema resuelto que usted ha intentado transmitir, a bote pronto y con todo el respeto del mundo, le diga, Sr. Ministro, que no es eso.

Jesús Rodríguez Cortezo

Presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales

VI Concurso anual de Fotografía y de Pintura de la AIMM

Un año más, la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid, convocó sus concursos anuales de fotografía Ingeniero *Ramón González de Amezua*, y el concurso de pintura Ingeniero *Saturnino Acitores*. Dos convocatorias que cuentan con el respaldo y la admiración de los asociados y los profesionales del ramo.



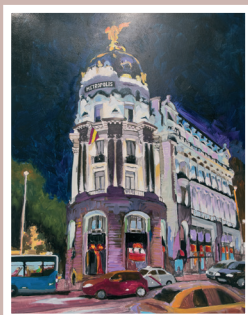
En diciembre tenía lugar la inauguración de la exposición de las obras presentadas a estos concursos anuales que, cada año, levantan un mayor interés entre los asociados de AIIM y los colegiados de COIIM (Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid). Durante esa apertura tuvo lugar la entrega de premios a las obras premiadas en un ambiente de auténtica alegría que pudo ser compartida durante unas semanas en las que las obras permanecieron expuestas para ser disfrutadas por el público que asistió a la sede de la Asociación (Carrera de San Jerónimo, 5).

Se trata de una convocatoria que invita a participar a ingenieros industriales asociados y/o colegiados y estudiantes de 2º ciclo de ingeniería y que, con el paso de los años se ha convertido en una cita anual imprescindible. La edición de este año 2014 ya está en marcha (las obras pueden presentarse hasta el mes de octubre).

El jurado, que se reunía en noviembre, determinaba que los galardonados en cada categoría eran los siguientes:

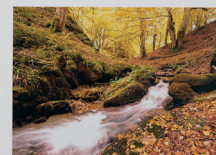
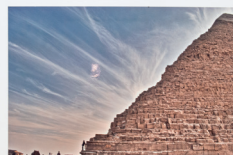
Concurso Anual de Pintura AIIM:

- 1º premio (1.500€): *Metrópolis*, de Antonio Ferrer Matheu.
- 2º premio (600€): *Amaneciendo*, de Rocío Bañón Arias.
- 3º premio (300€): *Plazidez*, de José Luis Sevillano Fernández.



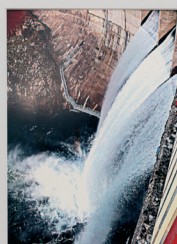
Concurso Anual de Fotografía AIIM: TEMÁTICA LIBRE:

- 1º premio (600€): *Mirando al mar*, de Miguel R. Duvison García.
- 2º premio (250€): *Eternidad*, de Mª Carmen Martín-Crespo Pecharroman.
- 3º premio (150€): *Río Otoñal*, de Álvaro de Miguel González.



Concurso Anual de Fotografía AIIM: TEMÁTICA INDUSTRIAL:

- 1º premio (600€): *Universo en rotación*, de Álvaro de Miguel González.
- 2º premio (250€): *Cilindros de energía*, de Miguel R. Duvison García.
- 3º premio (150€): *Agua*, de Luis García-Amorena García.



Colegiados *on-line*

Linked

COAIN está presente en las redes sociales y, a través de LinkedIn, proporciona a todos los colegiados la posibilidad de establecer debates y opinar sobre múltiples temas profesionales. En la página web www.coiim.es se puede acceder y participar. Los debates actualmente abiertos y con mayor participación son:

20 de marzo

- **Resumen del nuevo Real Decreto-Ley para el fomento del empleo y la contratación indefinida.**
- **Nace el diccionario Español de Ingeniería.**
- **Aprobada la reforma de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.**

29 de marzo

- **Jornada COIIM. La Metodología Lean Aplicada al Equipo Médico y al Entorno Hospitalario; Casos de éxito.**
- **Alemania estudia expulsar a los inmigrantes europeos que lleven seis meses sin empleo.**
- **Los ingenieros industriales de Madrid presentaron *Lean, una oportunidad de mejora en el entorno sanitario*.**

3 de abril

- **Jornada en salón de actos de COIIM. Protección pasiva contra fuegos en estructuras metálicas.**

24 de abril

- **La Fundación Rodolfo Benito Samaniego con la colaboración del Colegio Oficial y La Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid convoca el XI Premio A UN PROYECTO FIN DE CARRERA.**
- **Programa de Radio. COAIN y la comisión de ingeniería médica y sanitaria.** Emitido el 22.04.2014 por RNE-Radio 3. Enlace en el Canal Uned: <http://www.canaluned.com/mmobj/index/id/19179>.

28 de abril

- **Desafío para jóvenes ingenieros...** <http://www.eoi.es/blogs/innovahuawei2014/>

29 de abril

- **Jornada: Gestión del estrés. Entorno del trabajo saludables.**

30 de abril

- **Los funcionarios se suman a los ingenieros y rechazan la fórmula para homologar sus títulos.**

6 de mayo

- **Reunión mañana del presidente Mariano Rajoy y el Consejo Empresarial para la Competitividad (CEC).**

8 de mayo

- **Reunión en el Salón de Actos de COIIM. Colaboraciones público-privadas en sanidad, la perspectiva no asistencial.**

Campeonato de Golf



El Club de Golf sigue ganando adeptos

A pesar de que continuamente comprobamos que el Club de Golf no tiene una imagen pública suficientemente difundida, nos encontramos con un goteo de compañeros o amigos de éste, que nos solicitan el ingreso en nuestro Club.

Esto quiere decir que la actividad que venimos desarrollando, en la que cuenta tanto la afición a este deporte como los niveles de convivencia y entorno amigable en la que nos desenvolvemos, es apreciada de forma muy positiva por todos nuestros socios.

Nos mantendremos en la difusión de lo que hacemos desde estas páginas y en el importante mensaje que se transmite boca a boca de lo que es nuestro Club.

La puesta en marcha de la sección de "material deportivo" en nuestra web (www.golfcoim.com) en la que a través de los COIMES obtenidos, gracias a la clasificación en los torneos que venimos celebrando, ha sido todo un éxito en su primera etapa de vida, habiendo dotado de prendas deportivas personalizadas con nuestro logo a todos nuestros socios. Con ocasión de la

Asamblea Anual de diciembre, se actualizó la oferta incluyendo importantes novedades dirigidas a atender las demandas que hemos recibido, en la línea de permitir una mayor libertad de elección a los socios.

Nuestra actividad en el segundo semestre

Además de los torneos usuales, se ha celebrado el tradicional *match* anual contra *Caminos* que, brillantemente, vencimos en *Layos* el año pasado.

Este año hemos mejorado sustancialmente nuestra imagen externa exhibiendo una uniformidad de calidad como puede comprobarse en la imagen adjunta, pero a pesar de ello no hemos podido evitar sufrir una derrota, no excesivamente humillante, aunque hi-

riente claro, por 3,5 a 5,5. La suerte nos ha sido esquiva pero hemos cargado las pilas y otro gallo cantará para el año próximo en que estamos seguros de recuperarla copa que, de momento, custodia el Club de Golf de *Caminos*.



Por otra parte hay que lamentar que no se ha organizado el campeonato de España de Ingenieros Industriales que esperábamos poder jugar en algún campo de tierras andaluzas, pero hemos puesto los cimientos para que esto sea posible en la primavera del año próximo.

Asamblea General y tradicional acto de entrega de trofeos 2013

Un año más se programó, para el día 17 de diciembre, la celebración de la Asamblea Anual de Socios, para exponer los hechos relevantes del año y proponer las actividades para el 2014, para proceder a continuación a la proclamación de vencedores, entrega de trofeos del año 2013 y sorteo de regalos, en la que se contó con la Presidencia de nuestra decana María-Teresa Estevan Bolea y del presidente de la AIIM, Miguel Ángel Martínez Lucio. El acto finalizó con un vino español.

Al cierre de estas líneas, nuestro presidente Felipe Can-



tera, ha presentado su dimisión por razones de edad, lo que exigió la convocatoria de elecciones. El actual presidente es Francisco Merino Ramonell.

Por último deseamos insistir en que la información relevante concerniente al Club de Golf está contenida en nuestra web, **www.golfcoiim.com** y que cualquier información, sugerencia, queja, o información referente a como incorporarse como socio, puede obtenerse remitiendo un correo a **golf@coiim.es** desde donde se dará cumplida respuesta en el más breve plazo posible.

Jornadas y Conferencias de 2014

- **11 de febrero.** La energía secuestrada.
- **13 de febrero.** Implicaciones de la nueva ley de evaluación ambiental.
- **18 de febrero.** Junta General de COAIN. Donde se aprobaron los presupuestos para 2014.
- **6 de marzo.** Control, gestión y mantenimiento de edificios singulares. Centros comerciales.
- **16 de marzo.** Celebración de San José, patrón de los Ingenieros Industriales. El pasado 16 de marzo se celebró con una misa en la Parro-

quia San Jerónimo El Real y un cóctel en el Hotel Ritz, donde aparte se homenajeó a los ingenieros cuya promoción cumple 50 años. Promoción 107, que acabó en 1964.

- **17 de marzo.** Introducción a la impresión 3D / Fabricación aditiva: conceptos, tecnología y aplicaciones.
- **27 de marzo.** La metodología aplicada al equipo médico y al entorno hospitalario: casos de éxito.
- **3 de abril.** Protección pasiva contra fuegos en estructuras metálicas.

Publicaciones

Renfe en el diván. De la autarquía a la alta velocidad. José Luis Villa



El autor desarrolla, a través de su memoria personal de más de tres décadas en la compañía, la evolución política, sociológica, económica y tecnológica del ferrocarril y, por extensión, de España misma, en una época decisiva, desde antes de la Transición hasta el inicio del nuevo siglo.

En sus páginas se refleja con fidelidad, estilo desenfadado y espíritu crítico, la intrahistoria de Renfe, es decir, los sucesos, los personajes, las decisiones y las anécdotas que han conformado el devenir de la empresa y de su entorno.

El paso del autor por diferentes cargos de responsabilidad regionales (Cataluña, País Vasco, Galicia, Asturias, Madrid), así como la dirección de los talleres, de los recursos humanos, de la explotación, de la gestión de calidad, de la primera línea de alta velocidad Madrid-Sevilla y, antes de su retirada, de la dirección general de Operaciones, le permite opinar con conocimiento de causa de diferentes temas de actualidad, tanto ferroviarios – gestión empresarial, injerencia política, ancho de vía, liberalización, seguridad, separación de infraestructura y explotación – como generales – terrorismo, nacionalismo, admi-

nistración de justicia, prensa. Su testimonio resulta especialmente interesante para entender la génesis y el desarrollo de la alta velocidad en España. (Más información en **www.joseluisvilla.es**)

La Revolución Industrial OCULTA. Gerardo Ibáñez



Prólogo: D. Antonio Asunción. Ex Ministro del Interior. Gobierno de España. Epílogo: D. Antonio Adés. Director de Fabricación, España. Ford Motor Company ¿Qué le ocurre a la Crisis Económica española y al resto de países de la Unión Europea? ¿Por qué no conseguimos salir de la crisis y recuperar el crecimiento económico? ¿Es mejor la solución que se está

imponiendo en Estados Unidos? En realidad existe un error de concepto básico con respecto a la causa raíz del problema, tanto en España y en el resto de la Unión Europea, como en Estados Unidos y Japón, y que no hemos sabido apreciar hasta ahora, pues en unas pocas generaciones nos hemos olvidado de cómo funciona el sistema capitalista del cual vivimos: La crisis económica mundial NO ES FINANCIERA, es una CRISIS INDUSTRIAL (Más información en **www.obrapropia.com/obras/904/LA-REVOLUCION-INDUSTRIAL-OCULTA**).

Noticias Delegaciones

CIUDAD REAL



Fachada Puertollano

La sede del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales COIIM de Puertollano está acogiendo hasta el próximo mes de junio la quinta edición del *Curso de Gestión de Mantenimiento Industrial* en el que participan un total de diecisiete alumnos.

El Curso que se ha organizado con la colaboración de la Asociación Española de Mantenimiento, AEM, se consolida como el curso de mantenimiento industrial que más ediciones lleva celebrándose en España.

Se inició hace cinco años como iniciativa de la delegación de Ciudad Real, del COIIM y la AEM, y hoy día se ha convertido en una acción formativa de reconocido prestigio en Castilla-La Mancha y en la provincia de Ciudad Real.

Con los 17 alumnos que realizan la quinta edición de este año, serán ya más de un centenar los profesionales que a lo largo de los últimos cinco años hayan obtenido el diploma que les homologa para la ob-

tención del Certificado Experto en Gestión de Mantenimiento otorgado en España por la AEM.

Los 17 alumnos de este año pertenecen a las empresas Meisa, Repsol, Fertiberia, Elcogás y Presas Sur si bien, hay además dos personas desempleadas realizando este curso, que concluirá, al final de las 180 horas lectivas, en el mes de junio.

El objetivo del curso es dotar de las herramientas precisas que necesitan los profesionales que asisten como alumnos, para que tomen las decisiones oportunas para la mejor gestión de mantenimiento en las empresas en las que trabajan, según manifestó el presidente delegado del COIIM Ciudad Real, Miguel Javaloy, en la inauguración del curso.

El curso integra 55 materias específicas con contenidos técnicos y de gestión, impartidas por 43 profesores especializados. La destacable novedad que aporta este año la nueva edición del *Curso de Mantenimiento Industrial* pionero en Castilla-La Mancha, es la asignatura de Gestión de Empresas de Servicios de Mantenimiento, con la que se pretende ofrecer un nivel más amplio de formación para las numerosas empresas que desempeñan esta labor en la provincia y en la región. La asignatura de Gestión de Empresas de Servicios de Mantenimiento incluida este año al temario de la quinta edición, añade un plus de calidad a esta iniciativa, consolidándose por otro lado la asignatura de mantenimiento de la industria alimentaria incorporada en la anterior edición.

Aún siendo esta la principal actividad formativa del COIIM en sus sedes de Puertollano y Ciudad





Juan Garcia y Miguel Javaloy

Real, sin embargo el Colegio mantiene otras acciones encaminadas a dar servicio a las empresas y los colegiados de la zona: por ejemplo se están realizando clases de inglés técnico con la posibilidad de obtener un título con certificación *Cambridge* en el nivel FCE, equivalente al B2. Los cursos impartidos en las sedes del COIIM son impartidos por profesionales altamente cualificados. Siguen una metodología basada en la interacción entre alumnos y profesor, logrando un mayor aprendizaje y perfección en el inglés técnico hablado. También se ha organizado un taller formativo denominado *Mejora tu empleabilidad* con el que el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales ha querido contribuir socialmente para que personas desempleadas pudieran desarrollar su capacidad y posibilidades en la búsqueda de empleo. Y por otro lado recientemente se ha desarrollado un curso práctico de Certificación de Eficiencia Energética en edificios existentes con el *software* CE3X.

Actividades, todas ellas, cuyo fin primordial es dotar a los profesionales de las empresas de la provincia de los instrumentos adecuados y de conocimiento para que puedan desarrollar su labor con las máximas garantías de eficiencia y productividad. ■



SEGOVIA

Los días 8, 9 y 10 de abril, en horario de 16 h a 20 h, se celebró, en los locales de la Cámara de Comercio de Segovia, el *Curso de certificación energética de edificios existentes CE3X*, cuyo objetivo ha sido el de iniciar a los técnicos en la Certificación Energética de Edificios Existentes y proporcionar formación en el manejo del programa

informático reconocido CE3X, siendo el tercero que se imparte, por el éxito obtenido, sumando un total de 49 asistentes.

Este Curso ha sido organizado por la Delegación en Segovia del COIIM, junto a la Cámara de Comercio, siguiendo en ámbito de colaboración conjunta de nuestras instituciones. ■



TOLEDO

Cuatrocientos años después, El Greco ha vuelto a Toledo

España entera conmemora este año 2014 el IV centenario de la muerte del pintor cretense. Lo hace con un amplio programa de exposiciones y actividades culturales, coordinadas y organizadas por la Funda-

ción *El Greco 2014*, a través de las cuales descubriremos más a fondo la pintura y la figura de Doménico Toccópuli. Toledo, ciudad en la que *El Greco* pasó 37 años de su vida, será el centro principal de esta cita ineludible.





De hecho, la primera de las grandes exposiciones, *El Griego de Toledo* ya se puede visitar en el Museo de Santa Cruz hasta el 14 de junio. Fue inaugurada este mes por Su Majestad la Reina Doña Sofía. Reúne cerca de 80 obras del pintor provenientes de las principales colecciones y museos del mundo. A esta muestra, se le suman los llamados *Espacios Greco*, diferentes lugares de la ciudad en los que *El Greco* trabajó, en los que se conservan sus lienzos originales: la Capilla de San José, el convento de Santo Domingo El Antiguo, la Sacristía de la Catedral, la iglesia de Santo Tomé y el Hospital Tavera. Y uno más, a mitad de camino, entre Madrid y Toledo, el Hospital-Santuario de Nuestra Señora de la Caridad en Illescas.

Hasta el 14 de junio permanecerá abierta también, la exposición fotográfica *Toledo Contemporánea*, comisariada por Elena Ochoa Foster e instalada en el Centro Cultural San Marcos, en la que trece de los mejores fotógrafos internacionales exponen su visión del Toledo de hoy.

Aunque el centro neurálgico del Año Greco sea la capital castellano-manchega, otras ciudades españolas se suman así mismo a esta conmemoración. El día 31 de

marzo se inaugurará en el Museo del Prado *La biblioteca del Greco*, con un centenar de volúmenes de la biblioteca del cretense. En este mismo lugar, el 24 de junio, dará inicio la exposición *El Greco y la pintura moderna*, en la que quedará patente la influencia del pintor en los artistas de finales del siglo XIX y principios del XX. Y en junio también, el homenaje a *El Greco* llegará a Valladolid, al Museo Nacional de Escultura, con la muestra *Entre el cielo y la tierra: doce miradas al Greco, 400 años después*,

que abrirá el día 5 y se cerrará el 31 de agosto.

La música cumplirá un papel importante en esta conmemoración. El 7 de abril, festividad local en Toledo, fecha en la que murió Doménicos Theotocópuli, se interpretará en la Catedral el *Réquiem* de Morales a cargo de *Plural Ensemble*, dirigido por Michael Noone. Y dentro de la innumerable lista de conciertos figuran también el *Réquiem* de Verdi, el 12 de abril, dirigido por Riccardo Mutti, el de Mozart, tres "batallas" de órganos, y el Festival de Órgano de la Iglesia de Santo Tomé, en el mes de noviembre, parroquia de la que era feligrés *El Greco*, en la que todavía se conserva su partida de defunción.

Ya en septiembre, llegará al Museo de Santa Cruz, la exposición *El Greco: arte y oficio*, que abrirá sus puertas desde el día 8 hasta el 9 de diciembre. En ella se reflejará la relación entre el taller y el maestro.

El programa es inacabable, incluye también artes escénicas, simposios, degustaciones gastronómicas y otras actividades populares. Toda la información la pueden encontrar en la web www.elgreco2014.com

com ■



NORMAS DE PUBLICACIÓN

TESLA. La revista del Colegio Oficial de los Ingenieros Industriales de Madrid

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

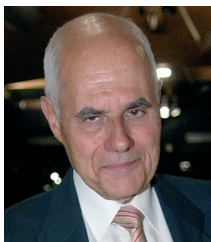
A. Normas para la presentación de artículos

Los artículos que se publiquen en **TESLA**, se atenderán a las siguientes normas:

1. Serán originales y no habrán sido publicados en otras revistas. Podrán ser transcripciones de ponencias presentadas en conferencias, pero en tal caso deberán adaptarse al formato de un artículo (por ejemplo, se omitirán expresiones como "señoras y señores", alusiones a presentación en ppt, a la conferencia que se presenta, etc.)
2. Deberán atenerse a las normas técnicas, en cuanto a extensión, tamaño de los originales, gráficos, fotografías, etc. (ver apartado B).
3. La responsabilidad de la admisión de los artículos y su inclusión en un número de la revista, corresponde al Comité de Redacción de **TESLA**.
4. El Comité se reserva el derecho a sugerir a los autores la conveniencia de efectuar cambios, ampliaciones o reducciones del texto por motivos razonables. No se efectuarán cambios sin el consentimiento de los autores, pero en caso de discrepancia grave el Comité podrá retirar el artículo.
5. No se devolverán los originales.
6. Los autores se responsabilizan del contenido de los artículos por ellos publicados.
7. Cuando se hagan constar fechas límite para la presentación de artículos, éstas se respetarán escrupulosamente.

B. Normas Técnicas

1. **Carta de presentación.** En la presentación figurarán nombre, institución, dirección, teléfono y correo electrónico del autor al que hay que enviar la correspondencia.
2. **Página del Título.** Esta página debe contener, y por este orden, título del artículo, primer apellido e inicial(es) de los autores, nombre y dirección del centro de trabajo, nombre de la persona de contacto, teléfono, dirección de correo electrónico y otras especificaciones que se consideren oportunas. Cada autor debe relacionarse con la correspondiente institución usando llamadas mediante números.
El título, que irá en el encabezamiento del trabajo no tendrá más de 50 caracteres (incluyendo letras y espacios).
3. **Resumen.** Se escribirá un resumen del trabajo en castellano y en inglés que expresará una idea general del artículo. La extensión aproximada será de 100 palabras en cada idioma, que se debe respetar por razones de diseño y de homogeneización del formato de la revista.
Es importante que el resumen sea preciso y sucinto, presentando el tema, las informaciones originales, exponiendo las conclusiones, e indicando los resultados más destacables.
4. **Texto principal.** La extensión máxima será de 3.000 palabras. El texto en formato word se enviará a la siguiente dirección de correo electrónico: **revistatesla@coiim.org**.
El texto respetará las normas de la Real Academia Española
5. **Tablas, gráficos y fotografías.** Las figuras deben citarse en el texto. Todos los gráficos, figuras y fotografías aparecerán en color en la revista. Las fotografías deberán entregarse como imágenes digitalizadas en formato de imagen (jpg, gif, tif, power point, etc.) con una resolución igual o superior a 300 ppp (píxeles por pulgada). Aunque las imágenes (fotos, gráficos y dibujos) aparezcan insertadas en el documento de word es necesario enviarlas también por separado como archivo de imagen para que la resolución sea la adecuada.
Cada imagen (foto, tabla, dibujo) debe ir acompañada de su pie de foto correspondiente.
7. **Referencias bibliográficas.** Deberán seguir el sistema Vancouver y nunca podrán exceder de 10. Debe asignarse un número a cada referencia siguiendo el orden en el que aparecen en el texto, es decir, las referencias deben citarse en orden numérico. Las referencias citadas en una tabla o figura cuentan como que han sido citadas cuando la tabla o figura se menciona por primera vez en el texto.
Dentro del texto, las referencias se citan por número entre corchetes. Dentro del corchete, los números se separan con comas, y tres o más referencias consecutivas se dan en intervalo. Ejemplo [1, 2, 7, 10–12, 14]. Las menciones a comunicaciones privadas deben únicamente incluirse en el texto (no numerándose), proporcionando el autor y el año.
8. **Unidades de medida, ecuaciones y abreviaturas.** Las unidades de medida serán las del Sistema Internacional (SI), respetándose la tipografía recomendada por el mismo.
Las ecuaciones deben numerarse (1), (2) etc. en el lado derecho de la ecuación.
Las abreviaturas pueden utilizarse siempre que sea necesario, pero siempre deben definirse la primera vez que sean utilizadas.



Jaime Segarra

La reforma regulatoria del Sector Eléctrico

JAIME SEGARRA ES DOCTOR INGENIERO INDUSTRIAL Y PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE ENERGÍA COAIN, MADRID

El artículo analiza los daños causados a la estabilidad del sistema eléctrico español por los cambios regulatorios frecuentes y profundos que vienen teniendo lugar desde la década de 1990 y que han creado una situación sumamente perjudicial para la creación de riqueza y empleo.

Se estructura en una "Introducción" que revisa la evolución regulatoria desde los años 1990. Se expone a continuación la "Problemática de la reforma y su entorno de partida" que llevan al análisis de su "Alcance y pretensiones", con especial atención al impacto sobre la industria y el empleo, las empresas del sector eléctrico y la fiscalidad. Concluye con un apartado de "Conclusiones y Recomendaciones" en el que se presentan propuestas para alcanzar una reforma integral estable y consensuada con partidos políticos y agentes del mercado que permita que el sistema eléctrico vuelva a ser motor de creación de riqueza y empleo.

This Article reviews the damage caused to the Spanish electrical system stability by the frequent and deep regulatory changes that have been taking place since the 1990's and have resulted in a highly detrimental situation for wealth and employment.

It is structured in an "Introduction" that reviews the regulatory evolution since the 1990's. Continues with "Problems faced by the reform and initial boundary conditions" that lead to discuss the reform "Scope and Goals", with special focus to its impact on industry and employment, electrical sector players and tax approach. It closes with a section devoted to "Conclusions and Recommendations" that presents proposed actions aimed to a comprehensive, time stable and agreed upon by the market players reform leading to an electrical system that becomes again an engine to create wealth and employment.

INTRODUCCIÓN

El sistema eléctrico es fundamental para el crecimiento económico y la creación de riqueza y empleo. Este papel se ha ido acrecentando con el paso del tiempo y todo hace prever que siga siendo así por las ventajas inherentes a la electricidad como vector energético. Por ello es importante resaltar que debiera considerarse en el marco macroeconómico general y no tan sólo por el efecto sobre los propios agentes implicados en su generación, transporte, distribución y comercialización. Se comprende pues que para lograr los objetivos citados debiera ser prioritario que su desarrollo tuviese lugar en un marco regulatorio estable y previsible que favoreciera las inversiones y unos precios competitivos con los del entorno UE.

La desafortunada realidad es que desde los años 1990, el sector eléctrico se ha visto sometido a cambios regulatorios frecuentes y profundos. Los introducidos como consecuencia de la decisión sobre la moratoria nuclear y el Plan Energético de 1983, el Protocolo de acuerdo de 1986, el Marco Legal Estable, la Ley de Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional de 1994 (LOSE), la Ley del Sector Eléctrico de 1997 (LSE) y ya más recientemente, las disposiciones orientadas a atajar el déficit de tarifa en 2009, 2010 y 2011, con origen en la poco adecuada regulación de la generación a partir de fuentes

renovables y cogeneración y en la carencia de las imprescindibles revisiones regulatorias hicieron evidente la necesidad de tomar acciones correctoras y poner orden en la regulación del sector y muy en particular en el crecimiento incontrolado del déficit de tarifa es decir en el desequilibrio entre los ingresos y los costes del sistema eléctrico, cuyo monto acumulado ha alcanzado en 2013 los 30.000 millones de euros (3 % del PIB y aproximadamente la facturación anual total del sistema), que no se pasaron en su momento a los consumidores con objeto de evitar subidas en el precio final de la electricidad y su consiguiente coste político aunque este empeño político no ha evitado el incremento de precios impuesto por la dura realidad, a pesar de lo cual ha seguido sin resolverse el problema de fondo de la regulación. Una parte de los desequilibrios acumulados se está pagando ya en forma de déficit titulizado, con sus intereses, incluidos en las actuales tarifas.

El anuncio del Gobierno, a principios de 2012, de la elaboración de una reforma energética, con objeto de controlar el problema del déficit de tarifa, suscitó la esperanza de que al fin se emprendería una reforma integral del sistema. Por desgracia en realidad tan sólo se han abordado disposiciones de urgencia, hasta llegar al conjunto de textos legales y reglamentarios remitidos a la CNMC y al Consejo de Estado a finales de julio, que han empezado

a ser definitivos con la aprobación de la nueva Ley del Sector Eléctrico (Ley 24/2013 de 26 de diciembre) y de los Reales Decretos 1047/2013, de 27 de diciembre y 1048/2013, de 27 de diciembre sobre retribución del Transporte y de la Distribución.

Para acabar de complicar la situación hay que mencionar las vicisitudes de la subasta CESUR de 19 de diciembre de 2013 que acabaron en su anulación y sustitución por un mecanismo todavía pendiente de plena entrada en vigor que elimina la intermediación financiera y la sustituye por precios horarios reales en el mercado mayorista. Las incertidumbres derivadas de esta situación ponen de manifiesto la necesidad de definir a largo plazo el mercado mayorista de electricidad.

El efecto de la problemática que hemos esbozado se ha traducido en un notable encarecimiento de la electricidad en los últimos años, debido en su mayor parte a errores regulatorios. Este problema tiene como consecuencia otros, no menos graves: la pérdida de competitividad de la industria, y una percepción de inseguridad jurídica con efectos muy negativos, tales como la pérdida de atractivo de España como destino de inversión. Además, la magnitud económica del problema y su complejidad hacen muy difícil una solución que no resulte dolorosa.

Entendemos que lo expuesto justifica presentar una opinión sobre lo que debería ser la reforma regulatoria del sector eléctrico.

PROBLEMÁTICA DE LA REFORMA. CONDICIONES DE PARTIDA

En consonancia con lo estipulado en la Directiva 96/92/CE, la Ley del Sector Eléctrico, aprobada en noviembre de 1997, tenía por objeto liberalizarlo, introduciendo competencia en las actividades de generación y comercialización, permaneciendo las redes de transporte y distribución como actividades sometidas a regulación.

Los procesos de liberalización son muy delicados. Desde los años 90, en que comenzaron a generalizarse en la UE por la Directiva citada se inició un camino hacia una meta poco definida sin analizar debidamente las dificultades y los costes que iba a suponer. Por ello, tales procesos requerían desde un primer momento de medidas de seguimiento especial por parte de los políticos que los defendieron y apoyaron. Pero esas medidas hubieran implicado un coste político a corto plazo que ningún partido se ha atrevido a afrontar plenamente. Esto ha provocado un devenir político oscilante, con períodos de gran producción de normas junto a otros de carencia regulatoria, todo ello en un largo proceso de modificaciones parciales de la LSE que había sufrido, hasta finales de 2011, más de treinta modificaciones por la vía de leyes y reales decretos-leyes, modificando su sentido original, restándole coherencia, complicando la regulación en general y llevando a una situación que podríamos calificar de imposible.

Por otra parte durante la década que va de 2001 a 2011, tuvieron lugar dos ciclos paralelos de inversión en nueva generación, uno en ciclos combinados y otro en renovables, eólica, solar fotovoltaica y solar térmica que se aceleraron a partir de 2004, una vez promulgada la nueva regulación para estas energías. Esto ha llevado al sistema peninsular a un exceso de capacidad y a un margen de reserva en máximos históricos cuyos efectos se han agravado con la crisis. Para ser más precisos, los objetivos de potencia que el RD 661/2007 establecía para las tres tecnologías renovables citadas se han superado con mucho exceso. El objetivo para la eólica (20.155 MW) se superó en 2012 y la potencia instalada a 31/12/2013 es 22.746 MW, el de la fotovoltaica (381 MW) se superó en 2007 y la potencia instalada a 31/12/2013 es 4.438 MW. Otro tanto ocurre con

la solar termoeléctrica, cuyo objetivo de 500 MW se compara con los 2.300 MW instalados a fin de 2013. En resumen, los consumidores españoles de electricidad han financiado el desarrollo de tecnologías inmaduras de las que se han beneficiado otros países con proyectos que en un marco regulatorio prudente no se debieran haber emprendido ya que presuponian un coste de capital muy superior al que se habría conseguido moderando el ritmo de inversión. Todo ello produjo un incremento exponencial de las primas con el inherente efecto en la explosión del déficit de tarifa y en que los precios finales de la electricidad en España hayan pasado, en muy pocos años, de estar bastante por debajo de la media europea a encontrarse entre los más altos, con lo que ello supone para las economías familiares y para la competitividad de nuestra industria.

Por otra parte el proceso de liberalización objeto de la Ley 54/1997 dista mucho de haberse completado. No están liberalizados ni el mercado mayorista ni el minorista. El primero sigue profundamente intervenido, con una competencia sólo aparente, al no haberse acertado con la regulación de sus distintas modalidades. En cuanto al mercado minorista, los consumidores desconfían de la competencia del mismo y ello se refleja en que inmensa mayoría de los consumidores siguen acogidos a la tarifa de último recurso.

De modo esquemático podemos decir que la energía eléctrica se enfrentaba a tres problemas de envergadura:

- Un encarecimiento muy importante de la energía eléctrica, con respecto a nuestros socios de la UE, que penaliza al consumidor doméstico (Figura 1) y resta competitividad a las empresas y que en muchos casos anula las dolorosas mejoras obtenidas por la vía de la devaluación competitiva.

Figura 1. Comparación del precio del kWh para uso doméstico por países.

- Una deuda acumulada del orden de 30.000 millones de euros, cifra superior a la facturación anual del sector, cuya titulización estaba limitada por la cuantía máxima aprobada al FADE de un 2,5 % del PIB. FADE es el Fondo de Amortización del Déficit Eléctrico, que consiste en un programa de emisión de bonos con aval del Estado, por un saldo vivo máximo de 26.000 millones de euros, respaldados por derechos de cobro del déficit de ingresos de las liquidaciones reguladas del sector eléctrico.
- Unas perspectivas de generación de nuevo déficit que podría llegar a 10.000 millones de euro al año si no se adoptasen medidas inmediatas.

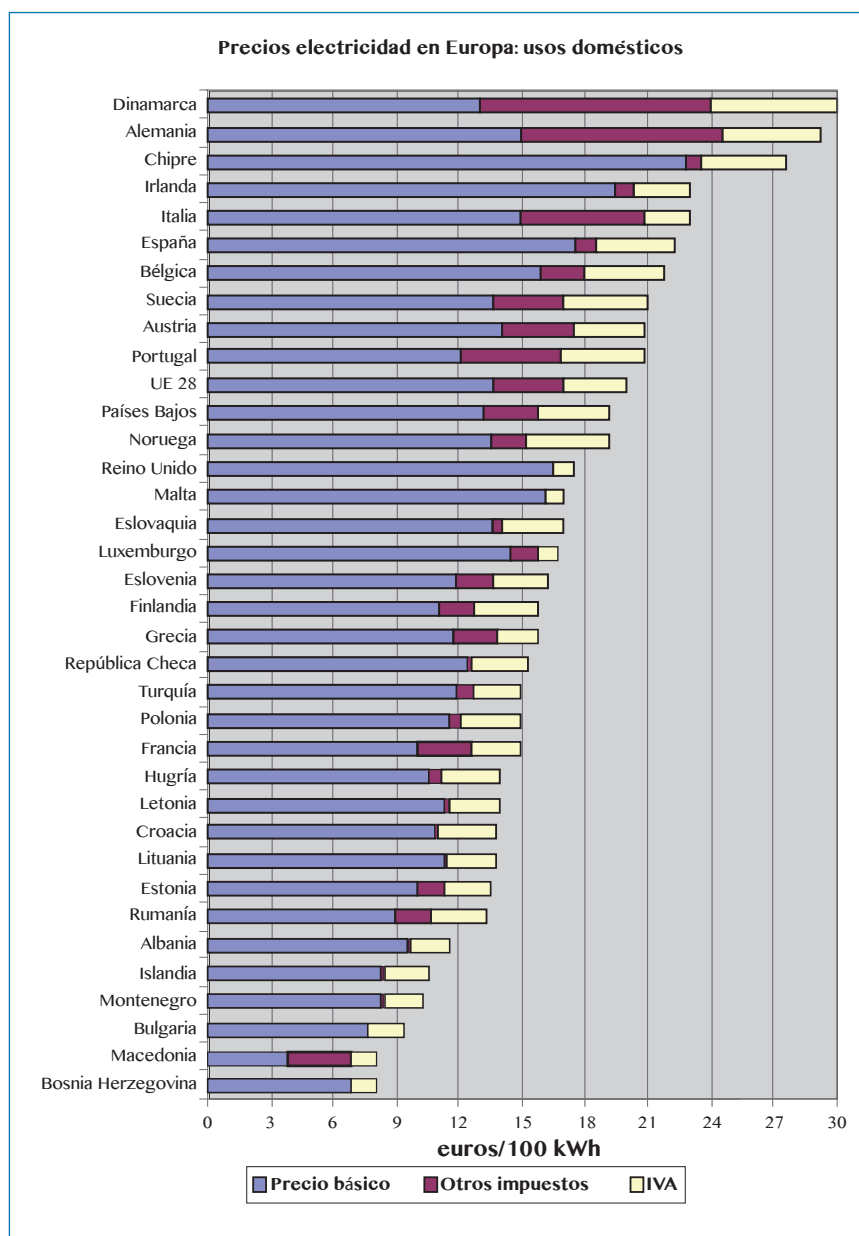
En este contexto, la necesidad de una reforma regulatoria era más que evidente.

ALCANCE Y PRETENSIONES DE LA REFORMA

En la introducción se han mencionado los textos legislativos ya promulgados. En el Anexo 1 se relaciona el entramado legislativo específico de este tema.

Como ya se ha comentado, el déficit no sólo había alcanzado una cuantía alarmante, sino que la posibilidad de titular el nuevo estaba limitada por el techo de deuda aprobada al FADE (26.000 millones de euros), lo que planteaba un riesgo claro de colapso financiero del sector. Además el problema se complicaba por las siguientes consideraciones:

- La prioridad política de cumplir con los objetivos de déficit macro impuesto por la UE y el FMI, lo cual excluía la opción de pasar total o parcialmente el déficit eléctrico a



Fuente Eurostat 1^{er} Semestre 2013)

Doméstico: Banda Dc = Consumo anual entre 2.500 y 5.000 kWh

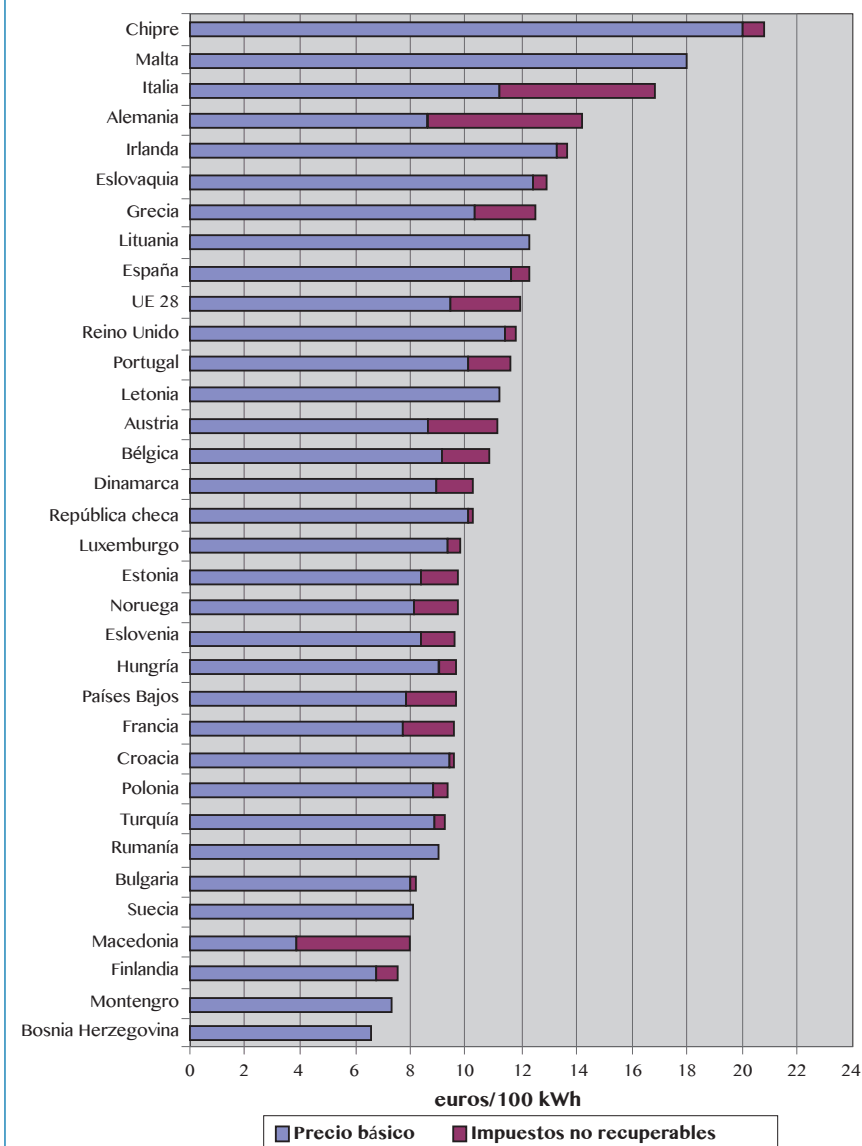
déficit público y resolver de esta forma la falta de competitividad de los precios de la electricidad. Esta prioridad se traduciría en el temor a la valoración de los mercados de la calidad de la deuda española

- La incapacidad de los agentes del mercado y las asociaciones empresariales de acordar un mensaje coordinado para la Administración.
- Las dificultades de repartir las inevitables cargas económicas de

cualquier fórmula sobre las partes implicadas: generadores de régimen ordinario y especial, que inevitablemente llevaría a acciones judiciales, demandas de arbitraje e insatisfacción general.

- La necesidad perentoria de adoptar medidas que resolvieran el déficit de tarifa y pudieran así contener el rápido encarecimiento de la energía eléctrica, que suponía una amenaza especial para la competitividad de la industria.

Precios electricidad en Europa: usos industriales

Fuente Eurostat 1^{er} Semestre 2013

Industria: banda Ic = Consumo anual entre 500 y 2.000 MWh

Objetivos

Aunque a menudo la Administración los expresa en las exposiciones de motivos de las disposiciones, en este caso no se pueden considerar como declaración explícita de objetivos de una reforma integral del sector eléctrico.

La lectura de los textos legales ya mencionados no pone de manifiesto ningún objetivo estratégico real, excepto el puramente recaudatorio,

para asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema, con acento en las cuestiones que pueden afectar al déficit. Lo expuesto es aplicable inclusive a los denominados impuestos medioambientales, cuya finalidad es meramente recaudatoria para reducir el déficit de tarifa.

Es de lamentar que se haya dejado pasar una gran oportunidad para alcanzar un Pacto de Estado con partidos y agentes implicados que permitiera acometer una verda-

Figura 2. Comparación del precio del kWh para usos industriales por países.

dera reforma global que diese estabilidad al sector y sentara las bases para el crecimiento y el retorno de la inversión.

Entre las carencias mencionadas en cuanto al alcance de la reforma, se pueden mencionar: el diseño del mercado mayorista, la participación de la generación renovable y de la cogeneración en el mercado, una revisión a fondo de la fiscalidad energética y el mercado de capacidad, por no mencionar lo imprescindible de ordenar las competencias de las distintas Administraciones y la urgente necesidad de ordenar y aliviar la fiscalidad energética. Por último, pero no menos importante se aprecia una clara falta de transparencia puesta de manifiesto por la poca o nula participación de los agentes del mercado.

Impacto de la reforma en la industria y en el empleo. Fiscalidad

La competitividad de la industria depende de su productividad y de sus costes, entre los que está el de la energía eléctrica que se compara de forma sumamente desfavorable con los de nuestros socios de la UE. Ver Figura 2

Además, la industria, que representa hoy el 16% del PIB cuando en 1972 era el 39% supone el 50% del empleo cualificado y el 85% del empleo fijo, y una parte sustancial de nuestras exportaciones y como tal debería ser objeto de atención especial en la política eléctrica para asegurar su competitividad y favorecer la viabilidad de sus inversiones. Falta también apoyo a la I+D en sus vertientes de tratamiento fiscal y utilización de los fondos específicos, tanto

nacionales como de la UE o internacionales.

En la reforma que nos ocupa, el reparto de la carga se ha hecho sobre las partes implicadas en proporciones decididas por el gobierno sin un diálogo suficiente.

Por otra parte la fiscalidad eléctrica (Figura 3) es hoy muy gravosa y poco transparente con proliferación de impuestos eléctricos estatales y autonómicos. Como ejemplo quisiéramos resaltar la casuística relativa a las tasas de 2012 que sirven para financiar costes que simplemente deberían haber sido reconocidos dentro de los costes del sistema. Por otra parte al tratarse de impuestos no finalistas, la recaudación íntegra va a Hacienda, que puede decidir finalmente qué parte de ese ingreso dedica a los costes del sistema eléctrico, cuando debería ser la totalidad de lo recaudado. Otro caso es el del impuesto sobre la electricidad creado por Ley 66/1997 para sustituir la financiación anterior de los costes sociales de la minería del carbón, y así adaptarse al criterio de la Comisión Europea de que dicha financiación debía salir de la tarifa eléctrica. El tipo del impuesto (5,11268 %) se calculó con objeto de que su impacto fuese neutro para el consumidor a tarifa. Una vez eliminadas las tarifas en 2009 se perdió dicha neutralidad y el citado impuesto quedó reducido a un impuesto especial más, cedido a las autonomías.

El impacto en el sector eléctrico

Las acciones para resolver el déficit han gravado especialmente a las empresas del sector, no sólo en forma de tasas directas sobre la generación, sino con una modificación de las fórmulas retributivas a medio y largo plazo, lo cual puede considerarse retroactivo y ha desencadenado numerosas acciones judiciales y de arbitraje. Además las empresas generadoras del régimen ordinario

se han visto perjudicadas por el esfuerzo de financiar el déficit durante largos años, sin haberlo originado. El resultado es que todas las empresas del sector que son intensivas en capital y necesitan captar recursos con expectativas estables de rentabilidad se han visto muy negativamente afectadas en su cotización bursátil y es de temer que dicho castigo va a continuar por un tiempo considerable, a pesar de su internacionalización, sobre todo por la incertidumbre regulatoria que sigue pesando sobre ellas y también por la disminución de sus beneficios.

La reforma regulatoria define criterios de rentabilidad de las actividades reguladas, generación a partir de fuentes renovables, transporte y distribución, basados en el bono del Tesoro a diez años más un margen, lo cual puede ser adecuado para las Administraciones Públicas, pero no refleja los costes medios de capital (WACC) de las empresas afectadas.

La lógica reacción defensiva de las empresas será reducir sus inversiones en España a un mínimo, lo que puede afectar negativamente a la calidad del servicio y tendrá un impacto indeseable en el empleo y en la industria auxiliar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Uno de los elementos clave que contribuirían a la percepción de seguridad jurídica sería un anuncio sobre los objetivos de una reforma integral, la transparencia y la coherencia en sus posibles modificaciones posteriores y, sobre todo su estabilidad a medio y largo plazo.
- El futuro de la energía eléctrica en España está condicionado por el creciente intervencionismo de Bruselas, que aparenta no reconocer que los Estados miembros no han cedido competencias en

materia de política energética y pretende conseguirlas por vías indirectas tales como el supuesto mercado único que ignora la crónica falta de interconexiones, la falta de competencia o el medioambiente.

- Debiera otorgarse prioridad política a alcanzar un pacto de Estado que abarque a todas las Administraciones, con transparencia y participación de los agentes y consumidores y permita definir políticas claras a medio y largo plazo y un proceso regulatorio previsible que contribuya al relanzamiento de la inversión y la creación de empleo. Ello debería permitir la elaboración de una matriz energética estable y equilibrada entre las diversas tecnologías, con un tratamiento adecuado de la cogeneración, que tome en consideración los costes de la energía y la competitividad de nuestra industria, el impacto sobre la actividad de la industria nacional, la reducción de la dependencia energética y la protección del medioambiente.
- Es imprescindible un regulador fuerte creíble e independiente de las Administraciones que favorezca la seguridad jurídica.
- Debe reducirse el coste de la energía eléctrica para empresas y consumidores domésticos. Ello implica disminuir su fiscalidad e ir transfiriendo gradualmente con fechas concretas el déficit remanente y los costes regulados derivados de decisiones políticas tomadas desde la década de 1990, a los presupuestos generales del Estado. El objetivo a largo plazo debiera ser que la tarifa eléctrica contenga únicamente los costes de generación, transporte, distribución y comercialización.
- Se debe revisar el diseño del mercado mayorista de la electricidad en todas sus modalidades.

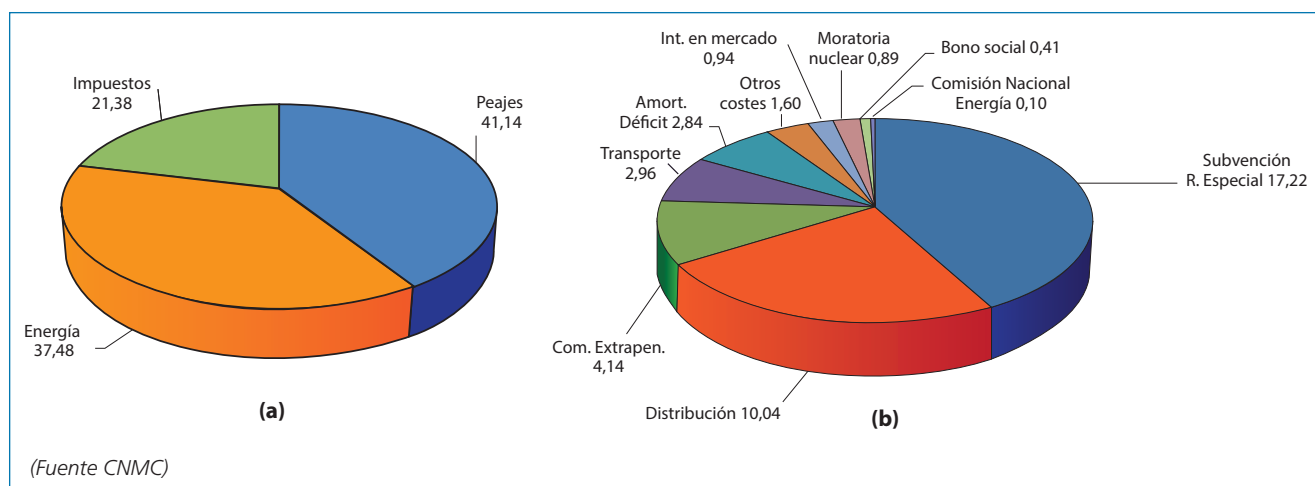


Figura 3. (a) Desglose de la factura. Consumidores domésticos, de menos de 10 Kilowatios de potencia contratada que compraron la electricidad a tarifa en el primer trimestre 2013. (b) Desglose de los peajes de la factura. Consumidores domésticos, de menos de 10 Kilowatios de potencia contratada que compraron la electricidad a tarifa en el primer trimestre 2013.

- Se debe desarrollar una efectiva competencia en el mercado minorista que permita ganar la confianza de los consumidores para completar la liberalización del mercado con el objetivo final de eliminar la tarifa regulada (PVPC) sin que ello resulte en alzas automáticas en los precios.
- El relanzamiento de la economía con el asociado crecimiento del PIB y del empleo que persiguen las medidas anteriores llevaría a través del ensanchamiento de la base fiscal de personas y empresas a una mejora de los ingresos de las Administraciones.
- Por último, pero no menos importante es la atención a la I+D y los desarrollos tecnológicos asociados, con especial atención a los fondos que la UE proporciona al respecto, pero en todo caso sin gravar los costes de la energía en España.

ANEXO I

Disposiciones legislativas que constituyen la reforma del sector eléctrico:

Normas promulgadas:

- Real Decreto Ley 9/2013 de 12 de julio, de Medidas Urgentes para la Estabilidad Financiera del Sistema Eléctrico.

- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1047/2013 de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica.
- Real Decreto 1048/2013 de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Orden IET/2442/2013, de 26 de diciembre, por la que se establecen las retribuciones del segundo periodo de 2013 para las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica y se establecen otras medidas en relación con la retribución de las actividades de transporte y distribución de años anteriores.

Normas en trámite, pendientes de aprobación:

- RD por el que se regula la actividad de comercialización y las condiciones de contratación y suministro de energía eléctrica
- RD por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- RD por el que se regulan los mecanismos de capacidad e hiberna-

ción y se modifican determinados aspectos del mercado de producción de energía eléctrica.

- RD por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica y el procedimiento de despacho en los sistemas eléctrico de los territorios no peninsulares.
- RD por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Orden por la que se establece la metodología para el cálculo de la energía eléctrica imputable a la utilización de los combustibles en las instalaciones de generación que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles.
- Orden por la que se regula el mecanismo competitivo de asignación del servicio de gestión de la demanda de interrumpibilidad para consumidores que adquieren su energía en el mercado de generación.
- Orden por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica.
- Resolución por la que se establece el modelo de la factura de electricidad. 

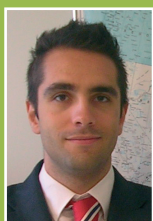
David Gómez Jiménez, Jorge Sanz Oliva y Jaime Portero Larragueta

Hidrocarburos no convencionales en EE UU y sus implicaciones

El auge de los combustibles fósiles no convencionales está cambiando el panorama energético mundial y es un foco de atención para inversores, reguladores, empresas y ciudadanos. Sin embargo, su explotación no es sencilla y tiene importantes impactos ambientales, sociales y económicos. En este artículo se explica dónde, cómo y por qué ahora se están explotando y las implicaciones que tienen en el país que lo ha visto nacer: Estados Unidos.

The rise of unconventional fossil fuels is changing the global energy landscape and is a focus for investors, regulators, businesses and citizens. However, their operation is not easy and has significant environmental, social and economic impacts. This article explains where, how and why now are being exploited and their implications its country of origin: United States of America.

OFICINA ECONÓMICA Y
COMERCIAL DE LA EMBAJADA DE
ESPAÑA EN LOS ÁNGELES
Septiembre de 2013



DAVID GÓMEZ JIMÉNEZ,
Ingeniero Industrial (UPM),
Diplomado en Empresariales
(UNED). Director Departamento de
Energía. Colegiado del COIIM.

JORGE SANZ OLIVA,
M.Sc. London School of Economics.
Consejero Económico y Comercial.

JAIME PORTERO LARRAGUETA,
Ingeniero de Caminos, Canales
y Puertos (UPM). Técnico en
Comercio Exterior.

ORIGEN

La primera consideración es que estos hidrocarburos no son distintos en absoluto a los convencionales; su génesis es la misma aunque su geología no lo sea. Como es sabido, los hidrocarburos se han creado a lo largo de varios cientos de miles años, a partir de materia orgánica primitiva (*plancton*, algas) que moría y se depositaba en cuencas marinas. Estos residuos se mezclaban con arenas y otros sedimentos que se iban depositando y compactando, a lo largo de miles de años, en condiciones anóxicas (en ausencia de oxígeno). En ellos tenía lugar un proceso llamado carbonización, donde ciertos microbios, junto con procesos térmicos a grandes presiones, reducían el oxígeno y dejaban cadenas de carbono e hidrógeno que forman los combustibles fósiles. Dependiendo de su composición y cantidad de hidrógeno han dado lugar a combustibles en diversos estados físicos: sólido (carbón), líquido (petróleo) o gaseosos (gas natural). Dichos sedimentos se compactaban y petrificaban dejando intersticios donde se quedaban contenidos los hidrocarburos. Este tipo de rocas se denominan en la

jerga del petróleo *generadoras* o *madres*. Desde estas rocas, tuvo lugar un proceso denominado migración, donde parte de los hidrocarburos más ligeros emergían de la roca generadora y siguiendo complejos procesos, se desplazaban hacia capas superiores, donde, eventualmente, podían encontrar estructuras geológicas cerradas denominadas *trampas* que están limitadas por rocas impermeables (sello), quedando atrapados y almacenándose en capas permeables denominadas *almacén*. Estas trampas han dado lugar a las bolsas convencionales que se explotan desde principios del siglo XIX. Sin embargo, muchos de los hidrocarburos formados siguen retenidos en las rocas generadoras, de donde no han podido migrar. En estos estratos es donde se encuentran los llamados hidrocarburos no convencionales, que, como se ha explicado, no es que sean distintos, es que se encuentran en formaciones y estructuras no habituales, pero conocidas desde hace muchas décadas, por ser donde se han generado los hidrocarburos [4].

La característica más importante de estos estratos es su baja permeabilidad, es decir, su baja capacidad

“La característica más importante de los hidrocarburos no convencionales es su baja permeabilidad, es decir, su baja capacidad para permitir el paso de un fluido”

para permitir el paso de un fluido, en este caso petróleo o gas, siendo cientos o incluso miles de veces menor que las rocas almacén tradicionales. Esto no quiere decir que no estén ya fracturados y no tengan porosidad, sino que es difícil que los hidrocarburos pasen a través de ellos. Al ver estas rocas al microscopio, se observa que la materia orgánica se encuentra en los poros entre los granos y retenidos en las fracturas existentes, aunque también hay moléculas adsorbidas en la matriz de la roca.

Existen tres tipos de formaciones donde se pueden encontrar hidrocarburos retenidos (tanto en forma de petróleo como de gas) y que dan lugar a los distintos nombres de estos combustibles no convencionales: *Coal Bed Methane* (CBM), *Tigh Gas/Oil* y *Shale Gas/Oil*. El primer caso, se trata de gas metano retenido en capas de carbón (grisú), que se ha considerado tradicionalmente como un riesgo en la explotación minera de este combustible sólido. En el caso de las *Tight Sands*, los hidrocarburos se encuentran en rocas sedimentarias con baja permeabilidad; que es aún menor en el caso de las lutitas o pizarras (*Shale*). Estos dos últimos se encuentran, en general, en formaciones a grandes profundidades, mientras que el CBM puede darse en estratos superficiales. En cualquier caso, los tres se explotan de forma similar y con las técnicas que se denominan como *fracking*. El CBM y las *Tigh Sands* se llevan explotando con producciones importantes desde los años 80, mientras que el *Shale Gas* o *Shale Oil* ha empezado a despegar, de forma exponencial, a partir del 2005 [5]. Como resumen, comentar que el *Shale Gas* se está traduciendo incorrectamente como “gas pizarra” o “gas de esquisto”, proviniendo

realmente de diversas formaciones litológicas. Sería más correcto decir que es gas o petróleo contenido en la roca generadora, siendo su principal característica la baja permeabilidad [6].

EXPLOTACIÓN

La razón por la que se ha desarrollado ahora la explotación de estos hidrocarburos y no antes, se debe a una combinación de factores, ya que la baja porosidad de estas rocas hace que los métodos convencionales no sean rentables. Dichos factores han seguido un desarrollo histórico paralelo y se resumen en: apoyos públicos a la investigación en la explotación, mejoras en las técnicas de perforación y estimulación de los pozos (*fracking*), y ventajas regulatorias que han facilitado su desarrollo.

Para poder extraer los combustibles de estas rocas tan poco porosas, es necesario abrir las fracturas existentes y crear muchas más nuevas, permitiendo unir las cavidades donde se encuentran alojados los hidrocarburos y facilitando también su desorción (liberación desde la matriz). Ese es el objetivo de la estimulación de pozos, que es una técnica que se viene empleando con distintos fluidos (y explosivos) en la industria del petróleo y del gas desde finales del siglo XIX, en pozos convencionales para mejorar su rendimiento (actualmente se aplica en más del 60 % de los pozos). El primer uso de fracturación hidráulica (con agua) data de 1947 por Floyd

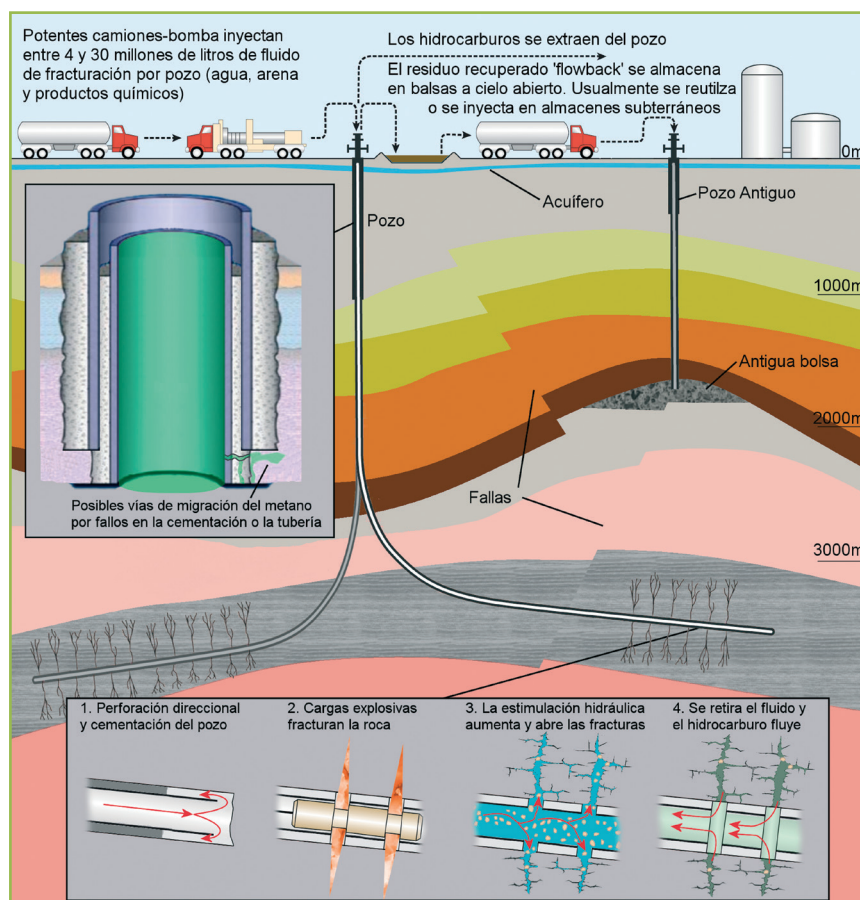
Farris en Hugoton, Kansas, cuya patente fue después licenciada por *Halliburton*, empresa que ha tenido un papel relevante en el desarrollo de estas técnicas [7]. En los años siguientes se siguió perfeccionando la práctica, en EE UU y en otras partes del mundo, con mayores cantidades de fluido y con distintos *proppants* o agentes de sostén. El objetivo de estos últimos, que son, principalmente, arena fina y dura de sílice, es bloquear las fracturas abiertas una vez disminuye la presión hidrostática, evitando su cierre y que se impida la liberación del hidrocarburo. Sin embargo, no fue hasta los años 70 cuando se empezó a investigar en emplear esta técnica para rocas de baja permeabilidad, motivado por la crisis del petróleo. En 1976 se inicia el proyecto de investigación público-privado denominado *Eastern Gas Shales Project*, con el objetivo de investigar los recursos no convencionales existentes y mejorar la tecnología para poder extraerlos de forma rentable, en las cuencas de Illinois y Michigan. La investigación continuó a lo largo de los años apoyada por la combinación de la iniciativa pública (a través del *Department of Energy* y de incentivos fiscales) y de la privada.

No fue hasta el año 1997, cuando la compañía *Mitchell Energy*, tras años de pruebas en la cuenca de Barnett (Texas), consiguió dar con la mezcla de fluidos de fracturación adecuada (agua, *proppants* y diversos químicos) para hacer rentable su explotación. El método se denominó

Esquema del fracking ►

slick-water fracturing (literalmente, fractura con agua “escurridiza”) [8].

Además de ello, la explotación de estos hidrocarburos no hubiera sido tampoco lucrativa si no se hubiera avanzado en las técnicas de perforación. La estimulación hidráulica tiene un área de influencia reducida a varios cientos de metros alrededor del pozo, perpendicular al mismo. Sin embargo, los estratos están orientados en distintos buzamientos (ángulos) no muy alejados de la línea horizontal, y con potencias (espesores) de sólo cientos de metros frente a superficies horizontales que abarcan cientos de hectáreas. Por tanto, estimular en pozos verticales obtendría muy poco hidrocarburo para hacer rentable toda la perforación. No obstante, la tecnología actual permite perforar pozos verticales que en cierto punto (*kick-off point*) son capaces de girar y orientarse siguiendo el estrato, de forma horizontal o en direcciones más complejas, y permite avanzar varios kilómetros en estos “laterales”. En ellos, el pozo se estimula por etapas, fracturando la roca en una zona de influencia mucho mayor. La perforación direccional tiene sus inicios en los años 30 del siglo pasado, cuando expertos como John Eastman lo emplearon para apagar pozos en llamas (inyectando agua a la bolsa) [9]. Esta técnica también se empleó en los años 50, en el conocido escándalo de *East Texas*, donde se descubrió que varios operadores estaban perforando de forma direccional para robar pe-



tróleo de bolsas vecinas. La tecnología mejoró mucho en los años 70 con el empleo de los llamados *mud motors* o *downhole motors*. Hasta entonces la perforación se realizaba con *rotary rigs*, que al no tener el motor en punta obligaban a girar a todo el varillaje. Por dentro de este, se introducía fluido a presión (*mud*) para refrigerar y limpiar el avance del taladro. Con los *downhole motors*, este mismo fluido se emplea para mover sólo la broca en la parte inferior, gracias a una turbina hidráulica que transforma la presión en movimiento giratorio. Al permanecer el resto del varillaje fijo, se pueden conseguir mayores ángulos de giro y avanzar más distancia lateralmente. También fue clave el avance en las técnicas de medición de la posición de la herramienta de perforación bajo tierra, campo en el que se han

desarrollado sofisticados métodos para conocer dónde y cómo se realiza la perforación, muchos de ellos, patentados por *Halliburton*.

Por lo tanto, la investigación en la mejora de las dos técnicas ha sido clave para poder extraer hidrocarburos de estas formaciones tan complejas, y el apoyo público en consorcio con la empresa privada ha sido fundamental. Gracias a ello, como se ha comentado, desde los años ochenta, se vienen explotando cuencas de *Tight Sands* y de CBM, mientras que el *Shale* se empezó a desarrollar desde el año 2000, en la cuenca de Barnett, aunque ya se explotan muchas más.

El aprovechamiento actual del *Shale* y las *Tight Sands* supone un fuerte desarrollo industrial y un importante impacto en el terreno de las zonas que se están explotando.

Como se ha comentado, la zona de influencia de la estimulación abarca varios cientos de metros alrededor del pozo. Para explotar el estrato es necesario perforar y fracturar de forma paralela, intentado cubrir toda la superficie de la capa de roca (estrato). Por ello, desde la plataforma de perforación (*pad*), que es el clareo donde se disponen los equipos y las balsas (a cielo abierto) para los fluidos de fracturación, se perforan varios pozos en direcciones paralelas y hasta donde la apertura lateral llegue (siempre dentro del lease que se tiene derecho a utilizar).

Cuando se ve una foto aérea de estas explotaciones, se aprecian un gran número de plataformas esparcidas en el terreno (típicamente están separadas entre 400 y 1.000 m) [10].

Además, de acuerdo con la información que proporciona la industria [11] y otras fuentes como la *Environmental Protection Agency* (EPA) [12] o el *Ground Water Protection Council* [13], por cada pozo que se perfora, es necesario entre 4 y 30 millones de litros de fluido de fracturación para estimularlo, lo que supone una cantidad enorme de agua y residuos a gestionar en el conjunto regional.

¿POSIBLE BURBUJA?

Aunque la técnica del *fracking* pueda parecer sencilla, la física que subyace en la estimulación y rotura de la roca es tremendamente complicada, e implica dinámica no lineal y matemática avanzada. Además, y a pesar de que se lleva investigando en este campo varias décadas, no existen todavía suficientes datos y pruebas para comprender cómo se produce la extracción de los hidrocarburos [14]. Lo que sí se conoce, y ha causado cierta sorpresa, es el bajo rendimiento de extracción con el tiempo [15]. Con datos de los pozos que se llevan explotando, se ha visto que la producción disminuye de forma exponencial tras la estimulación hidráulica. Tras

“Aunque la técnica del *fracking* pueda parecer sencilla, la física que subyace en la estimulación y rotura de la roca es tremendamente complicada, e implica dinámica no lineal y matemática avanzada”

el primer año, la producción cae prácticamente un 50 %, y cinco años después de la perforación, el pozo produce menos del 10 % inicial; mientras que la industria estima que la vida útil es muy superior [16], probablemente por analogía con la explotación convencional de la que se tiene mayor experiencia y porque consideran varias estimulaciones hidráulicas a lo largo del tiempo (*re-fracking*). Por ello, algunos consultores como Arthur Berman [17] o el *Post Carbon Institute* [18] han disparado las alarmas sobre una posible burbuja en el sector. La previsión de la producción de los pozos es una variable fundamental para la valoración de las inversiones y de las decisiones a largo plazo y, para mantenerla, se tienen que realizar numerosas perforaciones que compensen el bajo rendimiento por pozo. Actualmente, las empresas operadoras están realizando una fuerte inversión en perforación, que supone entre 4,5 y 7,5 millones de dólares por pozo (incluida la estimulación, que representa entre un 40 y un 60 % de ese coste) [19], para lo que acuden al mercado financiero en busca de capital. Los complejos productos de inversión que se están desarrollando, ligados a la incierta producción de los pozos, han suscitado temores de que se puedan repetir situaciones como las vividas recientemente en el sector inmobiliario, donde claramente se infravaloraron los riesgos asociados a las inversiones [18].

Desde el 2008, la inversión en el sector ha superado los 133 millardos de dólares, con una inversión extranjera directa (China, Alemania, Francia...) del 20 %. Existe una gran competencia entre las operadoras por cerrar contratos (*lease*) con los propietarios de los terrenos y perforar cuanto antes, por temor a que futuros cambios regulatorios o de mercado puedan afectar a su creciente valoración en bolsa. Las cifras de inversión por pozo, son mucho menores de las que se manejan actualmente en perforación *offshore* o convencional en sitios remotos, lo que está propiciando que aparezcan numerosas empresas pequeñas capaces de entrar en el mercado.

Todo ello ha generando desarrollos exponenciales en exploración y perforación, que han hundido los precios de gas natural en 2012. En EE UU el precio medio durante el año se ha situado en torno a los 3 USD/MMBTU, lo que contrasta con 9 USD/MMBTU en Europa o los 18 USD/MMBTU en Japón. Con este bajo nivel de precios, la extracción del gas natural se ha frenado, pero no la exploración, que, como se ha comentado, sigue un desarrollo explosivo por adquirir los derechos. Sin embargo, la extracción de los hidrocarburos avanzará en función de los precios y los costes que lo hagan rentable, por ello es relevante tener en cuenta la capacidad de exportación (inicio a partir de 2015) o eventuales cambios regulatorios que incrementen dichos costes.

Trabajos de fracking ►

INCENTIVOS REGULATORIOS

El tercer factor clave para el desarrollo industrial de estos hidrocarburos ha sido disfrutar de un marco regulatorio muy favorable. En Estados Unidos, los derechos mineros son privados y normalmente van asociados a la propiedad de los terrenos, aunque se pueden desligar de los mismos. Los propietarios de los derechos reciben considerables ingresos de su explotación, normalmente un *bonus* por el uso del terreno más un porcentaje de lo extraído como *royaltie*, que varía entre un 10 y un 25 % [19]. Por ello, en muchas zonas rurales, la actividad energética se ha convertido en un negocio paralelo a la actividad agrícola o ganadera con la que convive, y que puede generar importantes rentas, no sólo a los propietarios, sino también al resto de la región, por el efecto multiplicador del desarrollo industrial.

En cuanto a la regulación medioambiental y el reparto de poderes, en EE UU existe un modelo regulatorio que se denomina corporativismo federal, por el cual los Estados tienen casi todas las competencias regulatorias. Sin embargo, el Gobierno federal dicta unas leyes y normas, apoyadas por diferentes agencias, que suponen una base o mínimo que todo el país tiene que cumplir, y que los Estados pueden desarrollar haciéndolas más estrictas. La normativa a nivel federal se vio especialmente modificada en 2005, a través de la *Energy Policy Act*, hecho que se conoce incluso



como el *Halliburton Loophole* (laguna jurídica). Dicha ley de 2005 fue promovida por el entonces vicepresidente del país, Dick Cheney (repblicano), que accedió al poder tras ser el presidente de la citada empresa *Halliburton*, una de las mayores compañías en el suministro de equipos y fluidos para la perforación. En dicha ley, se concedieron importantes exenciones a la industria del petróleo y del gas, añadidas a las que ya disfrutaban, mejorando su posición frente a otras industrias.

Entre otras, enmendaba la *Safe Drinking Water Act* (SDWA) para que la estimulación hidráulica, salvo si se realizaba con diesel, estuviera exenta de cumplir el programa *Underground Injection Control* (UIC) y sus residuos fueran aptos para ser vertidos en cavidades o pozos Clase II, exigencia menos restrictiva que para otras industrias [20]. También se modificó la *Clean Water Act* (CWA) para evitar que las actividades de exploración y explotación de petróleo y gas tuvieran que realizar un control de escorrentías y pluviales [21]. La misma ley, en la definición de contaminante (*po-*

llutant) excluye literalmente cualquier “agua, gas o material que sea inyectado en un pozo para facilitar su producción”, salvo que el Estado donde está diga lo contrario [22]. Adicionalmente la *National Environmental Policy Act* (NEPA) se modificó para hacer a la exploración y explotación exentas, en muchos casos, de realizar estudios de impacto ambiental [23]. Aparte de esta, existen además otras importantes exenciones como la no obligación de informar de los productos empleados en la estimulación hidráulica y de su toxicidad (en la *Emergency Planning and Community Right-to-Know Act*). Asimismo, muchos de los químicos que se utilizan se consideran “no peligrosos” (*hazardous*), por definición y sólo por emplearse en explotación de hidrocarburos; aunque sí son considerados como tal, en otras industrias (en la *Resource Conservation and Recovery Act*).

Más allá de estas normas federales básicas, el grueso de la regulación recae en los Estados, que están legislando de forma desigual. No obstante, alguno ha establecido una moratoria a las técnicas de *fracking*

(como Nueva York) o a la inyección de vertidos en depósitos profundos hasta estudiar su sismicidad (en Arkansas).

Por otro lado, a nivel federal, tiene un papel de referencia y siempre controvertido la *Environmental Protection Agency* (EPA), que lleva estudiando los impactos del *fracking* desde hace décadas. Ya a mediados de los ochenta, elaboró un documento al Congreso en el que argumentaba que se había producido contaminación de fluidos de fracturación en un acuífero cercano desde algunos pozos abandonados, en West Virginia [24]. En 2003, llegó a un acuerdo no vinculante con las principales empresas de perforación (entre ellas *Halliburton*) para evitar el uso del diesel como fluido de fracturación, que había sido descubierto en varias explotaciones de CBM (recordemos que pueden ser superficiales), alegando su peligrosidad para los seres humanos [25]. A pesar de ello, años después se descubrió que se había seguido usando [26].

Recientemente, destacan sus investigaciones en Pavillion (Wyoming) [27] y Dimock (Pennsylvania) [28], donde ha encontrado productos químicos en el agua de consumo que se emplean en la estimulación hidráulica de los pozos cercanos y en valores superiores a los normales. No obstante, en el caso de Dimock, declaró que el agua era "segura para su consumo" porque no superaban los estándares federales; y en el caso de Pavillion, ha abandonado la investigación en junio de este año, dejándola en manos del propio Estado de Wyoming. La agencia, cuya labor es asegurar el cumplimiento de las leyes, no redactarlas, depende en gran medida del signo político de la Administración del momento y, a pesar de considerarse científicamente como válida, sus decisiones e informes son respetados pero a la vez cuestionados tanto por la industria y como por el movimiento ecologista. Actualmente, está rea-

“ Más allá de las normas federales básicas, el grueso de la regulación sobre los hidrocarburos recae en los Estados, que están legislando de forma desigual ”

lizando un importante estudio en profundidad sobre los efectos del *fracking* en el agua de consumo, pero no se prevé su publicación hasta bien entrado el 2014 [29].

FLUIDO DE FRACTURACIÓN

Como se ha visto, la composición de los fluidos de fracturación ha sido clave tanto para el desarrollo de la técnica, como para los efectos ambientales que tiene y la rentabilidad última del pozo. La composición del fluido y la presión a la que se inyecte, así como la profundidad del pozo, tienen relación directa con la peligrosidad del mismo para el medioambiente y son objeto de debate en los Estados, responsables de su legislación. Actualmente, sólo en catorce de los veintinueve Estados en los que se explotan hidrocarburos no convencionales, existe obligación de informar a la autoridad competente sobre la composición de los fluidos [30]. No obstante, en todos ellos, las empresas se pueden acoger al secreto industrial para no hacerlo (en ocho de ellos sin necesidad siquiera de aportar justificación; tan sólo en Wyoming existe un proceso reglado para aceptar o denegar las solicitudes de secreto industrial). La razón que alegan para mantenerlo en secreto es que, haciendo pública la composición del fluido que es óptima en una determinada formación, dan ventaja a sus competidores locales.

Es por ello que la composición exacta de dichos fluidos es desconocida por la opinión pública, aunque

la industria ha elaborado la iniciativa *Fracfocus* [11], donde se publican voluntariamente ciertos datos de los productos que inyectan en miles de pozos. Generalmente, el fluido está compuesto por un 90 % de agua; 9 % *proppants* y alrededor de un 1 % aditivos químicos. Estos últimos, pese a representar una centésima parte en volumen, son responsables de la efectividad última de la mezcla y de la posible peligrosidad del *slickwater* para el medioambiente. Por otra parte, también se utilizan ácidos previa estimulación, para disolver posibles obstrucciones en la conducción y formación geológica.

Las características deseables del *slickwater* son fluidez, capacidad portante de arenas (*proppants*), inhibición de la corrosión, control biológico, control de precipitaciones de sólidos y fundamentalmente, coste reducido (debido a la gran cantidad de fluido necesaria por unidad de energía extraída). La fluidez de la mezcla (emulsión de arenas en agua y aditivos) se logra con demulsificadores (generalmente disulfatos), entrecruzadores (sales de boro) y reductores de fricción (*Poliacrilamida*); la capacidad portante de la mezcla se aumenta con el uso de agentes espesantes (*Guar gum*) y surfactantes (metanol). Se inhibe la corrosión al añadir metanol y bisulfato amónico. El control biológico se logra con biocidas como los glutaraldehídos, y el control de precipitaciones con estabilizadores de cal (cloruro de potasio) y agentes quelantes (cloruro de amonio). Además, para mejorar

la efectividad de la emulsión, se añaden controladores del Ph (ácido acético) y disolventes (hidrocarburos aromáticos) [31].

Como se ha apuntado, la cantidad de *slickwater* inyectada por pozo varía entre 4 y 30 millones de litros, siendo transportada, en general, en camiones cisterna y almacenada en balsas construidas *in-situ*. Tras la inyección, el fluido recuperado por la boca de la perforación, que según diversas fuentes como la EPA, *Fracfocus* o la *PennState University* [32], puede variar entre el 10 y el 100 % del volumen inicial, puede contener, además, agua de formación, elementos radiactivos naturales (NORM), hidrocarburos y grandes concentraciones de sales. La mezcla, conocida como *flowback*, también se almacena en balsas ejecutadas *in situ*.

A pesar de las exenciones que afectan a la industria de los hidrocarburos, el *flowback* debe ser gestionado como un residuo (no peligroso) antes de restituirlo al medio ambiente o almacenarlo. El tratamiento se realiza en el lugar de la extracción, en plantas de tratamiento de aguas pesadas y en plantas de tratamiento de agua potable convencionales, que según fuentes como el *Natural Resources Defense Council* [33] y la *Pittsburgh University* [34], son a menudo ineficaces para eliminar los productos contaminantes que contiene el residuo.

Los dos procedimientos habituales, y más económicos, son la inyección profunda en pozos destinados a tales efectos y la reutilización; ambas soluciones requieren tratamientos parciales de sólidos y diluciones. Otro uso, menos habitual, es la reutilización del *flowback* para riego de caminos no pavimentados, siempre que el *flowback* contenga pequeñas cantidades de sólidos en suspensión y metales. La reutilización del residuo para usos agrícolas, consu-

mo humano o restitución a cauces exigiría un tratamiento intensivo muy costoso tanto por el consumo energético requerido como por la dispersión del residuo.

No obstante, aunque todos los aditivos usados y residuos generados por el *fracking* son comunes en las industrias agrícola, farmacéutica, minera, automovilística y muchas otras, ellas están sometidas a regulaciones más restrictivas de información, praxis y tratamiento posterior del residuo. La legislación actual referente a la gestión de aguas en la extracción de hidrocarburos no convencionales, tal vez excesivamente laxa, permite reducir el coste de extracción a los productores y podría implicar riesgos para la sociedad. Es probable que, transmitiendo parte de estos riesgos a los productores con la legislación adecuada para que internalicen los costes de su cobertura, el impacto ambiental de la extracción de hidrocarburos no convencionales no difiera del de cualquier actividad industrial. Queda como incógnita si, en ese caso, la rentabilidad de la explotación seguiría siendo suficiente para realizarla, con los precios actuales de los hidrocarburos.

IMPLICACIONES AMBIENTALES

Aunque según la industria hay varios miles de pozos estimulados de forma segura con esta técnica, se han denunciado algunos casos bastante llamativos de contaminación de acuíferos y pozos de agua por los fluidos de fracturación y también por metano, que puede aparecer en grifos domésticos e incluso inflamarse [35]. Las complicaciones pueden surgir por la deficiente cementación de los pozos, que es un problema conocido por la industria desde hace décadas (como *gas migration control*), y que también ocurre en la perforación convencional [36]. Sin embargo, se ve magnificado por la gran

cantidad de perforación que exigen los hidrocarburos no convencionales, las grandes presiones que requiere la estimulación hidráulica y el desarrollo explosivo y rápido que se está realizando, donde quizás no se están empleando las mejores prácticas disponibles [37]. La técnica usual es, una vez se perfora el tramo vertical inicial que atraviesa el acuífero, entubar el pozo con una o varias capas de metal y cemento. La decisión de cuantas capas depende de la cuenca en particular y de las políticas de cada empresa, pero no está regulado, por lo que hay pozos, especialmente los más antiguos y superficiales, que ni siquiera se han cementado. Aún así, la cementación puede fallar, por poros o canales que se forman en el fraguado del cemento, por fracturas formadas durante la estimulación o por corrosiones a lo largo del tiempo. Diversos autores de la industria de la perforación [38] apuntan a tasas de fallo entre el 5 % en pozos nuevos, y hasta 60 % cuando van envejeciendo. Otra posible forma de migración del gas o de los fluidos hacia los acuíferos puede ocurrir a través de conexiones hidráulicas desconocidas o pozos antiguos existentes, especialmente, en zonas con historia en explotación, como Texas. Dado que se introduce grandes cantidades de fluido de fracturación y a grandes presiones, puede ocurrir que, accidentalmente, circule por "canales" o pozos no deseados, ya que, como se ha comentado, sólo se recupera una parte del fluido introducido.

Otra potencial vía de contaminación, en este caso de aguas superficiales, es por las escorrentías de pluviales o por derrames. Como se ha explicado, las balsas que almacenan el fluido de fracturación y el retorno, se disponen a cielo abierto y con una capa de plástico como aislamiento. Si llueve en exceso, estas balsas pueden desbor-

darse y los fluidos que contienen verse accidentalmente en terrenos vecinos o incluso en fuentes o corrientes de agua [39]. Es un problema que tendría fácil solución si dichos fluidos se almacenaran en depósitos cerrados de doble capa, como es habitual en los procesos industriales.

Un impacto que también está teniendo un importante debate es el de la sismicidad inducida por la técnica. En ciertas zonas donde se está realizando *fracking*, se ha percibido un aumento significativo del número de terremotos, de baja y media intensidad. Esto ha provocado incluso las moratorias de Arkansas y Reino Unido. Esta sismicidad tampoco es nueva en la industria y es un problema asociado a la introducción de fluidos a presión en el subsuelo, tanto para estimulación, como para su vertido en capas profundas. Se han producido también casos en explotación tradicional, destacando el desastre de Baldwin Hills (Los Ángeles), en el año 1963, donde la estimulación de los pozos petrolíferos de la zona indujo que una falla se desplazara, rompiendo la presa de una reserva de agua que había en la superficie. El torrente inundó un barrio cercano y fallecieron cinco personas [40]. Los terremotos vienen inducidos por este mismo fenómeno, que se denomina “activación de falla”. La introducción de fluidos a presión puede hacer que las fallas se desplacen tras repartir las tensiones creadas en el terreno, además, el *slickwater* puede “lubricar” o reducir el rozamiento entre fallas y facilitar su desplazamiento.

Esto origina pequeños seísmos que pueden tener especial impacto en zonas urbanas.

Por último, añadir que varios investigadores de la Universidad de Cornell [41], han elaborado un estudio que ha sido ampliamente debatido, donde afirman que el impacto sobre el calentamiento

“ Se han denunciado casos de contaminación de acuíferos y pozos de agua por los fluidos de fracturación y también por metano, que puede aparecer en grifos domésticos e incluso inflamarse ”

global de la explotación del gas no convencional puede ser mayor que el del carbón, teniendo en cuenta toda la huella ecológica. Las liberación y las fugas involuntarias de metano (que tiene mayor *Global Warming Potential* GWP que el CO₂), sumadas al desarrollo industrial de la técnica (por ejemplo, el enorme trasiego de camiones desplazando los fluidos) hacen que, al menos, exista consenso en que las emisiones son mayores que la explotación tradicional de gas; aunque no existe acuerdo sobre la magnitud en que contribuye.

IMPLICACIONES SOBRE LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA EXTERIOR

El interés de los diferentes gobiernos por los combustibles fósiles no convencionales es evidente dadas las estimaciones del recurso existente; siempre con la precaución del rendimiento real de los pozos, que, como se ha comentado, es muy incierto. Tanto es así que, la Agencia Internacional de la Energía, lo ha denominado como la “edad de oro del gas”, y estimó en 2011 que los recursos recuperables de gas natural son suficientes para mantener la producción actual durante 250 años [42]. Además de ello, el reparto geográfico de los recursos hace que ciertos países, especialmente Estados Unidos, reduzcan su dependencia exterior e incluso se puedan convertir en nuevos exportadores, con las profundas implicaciones geopolíticas que

eso conlleva [43]. Por ello hay un cierto debate sobre permitir o no las exportaciones de gas en grandes cantidades desde EE UU. Por un lado, la industria intensiva en el consumo de gas desea mantener los precios bajos, mientras que los operadores desean aprovechar el diferencial de precios con Europa y sobre todo Asia, para aprovechar las ganancias del arbitraje. A finales de agosto, sólo dos compañías (*Sabine Pass Liquefaction* y *Freeport LNG Expansion*) tenían licencia para exportar (a países no FTA ~~Free Trade Agreement~~, la gran mayoría), siendo una de las compradoras la española *Gas Natural Fenosa*, aunque hay muchas más peticiones en revisión. Las primeras exportaciones (en forma de LNG) tendrán que esperar al menos un par de años, hasta que se finalicen las primeras plantas de licuefacción, que suponen inversiones millonarias y que son el contrapunto histórico a las casi recién terminadas plantas de regasificación, cuyos costes quedarían hundidos (*stranded*) y su amortización se prevé difícil a medio plazo. Estas terminales, ahora sin operación, se decidieron años atrás cuando las perspectivas eran de fuerte escasez de gas natural, lo que demuestra la dificultad de hacer previsiones a largo plazo en el sector energético.

La mayor disponibilidad de gas natural tiene además implicaciones en la generación de energía eléctrica, ya que se observa cómo ha aumentado el porcentaje de producción



▲ Vista aérea de Jonah Field

con gas frente al carbón, a la vez que se cuestionan los objetivos de generación renovable (RPS *Renewable Portfolio Standards*), que tenían una fuerte justificación en el país por la reducción de la dependencia energética, ahora no tan acuciante.

IMPLICACIONES EN EL DESARROLLO ECONÓMICO REGIONAL

En el entorno económico regional, también está teniendo una creciente relevancia. Por un lado, las cautelas que levanta por los riesgos e impactos que se han comentado, y que todavía no se conocen claramente. Pero sobre todo, por el gran desarrollo económico que está generando en zonas tradicionalmente rurales. Destaca el caso de Dakota del Norte, que se ha convertido en el segundo productor de petróleo tras Texas (era octavo hace 5 años),

por la explotación de *Shale Oil* en la cuenca de Bakken, en el oeste del Estado. Gracias a ello, el Estado tiene la tasa de desempleo más baja del país, aunque hay que tener en cuenta que su población no llega ni al millón de habitantes. Este desarrollo explosivo se ha comparado con la "fiebre del oro", ya que muchas personas de todo el país se están desplazando al Estado atraídas por los grandes salarios que se ofrecen, lo que ha provocado una enorme inflación en la zona por la falta de infraestructuras básicas como hoteles, viviendas o restaurantes [44]. Son llamativos los cientos de casos de trabajadores del sector que viven en campos prefabricados (*men camps*) o en autocaravanas en los aparcamientos de los centros comerciales, como se muestra en algún reportaje de la CNN [45].

Sobre la cuantificación del *fracking* al desarrollo económico, se-

gún un reciente artículo de *Oxford Energy Forum* [46], no hay un consenso claro, aunque se han realizado varios informes que podrían reflejar en cierta medida el interés del financiador del estudio, lo que obliga a valorar los resultados con las oportunas cautelas. IHS *Global Insight* cifró la contribución al GDP en 2010 en 76,9 millardos de dólares, y la aportación al empleo en 600.000 nuevos trabajos.

EXPLOTACIÓN EN EUROPA Y ESPAÑA

La situación en Europa es muy distinta, tanto la *Directorate-General for the Environment* como el *Institute for Energy and Transport* de la Comisión Europea han publicado sendos estudios en los que identifican: los riesgos para el medioambiente y la sociedad, los vacíos que la legislación comunitaria actual presenta y el impacto en el mercado ener-

gético que tendría su explotación. Actualmente, la Comisión Europea desarrolla la iniciativa *Environmental assessment framework to enable a safe and secure unconventional hydrocarbon extraction*, en la que estudia a fondo las implicaciones de la fracturación hidráulica y la necesidad de modificaciones en la legislación actual para asegurar una praxis adecuada. Se espera que se publique el informe final durante 2013 y que este sirva de guía para definir directivas, en caso de ser pertinentes, relativas a la exploración, extracción y evaluación de impacto ambiental. A falta de un desarrollo legislativo común y debido a la presión social, los diferentes Estados miembros han tomado la iniciativa: Francia, Luxemburgo, Holanda, República Checa y Bulgaria han establecido vetos o moratorias hasta que se evalúe el impacto de las explotaciones. En otros países, si bien el Gobierno central permite la fractura hidráulica, se han dado casos de vetos regionales (región de Westfalia, en Alemania o Cantabria, en España).

También, como consecuencia de la falta de legislación comunitaria, la normativa fiscal para gravar la actividad exploratoria y extractora en los estados es muy dispar: países con cierta tradición en el sector convencional de hidrocarburos como Reino Unido, Ucrania y Dinamarca, disponen de un desarrollo legislativo adecuado, sin embargo, países como Polonia o España no cuentan con mecanismos recaudatorios específicos. Está por ver cómo evoluciona el debate político y si la regulación, más o menos estricta, hace posible la explotación de estos hidrocarburos en el continente europeo.

En el caso de España, los recursos del subsuelo son de dominio público, y es competencia del Estado y las autonomías conceder derechos de investigación y explotación. Estos derechos se conceden mediante ofertas en competencia; es decir, si una compañía con la suficiente sol-

vencia técnica y económica desea investigar o explotar una zona geográfica, se publica su intención en el BOE y se establecen dos meses para que otros actores concurren en el concurso. La adjudicación se otorga en base a la cuantía de las inversiones, rapidez de ejecución del programa de inversión y la prima ofrecida por encima del valor del canon de superficie que se establece en la disposición adicional primera de la Ley de Hidrocarburos. Dicho canon, único pago recibido por la Administración por la cesión de los recursos, no depende de la cantidad del recurso extraído, sino de la superficie investigada, y se sitúa en valores muy inferiores a los recibidos por los propietarios del recurso en Estados Unidos [47]. En este sentido, el pasado 26 de febrero de 2013, el Congreso de los Diputados aprobó una resolución que insta al Gobierno a: "Estudiar, en relación con la exploración de petróleo y otros hidrocarburos en territorio nacional, las modificaciones tributarias necesarias para gravar la actividad de extracción de crudo..." [48]. Esta propuesta está motivada tanto por recientes permisos otorgados en las Islas Canarias como por las previsiones de reservas de hidrocarburos no convencionales en el territorio nacional.

En cualquier caso, hay que tener cierta cautela con las cifras de los recursos existentes, ya que un reciente informe de la *US Energy*

“ En el caso de España, los recursos del subsuelo son de dominio público, y es competencia del Estado y las autonomías conceder derechos de investigación y explotación ”

Information Administration ha rebajado las reservas técnicamente recuperables en España a 226bcm [43], mientras que la industria española afirmaba, meses antes, valores alrededor de los 2.000bcm [49].

CONCLUSIONES

En resumen, como se ha visto en el artículo, los hidrocarburos no convencionales no son algo distinto a los tradicionales, y su explotación se ha hecho posible gracias a una combinación de factores que se han dado en Estados Unidos, entre los que destaca la investigación y un entorno regulatorio favorable. El potencial como fuente energética parece muy elevado aunque existe gran incertidumbre en su cuantificación por la complejidad de la fracturación en la roca. Los riesgos ambientales existen, tanto locales por contaminación de aguas y sismicidad, como globales por el aumento de los gases de efecto invernadero; pero pueden ser mitigados o reducidos hasta niveles similares a los de cualquier otra actividad industrial con la regulación adecuada, que todavía no parece haberse definido.

La sociedad se encuentra de nuevo ante una encrucijada entre el desarrollo económico a corto plazo y unos efectos y costes que se observarán a largo plazo. Para tomar la decisión, es necesario, sin duda, disponer de información completa y verídica que permita estimar riesgos y cuantificar externalidades. La

primera tarea de los reguladores debería ser, por tanto, conocer la realidad de la técnica del fracking, sus ventajas e inconvenientes, y cuantificar el beneficio global que tendría sobre la sociedad, para que ella decida. Estos hidrocarburos llevan miles de años en el subsuelo, y su explotación no es una oportunidad que pueda desaparecer, sino todo lo contrario, el paso del tiempo sólo puede mejorar la técnica, abaratar costes y cuantificar los riesgos, en base a una mayor experiencia internacional. Parece, por tanto, aconsejable, no adoptar posiciones en uno u otro sentido, regulando o explotando con premura, sin conocer todos los detalles y con falta de rigor, ya que este tipo de decisiones tienen amplias repercusiones en la sociedad y en las generaciones futuras. Con la correcta asignación de costes, será el propio mercado el que decida cuándo es óptima su explotación.

REFERENCIAS

- [4] Ver *Gas No Convencional en España, una oportunidad de futuro*. Colegio Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, 2013.
- [5] Ver *US Energy Information Administration (EIA)* en www.eia.gov
- [6] Ver *Hidrocarburos No Convencionales*, Juan García Portero, Tierra y Tecnología, N° 41, 2012.
- [7] Ver *Hydraulic fracturing. History of an enduring technology*, Carl T. Montgomery, Michael B. Smith, Society of Petroleum Engineers, 2012.
- [8] Ver *US Government Role in Shale Gas Fracking History: An Overview and Response to Our Critics*, Alex Trembath, 2012.
- [9] Ver *Slanted Oil Wells*, Popular Science Monthly, pag 40-41, 1934.
- [10] Ver *SkyTruth* en blog.skytruth.org
- [11] Ver *FracFocus* en www.fracfocus.org
- [12] Ver *Draft Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources*, EPA, 2011.
- [13] Ver *Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer*, Ground Water Protection Council and ALL Consulting, 2009.
- [14] Ver *Multidomain Data and Modeling Unlock Unconventional Reservoir Challenges*, Utpal Ganguly and Craig Cipolla, Society of Petroleum Engineers, Journal of Petroleum Technology, 2012.
- [15] Ver *Evolution of the Barnett Shale: Inception to Date, Horizontal Well Completions in North American Shale Plays*, Nick Steinsberger, Republic Energy, 2012.
- [16] Ver *Deepening Doubts About Fracked Shale Gas Wells' Long Term Prospects*, Brendan Demelle, 2012.
- [17] Ver petroleumtruthreport.blogspot.com
- [18] Ver shalebubble.org
- [19] Ver *Economic Viability of Shale Gas Production in the Marcellus Shale; indicted by production rates, costs and current Natural Gas Prices*, Ryan Duman, Thesis, Michigan Technological University, 2012.
- [20] Ver *Energy Policy Act of 2005*, SEC 322.
- [21] Ver *Energy Policy Act of 2005*, SEC 323.
- [22] Ver *Clean Water Act*, SEC 502
- [23] Ver *Energy Policy Act of 2005*, SEC 390.
- [24] Ver *Report to Congress: Management of Wastes from the Exploration, Development and Production of Crude Oil, Natural Gas and Geothermal Energy*, EPA, 1987
- [25] Ver *MOA Elimination of Diesel Fuel in Hydraulic Fracturing Fluids Injected into Underground Sources of Drinking Water During Hydraulic Fracturing of Coalbed Methane Wells*, EPA 2003.
- [26] Ver *Waxman, Markey, and DeGette Investigation Finds Continued Use of Diesel in Hydraulic Fracturing Fluids, Letter to Lisa Jackson*, EPA Administrator, enero 2011.
- [27] Ver www2.epa.gov/region8/pavillion
- [28] Ver www.epa.gov/reg3hwmd/npl/PAN000306785.htm
- [29] Ver avances del estudio en www2.epa.gov/hfstudy
- [30] Ver, *State Hydraulic Fracturing Disclosure Rules and Enforcement: A Comparison*, Natural Resources Defense Council, julio 2012.
- [31] Ver *Hydraulic Fracturing Overview*, Pennsylvania Department of State.
- [32] Ver *Marcelus Center for Outreach & Research*, PennState University.
- [33] Ver *In Fracking's Wake: New Rules are Needed to Protect Our Health and Environment from Contaminated Wastewater*, NRC, 2012.
- [34] Ver *WASTE: The Soft & Dirty Underbelly of Fracking*, Pittsburgh University, 2012.
- [35] Ver gaslandthemovie.com
- [36] Ver *Getting to the root of Gas Migration*, Art Bonett and Demos Pafitis, *Oilfield Review*, 1996. Ver *Predicting potential gas-flow rates to help determine the best cementing practices*, Ron Crook and James Heathman, Halliburton Energy Services Inc, 1998.
- [37] Ver *Fluid Migration Mechanisms Due To Faulty Well Design And/ Or Construction: An Overview And Recent Experiences In The Pennsylvania Marcellus Play*, Anthony R. Ingraffea, 2012.
- [38] Ver *From Mud to Cement Building Gas Wells*, C. Brufatto y otros, *Oilfield Review*, 2003.
- [39] Ver *Could Shale Gas Power the World?*, Bryan Walsh, Time, 2011.
- [40] Ver *Ground Rupture in the Baldwin Hills; Injection of fluids into the ground for oil recovery and waste disposal triggers surface faulting*, Douglas H. Hamilton and Richard L. Meehan, Science, 1971.
- [41] Ver *Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations*, Robert W. Howarth, Renee Santoro and Anthony Ingraffea, 2011
- [42] Ver *World Energy Outlook 2011*, IEA
- [43] Ver *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*, EIA, junio 2013.
- [44] Ver *In North Dakota, The Dreams And Dark Side Of Shale Gas "Black Gold Rush"*, Philippe Bernard, 2013.
- [45] Ver *Six figure salaries, but homeless*, Blake Ellis, CNN Money, 2011.
- [46] Ver *Benefits of Hydraulic Fracking*, Kevin Hassett, Apama Mathur, Oxford Energy Forum, 2013.
- [47] Ver LEY 34/1998, de 7 de octubre, de Sector de Hidrocarburos. Disposición adicional primera.
- [48] Ver Resoluciones aprobadas por el Congreso de los Diputados en su sesión del día 26 de febrero de 2013 con motivo del Debate de Política General en Torno al Estado de la Nación.
- [49] Ver *Evaluación Preliminar de los Recursos Prospectivos de Hidrocarburos Convencionales y no Convencionales en España*, ACIEP, marzo 2013. 



Victor López García

IMPRESIÓN 3D: Algunos Conceptos Básicos

Advanced Lead Engineer. GE Energy Management

Todos nosotros llevamos algún tiempo oyendo hablar de la impresión 3D. Incluso medios de difusión no técnicos se han hecho eco de este concepto, muchos de ellos siguiendo la tendencia marcada por medios internacionales como *The Economist* o *Scientific American*. Con este artículo pretendemos dar una visión general de las tecnologías que se agrupan bajo este concepto, al tiempo que presentamos posibles usos de manera que cada uno pueda ver hasta qué punto esta "moda" es realmente algo que les puede resultar útil para su actividad actual, para sus aficiones, o incluso como medio de generar un nuevo negocio.

All of us have been witnessing, lately, the rise of the 3D printing concept. Even mass-media, not specifically in the fields of engineering, have been echoing this concept, following tendencies started by publications like The Economist or Scientific American. With this paper we will try to introduce a general vision of the technologies that this concept can embrace, while introducing also potential uses that could help everyone to foresee to what extent this buzzword is truly something that could really be of some use for their current activity, their hobbies, or even as a way to create a new business.

EL CONCEPTO DE IMPRESIÓN 3D

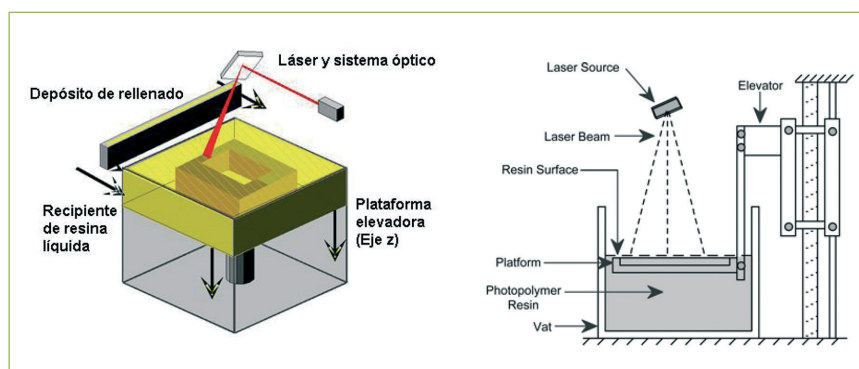
Un primer punto a aclarar es precisamente la denominación de impresión 3D. Realmente, desde un punto de vista puramente técnico, la denominación más acertada para este tipo de tecnologías es la de Fabricación Aditiva, o *Additive Manufacturing*. Éste es sin duda el nombre con el que se le conoce en el mundo técnico, por razones que más tarde se explicarán. No obstante lo que todos oímos en periódicos, revistas, o televisiones, es impresión 3D. Esta denominación, sin ser incorrecta, es sin embargo más limitada. Hay que reconocer de todas maneras que este nombre, adoptado de manera más masiva en base a una excelente estrategia de marketing, es el que más ha calado entre la población general. En este artículo, se podrá hacer referencia a ambos de manera indistinta, aunque por lo general se intentará usar el término más correcto de Fabricación Aditiva.

Pero, ¿por qué decimos que este término es más correcto? Pues porque define de manera amplia y correcta el principio de funcionamiento de todas estas tecnologías, que las diferencian de tecnologías de fabricación más clásicas. Nos basamos, en las tecnologías de Fabricación Aditiva, en ir añadiendo material, en general capa a capa, hasta formar la pieza final a construir. Es decir, generamos una realidad tridimensional, a base de ir acumulando realidades bidimensionales, que son más fáciles de fabri-

car. Esto es como se puede ver una diferencia totalmente esencial con medios tradicionales de fabricación, que se suelen basar en la sustracción de material (mecanizados) o en el cambio de forma de un material base (conformados, fundición, forja, etc...). Y es precisamente esa capacidad de ir fabricando una pieza en incrementos discretos sucesivos, lo que nos va a permitir alcanzar los beneficios de los que todo el mundo habla: la personalización unitaria, el aprovechamiento óptimo de los materiales de base, la capacidad para fabricar cualquier tipo de pieza independientemente de su geometría (al menos en teoría), etc...

La impresión 3D es realmente una subfamilia de las tecnologías de Fabricación Aditiva, siempre tecnológicamente hablando. Se puede denominar así, de manera muy ajustada y correcta, a aquellas tecnologías de Fabricación Aditiva que morfológicamente se parecen a una impresora de inyección de tinta como las que todos tenemos en casa o en la oficina. Y hay desde luego varias tecnologías cuyas máquinas no dejan de ser impresoras de inyección a las que se les añade una tercera dimensión. Sin embargo y como hemos intentado explicar, esto no es así en todas las tecnologías que fabrican añadiendo material, por lo que llamar a todo impresión 3D, puede llegar a ser incorrecto o inexacto.

No se puede negar llegados a este punto, que las mentes pensantes de



◀ **Figura 1.** Esquemas de funcionamiento de la estereolitografía.

ciertos departamentos de marketing de empresas fabricantes de equipos de Fabricación Aditiva, han tenido una gran idea, ya que con el nombre *impresión 3D* se han podido acercar inmediatamente a un público potencial muchísimo más numeroso. ¿Cuanta gente que tiene impresoras de inyección de tinta en casa, y que tienen capacidades o inquietudes técnicas o de invención no han pensado y están pensando en comprarse una *impresora 3D*, para completar su actual inventario de juguetes tecnológicos? ¿Y cuántas de estas personas podrían llegar a ser posibles clientes si en vez de venderles una impresora 3D, les intentamos vender una Máquina de Fabricación Aditiva? Seguro que muchos menos, más que nada porque a los vendedores les exigiría un esfuerzo pedagógico muchísimo mayor hacer entender y comprender las posibilidades que esas máquinas, con esos nombres tan *tecnológicos*, podrían aportarles. Así pues, llamándolo a todo impresión 3D se han ahorrado de golpe todo ese proceso de educación de su clientela potencial, aprovechándose de una imagen y un concepto que ya está asentado en la mente de todos nosotros, al que han añadido, con razón, un apellido también tecnológico pero que no hace falta explicar: el 3D.

ALGUNAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

Haremos a continuación un repaso por algunas tecnologías existentes actualmente en el mercado. Hay

que comentar en este punto, que realmente las tecnologías que se van a explicar no son nuevas y no ha habido tampoco grandes cambios en los últimos años, excepto en el mundo de los materiales. Así que en este punto intentamos romper otra posible idea preconcebida. La impresión 3D, o la Fabricación Aditiva, no ha aparecido de repente en nuestras vidas en los últimos dos o tres años. En muchos casos lleva ya más de 15 años y en algunos años, comercialmente hablando, se remonta a 25 años.

Estereolitografía

La estereolitografía (SL) es la tecnología de Fabricación Aditiva más antigua, comercialmente hablando, ya que su existencia se remonta a 1987. Aunque ha habido, y hay, distintos fabricantes de máquinas de Fabricación Aditiva que funcionan por estereolitografía, podemos decir que de manera unánime todos asociamos esta tecnología con el nombre de la empresa *3D Systems*.

El funcionamiento se basa en una plataforma con movimiento vertical introducida en un recipiente lleno de una resina líquida. Inicialmente esta plataforma se coloca justo por debajo de la superficie libre de dicha resina (ver Figura 1). Un láser se va desplazando sobre la superficie de la resina siguiendo la sección transversal del objeto a reproducir, transformando el líquido en sólido. Una vez el láser cura toda la sección transversal del objeto, se baja la pla-

taforma móvil una cantidad igual al grosor de las capas a fabricar y se repite el proceso hasta fabricar el modelo total.

Como características principales a destacar, y que servirán para hacer comparativas con las tecnologías que le siguen, se pueden nombrar:

- Usa láser (importante para temas de costes de mantenimiento, por ejemplo).
- Funciona sobre un recipiente completamente lleno de la resina líquida (costes de materia prima o inmovilizado).
- Genera humos y vapores que no la hacen adecuada para entorno de oficina.

Con todo esto, es una tecnología con un gran número de seguidores y una gran base instalada, y que a pesar de su antigüedad se sigue vendiendo, sobre todo porque proporciona unos muy buenos acabados superficiales y una muy buena exactitud dimensional y de capacidad de reproducir detalles (por espesores de capa muy pequeños, entre otros motivos), y también porque nos da un amplísimo rango de materiales entre los que podemos escoger, fruto básicamente de la gran cantidad de años que lleva en el mercado. Es decir, no estaremos atados, en principio, a ningún fabricante de materia prima, cosa que no suele ser habitual en este mundillo tecnológico.

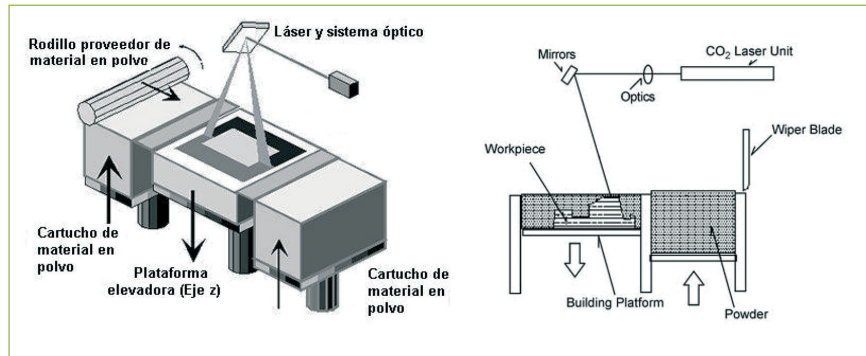
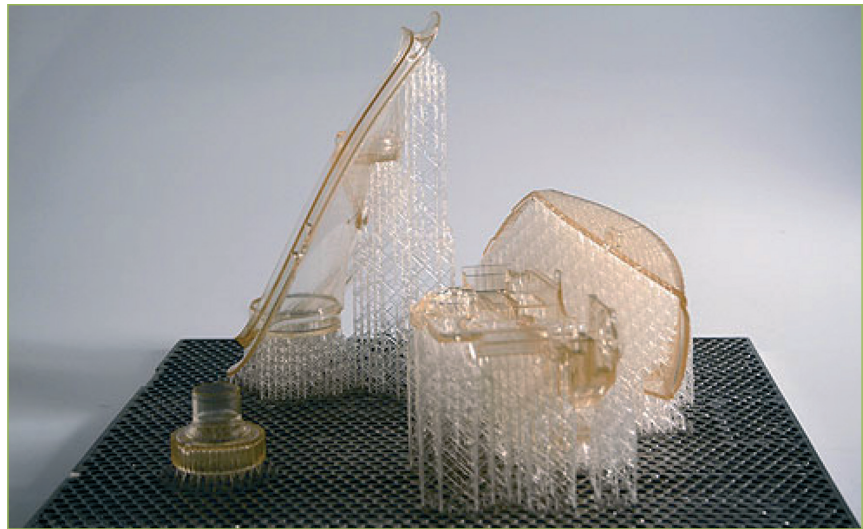
No es sin embargo una tecnología que se use de manera habitual para fabricar piezas finales que vayan a

Figura 2. Piezas fabricadas por estereolitografía (obsérvense las estructuras de soporte) (© Materialise).

Figura 3. Esquemas de funcionamiento del sinterizado láser (SLS, DMLS).

ser usadas en un régimen de servicio normal, a no ser que las características que se demanden (mecánicas, sobre todo), no sean especialmente exigentes. Su ámbito es más bien el prototipo más o menos funcional.

Uno de los aspectos que normalmente menos atención recibe a la hora de seleccionar una u otra tecnología de fabricación aditiva, y que consecuentemente puede dar más de un disgusto posterior a la inversión en uno de estos equipos, es la necesidad de post-proceso de las piezas que se fabriquen en la propia máquina. Todas las tecnologías de Fabricación Aditiva (todas), requieren algún tipo de trabajo de postproceso, que puede ser más o menos laborioso (en términos de tiempo, mano de obra especializada o no) y también costoso, si necesitamos por ejemplo de maquinaria anexa específica. También hay que tener en cuenta que este postproceso nos dará mayor o menor rango de posibilidades a la hora de fabricar piezas que bien siendo prototipo o pieza final, se adecúen más exactamente o no a lo que necesitamos. Un aspecto particular a considerar dentro del concepto de post-proceso, consiste en la retirada de los soportes fabricados de manera automática por la máquina, según va construyendo la pieza deseada. Estos soportes tienen su razón de ser en la fabricación, en una determinada cota (es decir, tras un número determinado de capas ya fabricadas), de secciones transver-



sales que sobresalen sobre el plano de las secciones ya construidas previamente (ver Figura 2). Es decir, se deben básicamente a la construcción de voladizos. Lógicamente, en principio, no podemos construir voladizos "en el aire", sino que tendremos que apoyarlos en algún sitio. Para ello el *software* que cada máquina incorpora calcula estas circunstancias previamente a iniciar la fabricación de la primera capa, y en previsión empieza a fabricar, desde la cota en que sea necesario (que no tiene por qué ser la cota cero) una especie de andamios, sobre los que llegado el momento se podrá construir y apoyar el voladizo en cuestión.

Pues bien, en el caso particular de la estereolitografía hay dos post-procesos básicos: uno es precisamente la retirada de los soportes (por medios semimecánicos, sumergiendo la pieza completa en

una baño que los disuelve, o bien totalmente manuales "arrancándolos" o "cortándolos"), y el otro es un postcurado que se da a toda la pieza mediante luz UV, de manera que al salir de este proceso el material haya alcanzado ya todas sus características. A partir de estos dos postprocesos básicos, en función de nuestras necesidades, podemos realizarles otros tipos de postproceso, como pintados, pegados, cromados, etc....

Sinterizado Láser (SLS, DMLS)

Hay varias tecnologías distintas, pero muy similares, que se pueden agrupar bajo este paraguas. Muchas veces las diferencias son más teóricas que reales, y obedecen a estrategias de no infringir patentes del competidor. Como fabricantes de estos equipos, hay que destacar sobre todo a la empresa alemana

Figura 4. Máquina DMLS en funcionamiento y resultado final (obsérvense las estructuras de soporte). (© EOS GmbH)



EOS, si bien hay otros fabricantes como pueden ser el mismo *3D Systems*, *MTT-Renishaw*, *Arcam*, *Phenix* (recientemente también adquirido por *3D Systems*), etc...

El proceso es en algunos aspectos similar a la estereolitografía. En este caso el láser va dibujando sobre una superficie de material en polvo, en vez de líquido (ver Figura 3). Al igual que en la estereolitografía, se parte de una cubeta completamente llena de material base, y tras la fabricación de cada capa (cada sección transversal del objeto), la plataforma móvil desciende una cantidad igual al alto de la capa. El suministro del material en polvo necesario para la fabricación de la nueva capa se realiza por un rodillo desde un recipiente adyacente a la propia cubeta donde se fabrica el modelo.

Es importante destacar que mediante este principio de funcionamiento se pueden fundir o sinterizar, partículas de material en polvo tanto de plásticos (poliamidas, poliamidas cargadas, PEEK,...) como de metales (aceros inoxidables, Cr-Co, titanio, aluminio, etc...) lo que convierte a estas tecnologías en las más potentes y con mayor cantidad de usos a la hora de pensar en saltar de lo que es un prototipo más o menos funcional, a una pieza final totalmente funcional. Por supuesto, cada máquina solo se puede dedicar a un tipo de material: plástico o metal, si bien dentro de cada familia, y con cambios y adaptaciones más o menos laboriosos y costosos, podemos fabricar en distintos metales o con distintos plásticos.

No son equipos económicos, sobre todo aquellos destinados a la fabricación de piezas metálicas, no solamente por su coste de adquisición y mantenimiento, sino por lo que llevan aparejado a la hora de montar una instalación de fabricación. Es decir, no son, ni mucho menos equipos de oficina, sino equipos de planta de producción, o de laboratorio especializado por temas como ventilación, temperaturas, gases necesarios para mantener la cámara de construcción en las condiciones idóneas, riesgos de incendio o explosión al estar trabajando con material pulverulento, etc...

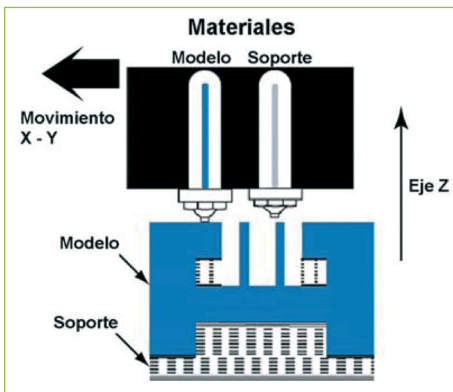
Sin embargo, su potencialidad, especialmente para materiales "raros" (PEEK, titanio, aluminio) las ha hecho el foco de la atención de grandes empresas de sectores de mucho valor añadido, como puede ser la aviación.

A este respecto cabe destacar que General Electric, uno de los principales usuarios mundiales de la tecnología DMLM (*Direct Metal Laser Melting*), tiene previsto, para su división de Aviación, y en concreto para su nueva turbina LEAP la utilización de más de 100.000 partes finales fabricadas por Fabricación Aditiva para el año 2020, a razón de 19 inyectores de combustible por turbina, y con una cartera de ventas que alcanza ya más de 5.000 unidades.

Aunque el principio de funcionamiento tanto para plásticos como metales es muy similar, donde sí se encuentran diferencias es en las necesidades de post-proceso para las piezas de uno u otro material así

fabricadas. Así por ejemplo, en la fabricación en materiales plásticos, no es necesaria la fabricación (ni por lo tanto la retirada) de soportes, ya que es el propio material en polvo no sinterizado, el que sirve como andamio para construir sobre él voladizos o cualquier forma espacial. Sin embargo estas máquinas tendrán por otra parte la "limitación" de tener que esperar hasta que la cubeta completa donde se ha hecho la fabricación (y la cámara de fabricación en general) se enfríe hasta una temperatura en la que el conjunto sea manipulable, ya que el proceso de fabricación exige que la cámara y el material en polvo estén precalentados hasta una cierta temperatura que facilite el trabajo del láser a la hora de fundir el plástico y que por otra parte reduzca la posibilidad de deformaciones diferenciales entre capas, como consecuencia de una diferencia de temperatura más elevada entre el plástico fundido y la temperatura ambiente a la que estaría el resto de la cámara.

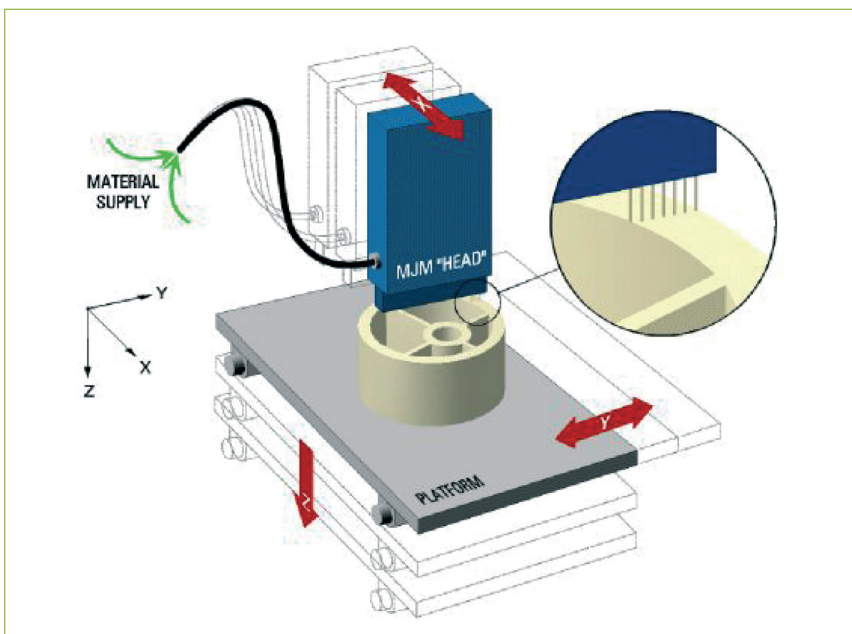
Para el caso de la fabricación de metales, el postproceso es bastante más complejo y laborioso. En este caso sí que se requiere la fabricación de soportes (ver Figura 4). No sólo eso, sino que además sus características y colocación es en sí mismo parte del conocimiento asociado al manejo exitoso de estas máquinas. Es decir, que no son precisamente máquinas en las que la única capacidad intelectual que se le pide al usuario es la de ser



◀ Figura 5. Esquema de funcionamiento del sistema FDM.

Figura 6. Esquema de funcionamiento del sistema de inyección de materiales *Multi Jet Modeling* de 3D Systems

▼ (© 3D Systems).



capaz de pulsar el botón de "Imprimir" y olvidarse de todo lo demás. Estos soportes, lógicamente están fabricados en el mismo material metálico que el resto de la pieza, lo que ya indica que no va a ser especialmente sencilla su retirada sin influir o dañar en ninguna manera a la pieza final. Se necesitarán máquinas más o menos convencionales alrededor de la instalación de fabricación aditiva para poder llevar a cabo esto de manera efectiva y eficiente. Una vez retirados los soportes, el resto del postproceso es sencillo, siempre en función de las características finales que se estén buscando, y pueden incluir un simple granallado, tratamientos térmicos, etc...

En resumen, es éste un conjunto de tecnologías que tiene un grandísimo futuro en la fabricación de piezas finales, ya que suman a sus excelentes materiales base, una muy buena exactitud dimensional y un amplísimo rango de posibles acabados superficiales. Industrias como la salud, el espacio, la aeronáutica, etc... Llevan años invirtiendo e investigando en cómo sacar el mayor beneficio de estas tecnologías.

FDM (*Fused Deposition Modeling*)

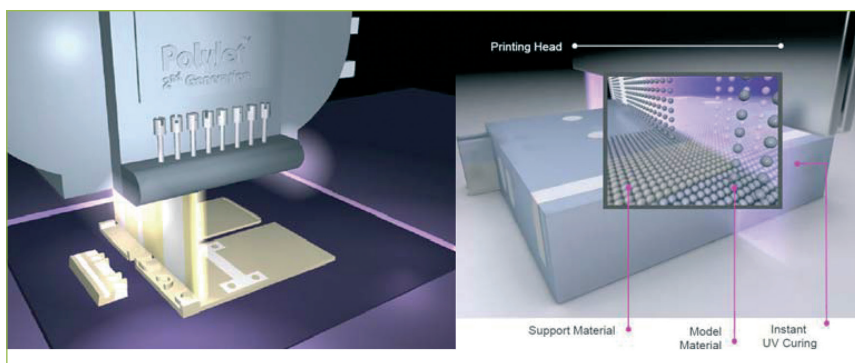
Es a esta tecnología a la que sin ninguna duda se le puede culpar de haber provocado la difusión a gran escala de la impresión 3D. Es también la primera tecnología de las que

hemos visto, en la que la denominación impresión 3D tiene sentido, a pesar de que esa impresión no se realice por una inyección de material (lo cual facilitaría aún más la analogía con la inyección de tinta), sino por un hilo de material plástico fundido.

Para los que estén más metidos en el mundo de la fabricación aditiva, el FDM se asocia de manera automática con la empresa Stratasys (fusionada hace poco con la empresa Objet). Es esta la empresa que tiene, a nivel mundial, la mayor base de máquinas instaladas. Y por el contrario, para el público más recién llegado a este mundo o que se mueve en el circuito más de la impresión 3D como hobby creativo, la FDM, o la deposición de hilo fundido o la FFF (*Fused Filament Fabrication*) esté asociada a otras empresas/modelos como *Makerbot*, *RepRap*, *Mendel*, *Cube*, *Fabbster*, *Bits from Bytes*, etc...

En todo caso, el principio tecnológico es el mismo (o muy similar) (ver Figura 5). Un filamento plástico proporcionado en un rollo, se hace pasar por una boquilla calentada en donde se funde el material. Esta boquilla se mueve en el plano (como un *plotter* de dibujo estándar), depositando de manera controlada la cantidad correcta de plástico fundido en cada lugar. Una vez construida de esta manera la sección transversal del objeto final, la plataforma se mueve verticalmente una distancia igual al alto de la capa, y se repite el proceso. Normalmente, en las máquinas más profesionales, toda la cámara de construcción está contenida en una especie de estufa, que mantiene al conjunto en una temperatura más elevada que la temperatura ambiente, con lo cual se evitan problemas de posibles deformaciones diferenciales entre capas, al enfriarse y contraerse más rápidamente el plástico fundido que se solidifica, al tiempo que se reduce la energía necesaria para el calentamiento y fusión del filamento en la boquilla. En las máquinas menos profesionales, esta

Figura 7. Sistema de inyección de materiales PolyJet de Objet / Stratasys (© Stratasys).



característica no se incluye o puede ser una opción.

Puede ya verse que con este principio de funcionamiento, nos estamos aproximando a lo que podría ser una impresora como la que todos tenemos en casa, ya que en este caso la fabricación empieza sobre una plataforma (o bandeja), completamente vacía, sobre la cual vamos añadiendo capa tras capa. Esto como contraposición a las tecnologías antes vistas en las que se partía de una cubeta totalmente llena de material base (líquido o polvo). Además no usamos láser, lo cual facilita y abarata los mantenimientos. Por último, no se generan gases o vapores, ni tampoco hay que tomar medidas especiales de seguridad contra explosiones o incendios por estar trabajando con materiales en polvo. Es por tanto, de las que hemos visto hasta ahora, la que más cercana está a un entorno de oficina. Podríamos entrar luego en detalles sobre el calentamiento que pueden generar en su entorno, debido a que no dejan de ser una gran estufa y otras consideraciones, pero no se puede negar que máquinas de tecnología de hilo fundido están ya implantadas ampliamente en todo tipo de entorno domésticos y de oficina.

Otra gran ventaja de estas máquinas es que el rango de materiales (filamentos), con los que podemos trabajar es muy amplio y abarca desde los más sencillos (PLA) hasta plásticos de ingeniería como el ABS (con ciertas salvedades), lo que

también la hace una tecnología con mucho potencial (y usos reales ya) en la fabricación de piezas finales, y no solo de prototipos. Cuenta sin embargo esta tecnología con una serie de claras desventajas frente a las anteriores, como pueden ser un acabado superficial bastante tosco (fruto de varios aspectos, como puede ser un alto de capa elevado o la propia limitación del efecto redondeado que proporciona a las piezas el estar usando un filamento fundido), la incapacidad (sin acabados posteriores) de fabricar piezas estancas a gases o líquidos, una exactitud dimensional que no está entre las mejores de su clase, una cierta lentitud (si se la compara también con tecnologías en su rango de precios), etc...

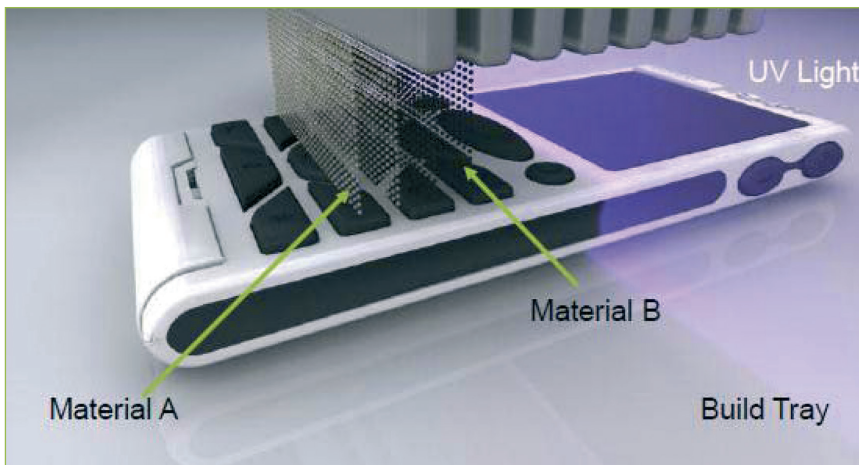
El postproceso de estas piezas incluye en general la retirada de los soportes (a mano o mediante baños de ultrasonidos o con compuestos químicos específicos) y poco más, a no ser que se quieran dar a la pieza final propiedades concretas de color, textura, etc... No obstante no hay que perder de vista lo ya comentado respecto a su acabado superficial. Si se quiere tener la finura superficial que se puede obtener con otras tecnologías, tendremos que contemplar un proceso de lijado o granallado, lo cual por una parte lleva aparejado costes y tiempo (teniendo en cuenta que estamos lijando ABS endurecido) y por otra parte pone en riesgo aún más la exactitud dimensional y de formas.

Inyección de Materiales

En este grupo de tecnologías hay distintas variantes comerciales que tienen aspectos diferenciales concretos, si bien el principio básico es el mismo.

Una resina líquida se inyecta sobre la plataforma de construcción, capa a capa, y se endurece mediante luz UV. Es probablemente este caso en el que el nombre de impresión 3D, por analogía con las impresoras de inyección domésticas, tiene más sentido. Los inyectorres de resina líquida pueden efectuar distintos movimientos sobre la plataforma, bien sobre un eje de desplazamiento o sobre dos ejes, pero en todo caso los movimientos siempre siguen uno de los dos ejes principales de la superficie, es decir, no realizan movimientos diagonales ni verticales. Los inyectorres depositan tanto la resina que tras endurecer forma la pieza final, como una resina adicional, que tras endurecerse hará las veces de material de soporte.

En algunos casos los inyectorres permanecen quietos y es la plataforma de construcción la que se mueve en el plano, aunque esta variante es en general ligeramente menos exacta a la hora de la verificación dimensional de las piezas que fabrica. Unas variantes (*Multi Jet Printing* de *3D Systems*) tienen un cabezal de inyectorres que cubre todo el ancho de la bandeja o plataforma de construcción, por lo que el cabezal se mueve solamente en un eje, en movimientos de ida



◀ **Figura 8.** Sistema de inyección de materiales *Polyjet Matrix* de *Objet / Stratasys*. (© Stratasys)

y vuelta (Figura 6). En otra variante (*Objet Polyjet* o *Polyjet Matrix*, ahora pertenecientes a *Stratasys* tras la fusión de ambas compañías), el cabezal con los inyectores realiza movimientos primero según eje, en ida y vuelta y después produce un avance según el otro eje del plano, para volver a repetir los movimientos de ida y vuelta a lo largo del eje original (Figura 7). De esta manera va barriendo toda la superficie de la plataforma de construcción, siempre, como se ha dicho, con movimientos según los ejes, nunca con movimientos diagonales.

El curado del material líquido se realiza mediante lámparas UV colocadas en el propio cabezal de los inyectores lo que asegura que, al menos teóricamente, el líquido depositado se endurece de manera casi inmediata. Esto provoca también un menor stress térmico entre las capas recién fabricadas y las ya endurecidas, al contrario de lo que puede ocurrir por ejemplo con la tecnología FDM. Por ello en estas máquinas no es necesario tener una cámara de construcción con una temperatura controlada, sino que funcionan a temperatura ambiente. Por otra parte hay un límite de altura de capa mucho menor que en el FDM (alrededor de 10-15 veces menor), ya que en este caso estamos depositando gotitas de líquido, y no un hilo fundido.

Si bien el principio tecnológico es el mismo, existen, como se ha comentado, diferencias de funciona-

miento (mecánico principalmente) entre los dos grandes fabricantes que usan estas tecnologías. Pero más allá de las diferencias mecánicas, donde realmente se encuentra el aspecto diferencial de unos y otros, es en el rango de materiales. En los últimos años *Objet*, por ejemplo, se ha esforzado en lograr materiales con prestaciones más elevadas, y así hay algunos materiales de su catálogo que no han podido aún ser reproducidos por ninguna otra tecnología, como son los materiales de tacto gomoso (con distintas durezas *shore A*) y los materiales compuestos, producidos por la inyección simultánea de dos componentes distintos (*Polyjet Matrix* Figura 8). También dispone de un material con características mecánicas similares a un ABS, si bien este material necesita de post-tratamiento térmico.

En todo caso, tanto para *Objet* como para *3D Systems*, esta tecnología está claramente más enfocada al prototipo, más o menos funcional y no a la producción de piezas finales, aunque como siempre, dependiendo de los requisitos de funcionamiento (esfuerzos, temperaturas y duración de las prestaciones), podríamos llegar a construir también piezas finales.

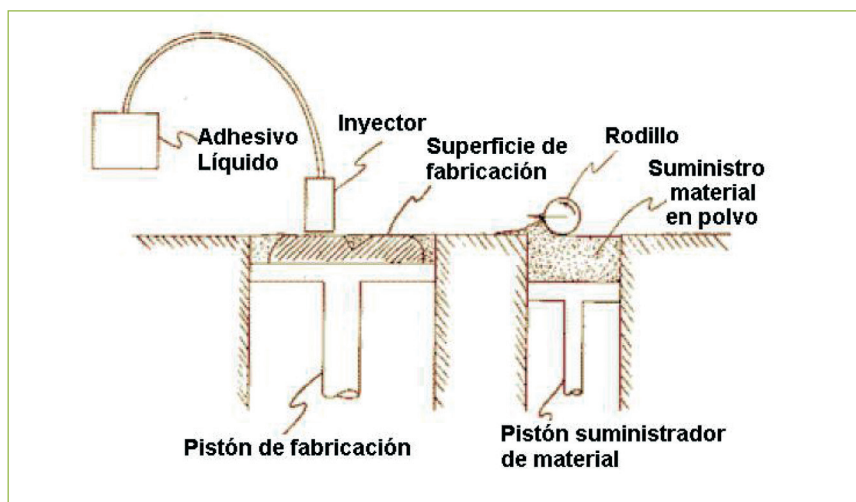
Como ventajas de esta tecnología, comunes a ambas variantes, está sobre todo la exactitud dimensional y la calidad de las superficies, fruto de su exactitud y su escaso

alto de capa. Además, y al contrario que para FDM, se pueden lograr modelos estancos para ser probados frente a líquidos y gases, sin ningún postproceso.

En cuanto al post-proceso, el mínimo consiste en la retirada de los soportes, por distintos medios. Para la tecnología *Polyjet* o *Matrix*, de *Objet*, se requerirá simplemente agua a presión. Para el caso de las piezas de MJP de *3D Systems*, se necesitará un baño en cera fundida, un baño de ultrasonidos, y una limpieza, lo que hace el proceso un poco más costoso y engorroso.

Teóricamente ambas variantes son perfectamente válidas para estar en una oficina, y probablemente puedan estarlo sin problemas, al menos en lo que a la máquina de fabricación se refiere. Por razones obvias, los aditamentos destinados al post-proceso no deberán estarlo, lo cual confirma una vez más que de todas las tecnologías de Fabricación Aditiva o Impresión 3D que estamos viendo ninguna es, realmente, 100 % de ambiente de oficina (todavía nos queda algún caso más por ver, y en el que desmontaremos este argumento de marketing tan usado por todas las marcas). Si tienen tiempo y curiosidad, busquen en internet videos de *post processing* de cualquiera de estas tecnologías y podrán comprobar como siempre están rodados en entornos de laboratorio, cuando no de taller, pero no desde luego de oficina, muy al contrario con lo que sucede en los videos

Figura 9. Esquema de funcionamiento del sistema de impresión tridimensional a colores.



promocionales de las máquinas, en las que siempre sale una persona (vestida de calle) manejando alegremente los equipos al lado de su mesa de ordenador o en su oficina.

Impresión a Colores

Esta tecnología es, como las anteriores, totalmente asimilable a una impresora de inyección de tinta doméstica. Aunque la tecnología lleva muchos años en el mercado, recientemente, con la adquisición de la empresa original ZCorp, por parte de 3D Systems, se ha renombrado, y la podrán encontrar en distintas fuentes referida como CJP (Color Jet Printing).

El principio es muy simple y tiene similitudes con las tecnologías anteriores basadas en inyectores, y también con las tecnologías de sinterizado o fusión láser, al menos en la disposición geométrica de cubetas dentro de la máquina. Partimos de una cubeta rellena de material en polvo (ver Figura 9), sobre la cual se mueve un cabezal con inyectores que en función de la sección transversal a fabricar, depositan un *binder* bien sea incoloro o con los colores típicos de una impresora a color (C Y K). Este *binder* no tiene otra función más que aglutinar al polvo. No realiza ninguna otra función, como en el caso del sinterizado. Una vez se ha *dibujado* de esta manera sobre la superficie de material en polvo, la plataforma inferior de la cubeta desciende una cantidad igual al alto de capa y un brazo arrastra una cantidad de polvo desde la cubeta anexa rellena de materia prima para cubrir

esa capa recién completada. A partir de ahí simplemente se repite el proceso.

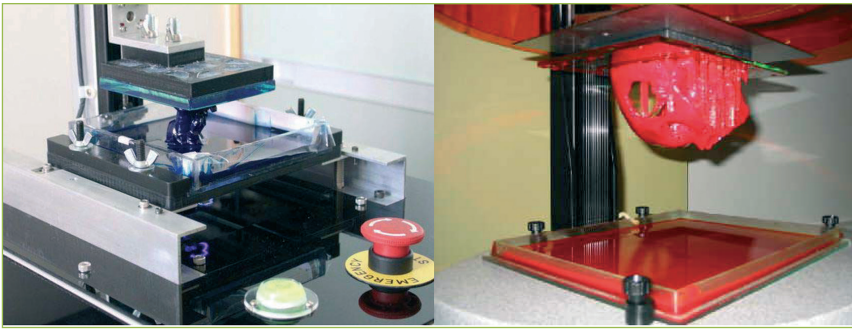
Se puede ver que el principio en este caso es extremadamente simple, ya que ni siquiera los materiales que se usan son de altísima tecnología. En material en polvo es, en su versión más básica, una especie de escayola, con la granulometría adecuada para aglutinarse en contacto con un líquido. El *binder* es, principalmente, agua con agentes reductores de la tensión superficial, para facilitar su contacto con las partículas de polvo. Mecánicamente son máquinas muy simples y con muy poco mantenimiento.

Esta tecnología, aun teniendo sus limitaciones, que ahora veremos, destaca sobre todo por su valor diferencial: la impresión en colores. Esto la hace, al menos teóricamente, especialmente adecuada para usos en los que la visualización sea el aspecto más importante (maquetas de producto o arquitectónicas, modelos pedagógicos de distinta índole, etc...). Por el contrario cuenta también con una serie de limitaciones o desventajas frente a competidores directos.

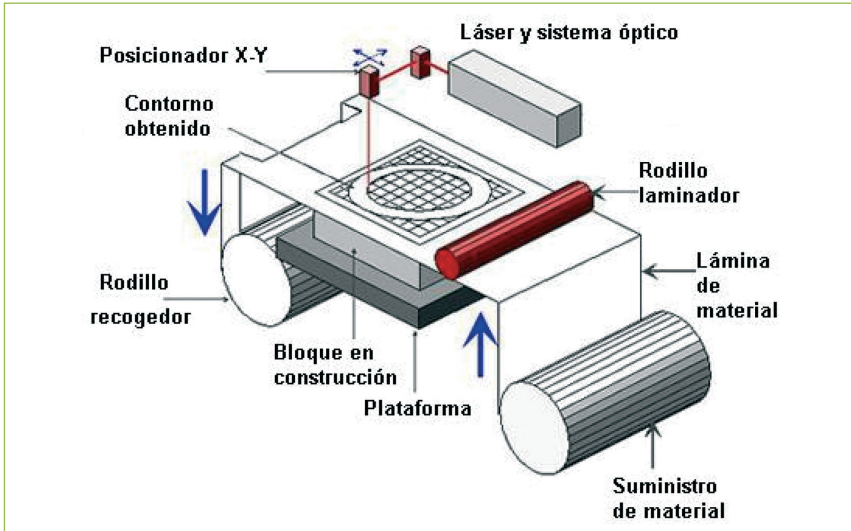
Básicamente nos encontramos con un rango de materiales posibles bastante limitado. En general tenemos que tener en cuenta que estamos fabricando *piedras artificiales* con colores y bonitas formas. También el postproceso de las piezas es especialmente largo y engorroso. Si bien

normalmente no es necesario construir soportes durante la fabricación, ya que el propio polvo de la cubeta actúa como soporte o andamio para los voladizos, la pieza una vez fabricada tiene un proceso aún por realizar para llegar a tener las propiedades finales. Quitando el engorroso paso de la limpieza, o mejor dicho, el desenterrado de la pieza fabricada de entre toda la cubeta llena de polvo, nos encontramos con una pieza en estado *verde*, es decir, con una unión entre sus partículas muy débil, por lo que debe ser tratada con especial cuidado.

Debemos proceder luego a una limpieza en profundidad, con un soplado, brochas o cualquier otro dispositivo, utilizando para ello un aditamento a la propia máquina de fabricación. Y una vez tenemos la pieza limpia deberemos proceder a darle las propiedades finales, generalmente mediante un infiltrado, bien sea de cianocrilato, de un componente epoxídico que puede dar una cierta flexibilidad a las piezas finales, o mediante un baño en cera fundida, que puede servir para acentuar los colores. Este infiltrado debe dejarse secar, con lo que fácilmente podemos estar hablando de un proceso que puede llegar a durar unas 24 horas, lo cual es una pena teniendo en cuenta que la simple fabricación en la máquina es extremadamente rápida. Como desventaja adicional, este conjunto de procesos



◀ **Figura 10.** Tecnologías DLP. Obsérvese que la pieza final queda “colgada” de la bandeja de fabricación.



▲ **Figura 11.** Esquema de funcionamiento de la Fabricación Laminada.

es bastante sucio y desde luego no es apto para un entorno de oficina, ni siquiera para un entorno de laboratorio limpio. Se necesitará probablemente una sala *sucia* dedicada.

Para acabar con las desventajas, la exactitud, calidad superficial y capacidad de reproducir detalles, es relativamente limitada (relativamente, si comparamos con tecnologías en su rango de precios). Pero aún y con todo, su diferencial de poder imprimir a color y sobre todo su sencillez y el coste contenido de piezas y materiales, ha hecho que se haya mantenido con éxito en el mercado por muchos años.

Otras Tecnologías

Con las tecnologías que acabamos de describir, estamos cubriendo con mucho la mayor parte de los equipos instalados a nivel mundial, tanto para usos profesionales o industriales, como personales. Existen no obstante otras tecnologías mino-

ritarias, que merece la pena, al menos, nombrar, aunque solo sea para que si el lector se las encuentra en algún momento, pueda saber más o menos a qué se están refiriendo.

Básicamente en este punto me gustaría destacar dos:

- La tecnología de curado de resinas fotopoliméricas, en base a tecnología DLP (*Digital Light Processing*). Esta tecnología cura selectivamente la resina líquida, en base a una plantilla que se proyecta desde la fuente de luz (con tecnología DLP, de ahí el nombre de la tecnología). Produce piezas de una gran exactitud y las máquinas son sencillas y económicas de operar. Es en ciertos aspectos parecida a la estereolitografía, ya que por ejemplo los soportes se tienen que construir con el mismo material que la pieza final y también porque la pieza se va fabricando dentro de un baño de resina líquida, aunque al contrario que para la estereolito-

grafía, este baño no implica tener toda una cubeta llena de material (ver Figura 10). Un aspecto que la diferencia de cualquier otra es que la pieza se fabrica de arriba a abajo, es decir, que al finalizar la fabricación la pieza está *colgando* de la plataforma que se ha ido separando de la cota cero, donde está situada la cubeta. Esto le da un aspecto visual que la distingue inmediatamente del resto. Es una tecnología minoritaria pero que se ha mantenido en el mercado por años.

- La fabricación mediante superposición de láminas: esta técnica fabrica piezas mediante la unión de sucesivas láminas del material base (papel o plástico), que son recortadas de acuerdo a la forma deseada mediante cuchilla o láser (ver Figura 11). Las láminas pueden unirse mediante un adhesivo que se extiende previamente a la colocación y que más tarde, mediante un rodillo que aporta calor y presión, se transforma en un estado tal que realiza su función de unión. Como el material base es consistente, no es necesaria la construcción de soportes, y el único postproceso, en principio, consistirá en la retirada del material sobrante, que puede corresponder por ejemplo a huecos, agujeros, etc... Para ayudar en este proceso, estas geometrías son sometidas a una serie de cortes en varias direcciones, de manera que se reduzca la consistencia y se permita su retirada por medios

manuales, una vez finalizada la pieza. No es una tecnología con mucha presencia en el mercado, pero se nombra aquí básicamente por ser una tecnología histórica. Además es como se puede comprender una tecnología de las más sencillas, tanto de adquirir como de mantener. Como contraposición la exactitud y la variedad de piezas que se pueden fabricar no es tan grande como con otros sistemas más profesionales. Además las piezas acabadas pueden sufrir, sobre todo tras manipularlas intensivamente, de un cierto nivel de separación entre las capas o láminas, lo cual reduce también su rango temporal de validez.

USOS PASADOS, PRESENTES Y FUTUROS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

Los distintos usos que todas estas tecnologías, y otras que no se han nombrado, han tenido y tienen, han sufrido una evolución que en cierta manera va en paralelo a la propia evolución de la difusión de las mismas. Así, al principio, el círculo de posibles usuarios, es decir, de *población* con conocimientos no ya de todas sus posibilidades, sino de su mera existencia, era bastante reducido y se circunscribía al mundo de la investigación, el desarrollo de productos, etc... pero siempre dentro de un ámbito de tecnologías avanzadas. Es decir, no era habitual que usuarios, incluso profesionales del diseño y el desarrollo de productos, supiesen siquiera de la existencia de esta posibilidad tecnológica, por lo que evidentemente no podían ni pensar en usarlas.

Este inicio fue no obstante desarrollándose de manera bastante rápida, teniendo en cuenta que aunque los primeros modelos de máquinas de estereolitografía disponibles en el mercado aparecieron a finales de los 80, es realmente a finales de los 90 y a principios del siglo XXI cuando aparecieron de

manera más masiva las distintas tecnologías de fabricación aditiva, con sus empresas asociadas.

En todo caso se puede distinguir claramente una primera fase de usos de estas tecnologías, en la que su aplicación se centraba casi de manera exclusiva en el mundo del diseño y desarrollo de producto, a nivel de prototipos. Los departamentos de diseño y de desarrollo de producto usaban la fabricación aditiva para construir de manera rápida prototipos con los que validar las distintas fases de sus procesos. De ahí la denominación más antigua, a nivel comercial, de todas estas tecnologías: la de prototipado rápido.

En este tipo de usos, los modelos fabricados mediante tecnología aditiva encontraban, y siguen encontrando hueco como soportes al desarrollo de todo tipo, gracias a sus características intrínsecas:

- **Mejora de la comunicación:** tanto internamente entre técnicos y diseñadores, como externamente cara a proveedores, clientes, etc... Esta mejora de la comunicación abarca por tanto todas las fases relacionadas con el lanzamiento de un producto, desde su ingeniería, hasta su promoción (marketing, asistencia a ferias, etc...). La mejora de la comunicación también ayuda a una mejor y más ajustada presentación de ofertas por parte de proveedores como fabricantes de moldes. Se reducen también todos los costes y retrasos debidos a los cambios de ingeniería (debidos a cambios de diseños, a imposibilidad de ensamblar las piezas, etc...), especialmente gravosos cuando dichos cambios se deben realizar en fases avanzadas del desarrollo de un producto.
- **Mejora de las características del producto:** mediante la realización de pruebas funcionales sin necesidad de tener el producto ya en preserie, es decir, sin necesidad de tener moldes, preseries, etc... gracias a la gran variedad de mate-

riales de fabricación aditiva que actualmente existen en el mercado. También podemos mejorar de manera sencilla características como la ergonomía, gracias a poder disponer de manera casi inmediata de distintas opciones que pueden ser evaluadas por los usuarios finales.

- **Aumento de la creatividad del equipo:** la posibilidad de tener fácil y rápidamente la realidad física de cualquier idea bocetada y desarrollada mínimamente en un soporte informático, incrementa el rendimiento de la creatividad de los equipos de diseño y desarrollo, que tienen la posibilidad de realizar más propuestas y validarlas en función de parámetros más ajustados.
- **Soporte a la preproducción:** mediante distintas tecnologías de fabricación aditiva podemos producir tanto piezas máster para moldes (de silicona, cera perdida, arena, etc...) como los propios moldes, no con la idea, en general, de realizar tiradas largas, sino para la fabricación, ya con materiales perfectamente asimilables a los materiales estándar de fabricación (plásticos inyectados por ejemplo) de pre series de validación. Esto facilita y acelera la validación final de los productos diseñados, antes de pasar a la fabricación de los utillajes o moldes de fabricación final.
- **Sustitución de la producción clásica:** una de las grandes posibilidades de estas tecnologías, es, como ya se ha comentado, la posibilidad de fabricar directamente las piezas finales, sin tener que pasar por los medios convencionales. Esto es ya posible, y lo lleva siendo desde hace unos años, si bien, distintos problemas, o cuestiones sin resolver, han frenado la adopción masiva de esta práctica. No obstante, como argumento de marketing ha sido usado durante años por los distintos fabricantes, y la realidad es que lo que promete esta posibilidad realmente



◀ Ejemplos de aplicación AM en Arquitectura / Urbanismo / Topografía (© ZCorporation / 3D Systems)

representaría un paso adelante, equivalente a una nueva revolución industrial: reducción de costes, posibilidad de customización masiva, posibilidad de reducir los ciclos de lanzamiento de producto a su mínima expresión, etc...

La idea general detrás de todos estos usos, apoyada por la denominación *prototipado rápido*, era y sigue siendo, la de reducir el *time-to-market*, sacando al mercado productos de manera más rápida y además con menores costes y con propiedades optimizadas, gracias a la facilidad para realizar, en menor tiempo, más iteraciones de diseño/ desarrollo.

Parece no obstante que las empresas fabricantes de estos equipos se dieron cuenta de que con la denominación *prototipado rápido*, se estaban autolimitando. En primer lugar porque ellos mismos declaraban que sus máquinas *sólo* servían para hacer prototipos, y si bien esto podía ser aceptable para muchos usuarios más o menos noveles, lo normal es que a medida que estos usuarios aumentaban su conocimiento sobre las posibilidades tecnológicas que se les ofrecían, fuesen demandando no solo prototipos, sino *piezas*. Supongo que de este descubrimiento de marketing salió el acuerdo de ir abandonando esta denominación, que pasó de tener una presencia predominante en todo tipo de foros y ferias, a encontrarse únicamente en páginas web que tratan del tema y que por distintos motivos no está muy actualizadas.

La segunda limitación que los fabricantes se estaban auto-imponiendo, era la de llamar a estas tecnologías *rápidas*, y no porque esto fuese y sea

falso, sino porque también la mente humana tiende a filtrar selectivamente y a hacer asociaciones extrañas. Como persona que ha estado años en un entorno de proveedores de servicios, dando la cara a clientes que demandaban piezas de *prototipado rápido*, puedo asegurar que con el tiempo, o con el desconocimiento, muchos usuarios asimilaban rápido a inmediato. Es decir, pensaban y por lo tanto exigían, que sus encargos fuesen realizados en cuestión de pocas horas, sin tener en cuenta si la máquina en la que su encargo se iba a realizar estaba ocupada, tenía lista de espera, o ni siquiera si la pieza tenía que ser enviada por mensajería y esto representaba 24 h o más de espera.

Cuando ellos encargaban un prototipo rápido, lo querían así, rápido o mejor aún inmediato.

En paralelo a esta denominación de *prototipado rápido*, también se popularizó, relativamente siempre, entre el ámbito de usuarios de las máquinas de fabricación aditiva, la denominación de *Fabricación Rápida*, o *Fabricación Directa*. Estas denominaciones intentaban ciertamente contrarrestar el efecto perverso de llamar a todo prototipo, como ya se ha comentado. Sin embargo, de nuevo, el apellido *rápida* o *directa*, creaba falsas expectativas a los usuarios menos ilustrados, y por lo tanto, aunque fueron denominaciones que existieron un cierto tiempo, no tuvieron tampoco nunca una difusión demasiado masiva.

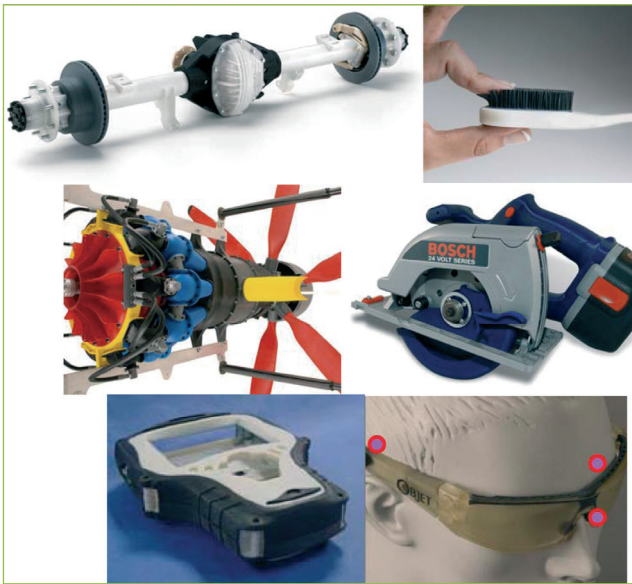
Por todo esto, se decidió tácita o explícitamente, por los grupos de interés (fabricantes, consultores, usuarios más avanzados, ...) el uso de la denominación que ya hemos

indicado, de *Fabricación Aditiva*, la cual si bien es un tanto árida (hay que saber un poco de qué se está hablando o tener nociones básicas de fabricación) no se autolimita desde luego de ninguna manera y es muy ajustada a lo que es el propio principio básico de funcionamiento. El paso, o la coexistencia de este término con el de *impresión 3D* ya se ha explicado anteriormente.

Todas estas idas y venidas corresponden como se ha dicho, de manera básica, a estrategias de marketing, porque en realidad los usos que se le venían dando en aquella época inicial, que aún hoy siguen siendo con toda seguridad los que representan la mayoría de los usos reales, no cambiaron. Seguían siendo éstas unas tecnologías que apoyaban sobre todo al diseño y desarrollo del producto.

En paralelo no obstante a este grueso de aplicaciones, se fue prestando más atención a la fabricación de pieza final, sobre todo por las tremendas posibilidades que se presentaban con la aparición de materiales totalmente técnicos y de fabricación como los metales avanzados o los plásticos especiales como el PEEK.

Además se pudo lograr una introducción cada vez mayor en sectores de tecnología muy avanzada y con muchas limitaciones y regulaciones en sus procesos de desarrollo. Nos referimos aquí sobre todo a los sectores relacionados con la salud. En este mundo de productos generalmente con muchísimas posibilidades de personalización, y donde pueden existir procesos de certificación de pre-series, antes de pasar a la fabricación en serie, bastante complejos y exigentes, estas tecnologías de



Ejemplos de usos AM en Diseño / Desarrollo de productos (Objet / Stratasys) (© Stratasys).



Ejemplos de usos AM en Fabricación de preseries (moldes de inyección) (Objet / Stratasys).

fabricación aditiva encontraron un nicho de mercado muy importante. Tanto es así que para el sector dental, por ejemplo, existen auténticas unidades de negocio de fabricantes de equipos dedicadas a sacar tanto *impresoras* como materiales exprofeso (la línea dental de *Objet-Stratasys* puede ser un excelente ejemplo de esto).

Algo parecido pasa con el sector de los audífonos, aunque en menor escala.

Como consecuencia de esta historia de usos, a día de hoy se puede decir que más que nunca existe una distinción entre los usos de estas tecnologías destinados a la validación de diseños y desarrollos en las fases del propio proceso de desarrollo (prototipos), y entre los usos que miran al empleo en condiciones de servicio reales de las piezas que salen de estas máquinas (fabricación). Esta separación ha llevado también asociada una cierta separación de los fabricantes, en función de las tecnologías que comercializan y de sus posibilidades en ambos escenarios.

Como una especie de puente entre ambos mundos apareció hace unos pocos años el uso de las impresoras 3D, o máquinas de fabricación aditiva, como medios para producir piezas finales destinadas a usuarios sin grandes exigencias de propiedades

mecánicas, y que ni saben, ni les interesa saber, lo que es un prototipo. Es este *tercer uso* (mezcla realmente de los dos usos anteriores) el que ha acaparado más titulares y noticias en todo tipo de medios y el que es el culpable de que hoy prácticamente todo el mundo con ciertas inquietudes técnicas o de estar a la última en gadgets tecnológicos, quiera saber, o pretenda saber de Fabricación Aditiva. Es por otra parte una importante fuente de negocios, tanto en modelos de explotación ya existentes como en otros nuevos e innovadores que de vez en cuando salen a la palestra.

Pero, resumiendo, seguramente sería justo concretar algo más sobre qué usos se le dan hoy a estas tecnologías, y en qué sectores o para qué tipo de usuario son útiles. La respuesta más completa a esta pregunta genérica, es también genérica pero suficientemente amplia

Cualquier usuario que maneje datos en 3D (CAD, CAM, Imágenes médicas, escaneados, etc...) es un usuario potencial de estas tecnologías. Cualquiera de estos usuarios potenciales que crea que beneficia a su negocio principal por el uso de piezas físicas y no sólo por modelos 3D virtuales o *planos*, usará y se beneficiará de estas tecnologías. Y cualquier emprendedor o empresa-

rio que detecte la posibilidad de un negocio basado en la rapidez en la respuesta a las demandas cambiantes y personales de un conjunto de potenciales clientes, podrá tener un desarrollo empresarial exitoso basándose en el uso de estas tecnologías. Realmente no se puede especificar más la respuesta, enumerando sectores o aplicaciones concretas sin correr el riesgo de dejarse en el tintero algunos o algunas, bien por desconocimiento o porque haya aparecido recientemente.

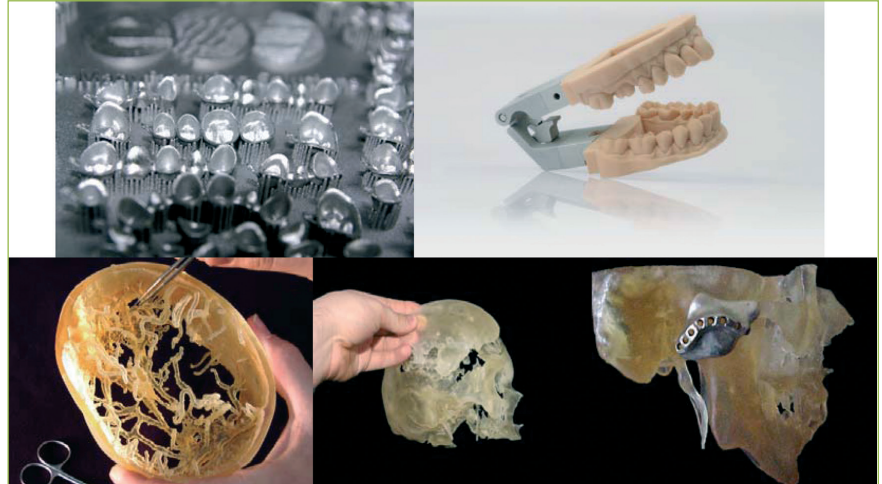
De todas maneras, a modo de ayuda visual, se presentan a continuación ejemplos correspondientes a sectores y aplicaciones diversas.

Dicho esto, es decir, que el campo de posibles usuarios y clientes de esta familia de tecnología es realmente muy amplio, también hay que aclarar que la elección de una u otra tecnología concreta no debe hacerse alegremente, ya que no todas sirven para todo, y si bien quizás no encontremos una tecnología absolutamente óptima para nuestras necesidades, con toda seguridad vamos a encontrar una tecnología o varias que se adaptan muchísimo mejor a lo que necesitamos que otras. Por lo tanto, a la hora de seleccionar una u otra, debemos considerar aspectos como:

- **Nuestra disponibilidad para invertir:** esto es solamente importante para el caso de que pense-



Ejemplos de aplicación AM en Diseño de envases (© ZCorporation / 3D Systems)



Ejemplos de aplicación AM en Medicina / Odontología (Objet / Stratasys, EOS) (© Stratasys, © EOS GmbH)

mos en invertir en equipos, y no en ser simples usuarios de los mismos contratando los servicios de los muchísimos proveedores que actualmente existen. Es en el primer caso, un parámetro bastante excluyente, ya que los equipos que usan las tecnologías explicadas pueden variar desde los 600 hasta más o menos un millón de € en esa amplia horquilla, nos encontramos con máquinas prácticamente en todas las escalas de precio, si bien hay tecnologías que disponen de una variedad de máquinas a precios muy diversos, mientras otras tecnologías se centran más sobre todo en los precios más elevados. Es el precio del equipo, en todo caso, un parámetro que es fácil considerar.

- **¿Qué uso vamos a darle a las piezas que salgan de la máquina?:** tenemos que preguntarnos qué es lo que vamos a valorar sobre todo en las piezas: sus características mecánicas, térmicas, su reproducción de detalles, su exactitud dimensional, su finura superficial, etc... Este análisis debe hacerse previamente a considerar una inversión en un equipo, ya que la experiencia me ha mostrado que si no tenemos las cosas claras antes de empezar a hablar con los comerciales de cada tecnología, probablemente nos lleven a confusiones, ya que muy hábilmente destacarán sobremanera los pun-

tos fuertes de las piezas que fabrican sus equipos, relativizando sus limitaciones.

- **¿Qué disposición o interés tenemos para construir un taller alrededor de la máquina?:** como se ha explicado, alrededor de la propia fabricación mediante Fabricación Aditiva, hay otros procesos, generalmente menos atractivos y tecnológicos, pero que son necesarios para tener una pieza final con todas sus propiedades. Tenemos que analizar que disponibilidad tenemos para tener un espacio expreso para la fabricación y terminación de las piezas o si estamos interesados en tener un equipo lo más de oficina que sea posible, aunque sea sacrificando aspectos más relacionados con las características del material, u otros

- **Costes ocultos de las tecnologías: aquellos sobre los que los comerciales suelen evitar pasar o pasan muy rápidamente y sin detalle:** ¿Podemos comprar la materia prima en el mercado más o menos libre? ¿Estaremos obligados, por el contrario, a comprar la materia prima al propio fabricante de la máquina? ¿Qué precio tienen las materias primas? ¿Qué consumo de materia prima tiene una pieza tipo que puedo estar interesado en fabricar? ¿Hacen falta periféricos no incluidos en el precio de la máquina? (equipos de postpro-

ceso, ordenadores, etc...) ¿Hace falta formación específica para el operador, bien sea para la propia máquina o para preparar los ficheros para fabricación? ¿Cuál es el coste del mantenimiento anual de la máquina? ¿Qué incluye? ¿Es obligatorio? ¿Qué incluye la garantía? ¿Qué se considera consumible y por tanto queda excluido de la misma? ¿Qué capacidad de respuesta nos puede ofrecer el vendedor ante una avería? ¿Cómo nos puede asegurar un mínimo tiempo de parada, caso de tener una avería? Lógicamente estas preguntas están más destinadas a un entorno profesional o industrial. Si nuestro interés está más bien dirigido a comprar una máquina personal, es más que probable que no haya servicios asociados a la máquina, por lo que, para bien o para mal, no tendremos que preocuparnos de todos estos aspectos

CONCLUSIONES

Se ha intentado con este artículo acercar al lector a ciertos detalles tecnológicos de la impresión 3D, o Fabricación Aditiva, para de esta manera poder complementar la información que se recibe por medios de comunicación no especialistas técnicamente, que se dirige más bien a ensalzar los potenciales beneficios revolucionarios que su uso puede



Ejemplos de aplicación AM en Aeronáutica (© Morris Technologies – GE, © EOS GmbH, © RAMEM)

Ejemplos de aplicación AM en Automóvil
(© Jaguar, © BMW Mini)



suponer a toda la humanidad. Sin negar que esto es posible, se ha intentado poner en una perspectiva histórica y técnica toda esa información, para de esta manera dar a conocer que este conjunto de tecnologías no es algo que haya aparecido muy recientemente, si bien es totalmente cierto que desde hace años y cada vez más, su aplicación a campos e industrias muy variadas ha generado y deberá aún generar, muchos beneficios que hasta hace pocos años eran impensables. Es un campo tecnológico que a pesar de no ser nuevo está aún por expandirse a nivel masivo. Cuándo esa expansión podrá llegar es algo sobre lo que no hay acuerdos, pero tenemos que tener claro que la manera en la que estas tecnologías funcionan, puede representar un cambio total en la forma de pensar de todo tipo de profesionales, no solo los ingenieros. Esperemos por tanto tener más noticias en el futuro de avances y usos revolucionarios, porque seguramente llegarán. Y mientras tanto, para aquellos con más inquietud, el precio accesible de las variantes más domésticas les puede permitir empezar a explorar su creatividad a la hora de buscar usos e incluso modelos de negocio.

Para finalizar, me gustaría resaltar algo que parece que no todo el

mundo se empeña en señalar, pero en lo que la gente implicada en estas tecnologías está de acuerdo sin dudas: la Fabricación Aditiva, o impresión 3D, como más nos guste llamarla, NO va a sustituir masivamente a la fabricación convencional. Ha llegado para convivir con ella y la sustituirá en aquellos negocios o para aquellos usos en los que realmente es más competitiva. Pero pensar que van a desaparecer los mecanizados, la inyección de plásticos, etc... y se van a sustituir por impresoras 3D, no tiene ningún sentido. Al menos ahora. Quizás en 20 o 50 años tenga que retractarme.

BIBLIOGRAFÍA

- *Fabricación Aditiva*, Fundación para la innovación tecnológica COTEC, 2011 www.cotec.es/index.php/pagina/publicaciones/novedades/show/id/961/titulo/fabricacion-aditiva--2011
- 3D Systems Corporation, <http://www.3dsystems.com>
- Envisiontec GmbH, <http://www.envisiontec.de>
- EOS GmbH, <http://www.eos-gmbh.de>
- Stratasys / Objet, <http://www.stratasys.com>
- *A third industrial revolution*, The Economist, 21 Agosto 2012, <http://www.economist.com/node/21552901>

- *3D printing scales up*, The Economist, 07 Septiembre 2013, <http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21584447-digital-manufacturing-there-lot-hype-around-3d-printing-it-fast>
- *How 3D printers work*, The Economist, 07 Septiembre 2013, <http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21584449-how-3d-printers-work>
- *Future of Manufacturing*, Scientific American, 22 Abril 2013, <http://www.scientificamerican.com/report.cfm?id=future-of-manufacturing>
- *Breaking the Mold: Could Additive Manufacturing Resuscitate a Once-Proud U.S. Industry?*, Scientific American, 22 Enero 2013, <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=additive-manufacturing-3d-printing>
- *Breaking the Mold: Could Additive Manufacturing Resuscitate a Once-Proud U.S. Industry?*, Scientific American, 22 Enero 2013, <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=additive-manufacturing-3d-printing>

Las opiniones que se incluyen en este artículo corresponden única y exclusivamente al autor, y no reflejan en ningún caso la opinión de GE Power Controls Ibérica, S.L., ni de ninguna otra compañía de GE.



Manuel Soriano

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y REHABILITACIÓN INTEGRAL DE EDIFICIOS

Director del Curso sobre Eficiencia Energética y Rehabilitación Integral de Edificios

La AIIM y el COIIM lanzaron en el otoño de 2013 una iniciativa de formación multidisciplinar enfocada a promover la rehabilitación integral de edificios dirigida a todos los agentes que tienen un papel esencial en esta actividad llamada a ser el principal motor en el sector de la construcción en los próximos años.

The AIIM and COIIM launched in the fall of 2013, a multidisciplinary training initiative focused on promoting the comprehensive rehabilitation of buildings aimed at all actors that have an essential role in this activity called to be the main driver in the construction sector in the coming years.

De izquierda a derecha: Carlos Lopez Jimeno, Director General de Industria, Energía y Minas de la CM; Miguel Angel Martinez Lucio, Presidente de la AIIM; Manuel Soriano Baeza, Director del curso de Eficiencia Energética y Rehabilitación Integral de Edificios.

El 16 de enero de 2014 comenzó a impartirse el curso de Eficiencia Energética y Rehabilitación Integral de Edificios de 120 h lectivas, cuya clausura se ha producido el pasado 11 de abril en el salón de actos del COIIM en un acto abierto que ha contado con la presencia de D. Carlos López Jimeno, Director General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

El curso, dirigido por el colegiado Manuel Soriano, ha abordado las diversas materias involucradas en la rehabilitación de edificios y en la eficiencia energética en la edificación. Se ha estructurado en diez módulos docentes:

- Contexto y marco normativo
- Modelo de negocio de la rehabilitación integral
- Viabilidad económica de la rehabilitación integral
- Eficiencia energética en edificación
- Gestión de proyectos de rehabilitación
- Accesibilidad, habitabilidad y mejora de la calidad de vida
- Materiales y técnicas para la rehabilitación
- Regeneración y renovación urbanas
- Evaluación y Certificación de edificios.
- Concienciación, comunicación y argumentarlo de ventas



Un total de 55 profesionales de altamente cualificados han colaborado como profesores aportando sus conocimientos, enfoques y experiencias en las distintas materias del programa.

Los criterios de elección del profesorado han sido la competencia profesional, la multidisciplinaridad y la experiencia contrastada en las diferentes áreas del programa con el fin de proporcionar a los alumnos una visión general del negocio de la rehabilitación a través de las experiencias específicas de los profesores en los distintos ámbitos de actuación.

Este primer curso ha contado con 20 alumnos de diferentes perfiles profesionales procedentes de un amplio abanico de entidades que juegan un papel esencial en la rehabilitación, en línea con el objetivo perseguido

El objetivo de la COAIN al concebir este curso era dirigirse a un amplio colectivo de agentes que pudieran estar interesados en conocer los diferentes aspectos de la rehabilitación, un negocio diferente y más complejo que el de la construcción de nueva planta. Por ello se consideró que sería interés, entre otras, para las siguientes entidades: colegios de administradores de fincas urbanas, ayuntamientos y comunidades autónomas, colegios profesionales de arquitectos, arquitectos técnico, ingenieros e ingenieros técnicos, asociaciones profesionales de la construcción, empresa de materiales y equipos para la construcción, empresas de servicios energéticos, empresas constructoras, empresas instaladoras, entidades financieras, empresas de promoción inmobiliaria y medios de comunicación especializados del sector inmobiliario y de la construcción.

Profesores por profesiones

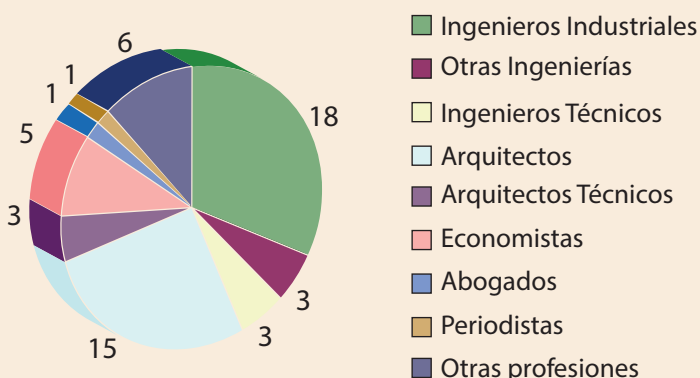


Figura 1. Competencia profesional del profesorado.

Profesores por sectores de actividad



Figura 2. Extracción sectorial del profesorado.

Alumnos por profesiones

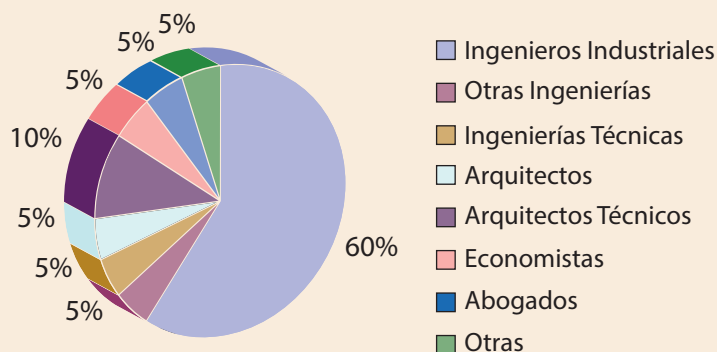


Figura 3. Perfil profesional del alumnado.

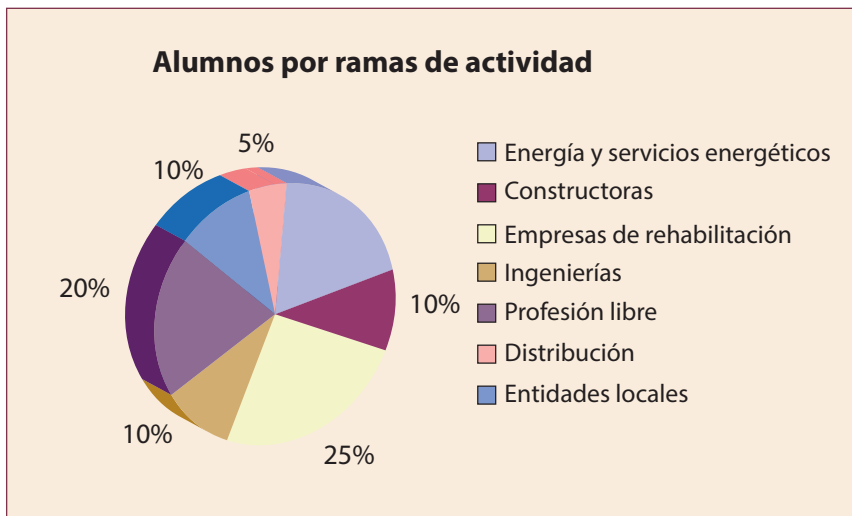


Figura 4. Sectores de actividad de los alumnos.

El nivel de satisfacción de los alumnos con el curso ha sido muy positivo como evidencian las evaluaciones realizadas por ellos en base a la encuesta de satisfacción que se ha realizado y a los testimonios de un número representativo de ellos obtener una opinión global de los diferentes perfiles profesionales que integran el alumnado, que se recogen a continuación.

LA OPINIÓN DE LOS ALUMNOS

► Ignacio Acero Hernández.

Ingeniero de Minas. Jefe de Obra. OHL
El curso me ha interesado mucho. Ha sido muy didáctico, y se ha fomentado la participación.
Además, ha estado muy enfocado a un nuevo mercado laboral, como es el de la rehabilitación integral de edificios, lo que considero el mayor de sus logros.
Finalmente, quiero resaltar la calidad de los ponentes; para mí, ha sido un lujo escuchar a algunos de ellos.

► José Barceló Llauger.

Ingeniero Industrial. Fundación CINDE
En general, el curso me ha gustado. Especialmente me ha servido para sistematizar lo ya conocido y abrir nuevos horizontes para aprender cosas nuevas.
Los profesores, en general, con conocimientos buenos en la materia, y con los materiales adecuados que han preparado de forma conveniente, salvo excepciones. En cuanto a las materias tratadas, considero que todas ellas están muy conseguidas y son de relevancia.
La selección de los alumnos ha sido adecuada ya que, en general, tienen formación cubierta por la especialidad, ingenieros industriales, de minas

y de telecomunicaciones; arquitectos y arquitectos técnicos. Hay también no especialistas que cubren otras áreas como derecho, económicas y gestión de fincas.

► Juan Carlos Blanco Collogudo.

Ingeniero Técnico Industrial. El Corte Inglés
El resultado fundamental del curso ha sido proporcionarme una visión global y muy detallada de todos los agentes intervinientes en una actuación de Rehabilitación, sea parcial o integral.
Me ha permitido conocer el gran abanico de interlocutores que hay que poner en común, la cantidad de intereses que intervienen (sociales, económicos, administrativos, técnicos, etc.) y que sin una gestión y visión global de todos ellos será muy difícil llevar a buen término la Rehabilitación Edificatoria.
De la misma manera, me ha hecho entender que es aún más necesario trabajar en equipos multidisciplinares, para que cada uno de ellos se implique en su campo específicamente y se posibiliten las soluciones más adecuadas, para conseguir los objetivos propuestos.
Por otro lado, el curso ha hecho posible conocer a muchos ponentes con

una gran capacidad técnica y humana, en el desarrollo de sus exposiciones, y a unos compañeros que con sus aportaciones diarias han enriquecido el curso de una manera fundamental.

► José Cruz Sola.

Ingeniero Técnico Industrial. Cofely.
El curso ha dado a conocer prácticamente todas las materias que están involucradas en un nuevo mercado como es el de la rehabilitación conjugando materias, experiencias y profesionales, para llegar a la síntesis de lo que es una rehabilitación de un edificio, pensando en su utilidad, confort, eficiencia energética y, sobre todo, en su sostenibilidad.
El curso aborda materias que por sí solas pueden ser antagónicas, pero en su conjunto forma parte de un todo de gran utilidad para el profesional, ya que abarca desde la legislación o las ayudas a conceptos y conocimientos esenciales que, tratados con el máximo rigor y el compromiso de promover la eficiencia energética en el sector de la edificación, permiten realizar un buen diagnóstico y aportar soluciones racionales e inteligentes, con el menor coste posible y el máximo de garantías para ofrecer seguridad y merecer la confianza del consumidor final.

Primera Edición

Curso de Eficiencia Energética y Rehabilitación Integral de Edificios

MADRID 16 enero - 11 de abril de 2014

Duración: 120h presenciales

**Horario: jueves y viernes de 16,30 a 20,30h
mas 4 sábados de 9 a 13h**

Precio: 625 €. Descuento 20% para colegiados COIIM

Mas información en www.coiim.es y www.aiim.es

ORGANIZAN

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid

AIIM

PATROCINAN

LAFARGE

REPSOL

COLABORAN

IDAE

EM

Como alumno de este curso, me he impregnado de experiencias positivas y he adquirido la documentación necesaria para dar un buen servicio con total garantía.

Paloma Hernández Benedicto.
Economista. Endesa

Para una persona que no está familiarizada con el entorno de la construcción/rehabilitación, el curso abarca suficientes temas como para aportar una visión general muy interesante del sector y toda su problemática actual. Los primeros módulos del curso me resultaron más interesantes y de mayor aplicación ya que estaban más orientados a la energía.

Considero que ha sido un poco repetitivo el aspecto de regulación, ya que la mayoría de los ponentes comienzan su presentación con un repaso a la legislación. Pienso que podrían presentarse más casos prácticos. Además, he echado en falta más profundidad en ejemplos de financiación de proyectos de este tipo

En general, los profesores están bien seleccionados y el curso me ha resultado de utilidad en mi área de trabajo.

Ana Martín Ferreiro.

Abogada. Larcovi

El curso ha cumplido con creces mis expectativas. Me ha ofrecido una amplia visión sobre la Eficiencia Energética y Rehabilitación Integral de Edificios gracias a que los ponentes son agentes en activo del sector, tanto de las administraciones públicas como de la empresa privada (multinacional, mediana y pequeña empresas) que han plasmado su visión, experiencia y saber hacer siempre en un ambiente de diálogo continuo con los alumnos. Destaco que, aunque mi perfil no es técnico, el seguimiento que he tenido del curso ha sido muy positivo, siendo capaz de aplicar lo aprendido en mi carrera profesional.

Quiero felicitar a la AIIM por la excelente organización del curso, así como por la calidad y variedad de los ponentes. Espero que esta edición sea la primera de muchas.

Raúl Pérez.

Ingeniero Industrial. Ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón.

Este curso ha sido realmente interesante y productivo. Nos ha ofrecido una visión global muy amplia de la problemática del sector de la rehabilitación integral de edificios. Ha entra-

do en bastante detalle en todos los aspectos técnicos que intervienen en la rehabilitación, y ha ofrecido una visión y un conocimiento amplio de los distintos agentes que pueden intervenir en las actuaciones a realizar.

En mi opinión, el COIIM y la AIIM han sido pioneros, con una gran visión de futuro, al plantear un curso multidisciplinar, dirigido a cualquier persona que pueda intervenir en este proceso de rehabilitación (ingenieros, arquitectos, arquitectos técnicos, abogados, economistas...), y que debe valer de guía al resto de colegios profesionales y agentes intervinientes, para definir el futuro modelo de negocio de la construcción en España.

Habrá que considerar que el cliente de la rehabilitación será el ciudadano (comunidad de propietarios), directamente o a través de los administradores de fincas, y que la propiedad tendrá que ponerse en manos de empresas solventes, con un perfil muy tecnificado que les den todos los servicios (arquitectura, ingeniería, licencias, financiación, tramitación de subvenciones, etc.) y que goce de su confianza.

Julián Ruiz Ortega.

Ingeniero Industrial. Profesional libre

El curso destaca el valor económico y social que tiene la rehabilitación en estos momentos. En él se han expuesto y debatido diferentes aspectos y técnicas, pero lo más importante es el enfoque.

Nos ha servido para orientarnos hacia el cliente, aprender a escuchar lo que quiere, alinearnos con su visión e intentar que los técnicos -y otros agentes intervinientes en el proceso- maduremos la idea de cómo conseguir un modelo de negocio que consiga hacer atractiva la rehabilitación a los clientes/habitantes/propietarios de los inmuebles. Y ello no solamente por los ahorros de todo tipo que se generan en el proceso, sino como la mejor opción para actualizar el valor patrimonial de sus propiedades y aumentar la habitabilidad en sus vivienda, edificios o barrios. En definitiva, para mejorar la calidad de vida en la ciudad rehabilitada.



Julio Rodríguez López

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y FINANCIACIÓN

Doctor en Ciencias Económicas y vocal del Consejo Superior de Estadística del Instituto Nacional de Estadística (INE). Fue presidente del Banco Hipotecario de España y de Caja Granada.

La rehabilitación de viviendas aparece en España, desde hace algún tiempo, como una actividad cuya potenciación puede resultar positiva para dicha economía. En 2011 la rehabilitación supuso el 15% del valor del negocio de la Construcción. La actividad rehabilitadora de viviendas ha sufrido la recesión del mercado de vivienda posterior a 2007 con menor intensidad que la construcción de nuevas viviendas. El nuevo Plan estatal de vivienda 2013-16 incluye un programa destinado a la rehabilitación de edificios de viviendas que contempla la financiación mixta público-privada de las actuaciones de rehabilitación. Se trata de conseguir asimismo la colaboración de los ayuntamientos para lograr una mayor dinamización de la rehabilitación.

Residential remodeling appears in Spain, for some time, as an activity which can be a positive empowerment for the economy. In 2011 the rehabilitation accounted for 15% of the value of the construction business. The rehabilitative activity wins housing recession housing market back to 2007 with less intensity than the construction of new homes. The new 2013-16 National House Plan includes a program for the rehabilitation of buildings which includes the mixed public-private financing of rehabilitation activities. It is also getting the support of local councils to achieve greater stimulation of rehabilitation.

Desde hace tiempo se viene defendiendo la conveniencia de aumentar el peso de la rehabilitación dentro de la construcción residencial en España. Por una parte, dentro del extenso parque de vivienda de España, próximo a los 25,5 millones en 2013, hay una proporción significativa de viviendas envejecidas, en las que la rehabilitación de la edificación y la mejora de la eficiencia energética aparecen como objetivos justificados.

Por otro lado, en Europa Occidental la rehabilitación citada pesa bastante más en la construcción residencial que en el caso de España, donde no cabe esperar en los próximos años aumentos espectaculares del parque de viviendas. Se comentan a continuación los datos básicos disponibles de la rehabilitación de viviendas en España y se analizan después los cambios introducidos en el marco de la política de vivienda en España en 2013, cambios que afectan a la rehabilitación residencial.

LA REHABILITACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN RESIDENCIAL

Conviene distinguir entre la rehabilitación de carácter público, integrada dentro de los planes de vivienda plurianuales y la de carácter privado, desarrollada a nivel de cada vivienda por sus propietarios. En ambos casos se pretende mejorar la habitabilidad de las viviendas.

En el Plan de Viviendas de 1984-87 apareció por primera vez la ac-

tuación protegida correspondiente a la rehabilitación. Se pretendía entonces rehabilitar unas 20.000 viviendas cada año en España. Los planes de vivienda han incorporado tales actuaciones durante mucho tiempo, pero se conoce poco o nada acerca de las consecuencias del gasto público implicado en tales programas.

Se conoce mal el alcance real de la rehabilitación de viviendas en España. Los escasos datos disponibles sobre la dimensión de la rehabilitación, dentro de la construcción, los divulga anualmente el Ministerio de Fomento, en la publicación "Estructura de la Construcción", la última de las disponibles se refiere a 2011.

Según dicha publicación, el volumen de negocio destinado a la rehabilitación residencial ascendió a 22.829,6 millones de euros en 2011, equivalente al 15,04% del volumen de negocio total de la construcción y al 48,9% del correspondiente a la edificación residencial.

El volumen de negocio en rehabilitación residencial correspondió en un 42,3% a la construcción, en un 37,1% a "instalaciones eléctricas" y en un 16,2% al "acabado de edificios". La rehabilitación total, residencial y no residencial (esta última incluye edificación no residencial e ingeniería civil), supuso unos 34.547 millones de euros en 2011, en torno al 30,4% del conjunto de la construcción.

Se considera, en general, que la rehabilitación genera más empleo

“ Hay una proporción significativa de viviendas envejecidas, en las que la rehabilitación de la edificación y la mejora de la eficiencia energética aparecen como objetivos justificados ”

que el resto de la actividad constructora, especialmente la rehabilitación que se efectúa en edificios residenciales. La rehabilitación en viviendas se ha estimado puede suponer el 20% del empleo total en la construcción, aunque esta proporción puede ser más elevada en una situación deprimida como la de 2013.

Siguiendo con las estadísticas, en los indicadores derivados de los visados de dirección de obra de los

aparejadores, publicados por el M^o de Fomento, destacó la fuerte expansión registrada por los visados para obras de rehabilitación en viviendas (reforma y mejora) entre 1992 y 2001. Dicho aumento medio anual fue del 17,2% y dio lugar a que en 2001 se alcanzase un total anual de 46.537 visados por dicho concepto.

Entre 2001 y 2005 el total anual citado permaneció estabilizado, por encima de las 45.000 viviendas

anuales. Después de 2005 el indicador de visados para la rehabilitación ha descendido, pero a menor ritmo que los visados de obra nueva. De ahí que la participación de la rehabilitación haya crecido de forma espectacular dentro de la construcción residencial hasta 2013. En este año, con un total de alrededor de 21.400 viviendas rehabilitadas, la participación citada puede llegar al 38% del total, muy por encima del 4,3% de 2007 (Gráfico 1).

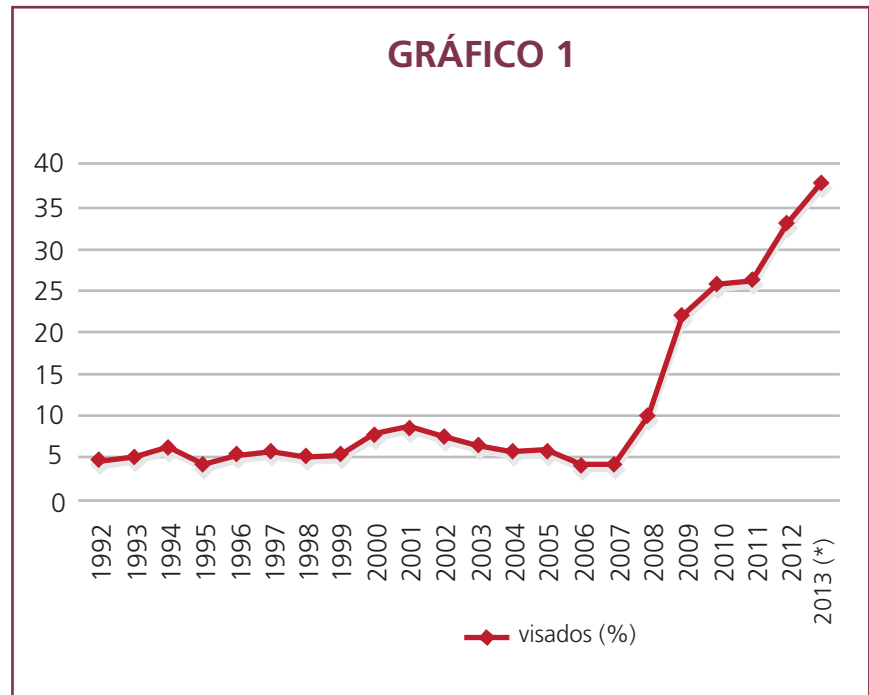


Rehabilitación: Participación en el total de los visados de vivienda (obra nueva, ampliación y rehabilitación). Totales anuales (%), 1992-2013. Fuente: Mº de Fomento, a partir de los visados de los aparejadores.

El comportamiento de las licencias municipales para obras de rehabilitación ha sido equivalente al de los visados de los aparejadores para obras de rehabilitación. Llama la atención el que los totales anuales de visados tripliquen las cifras de licencias, lo que puede indicar que una proporción elevada de las obras de rehabilitación se realizan sin licencia municipal de obras.

El Banco de España publica en su Boletín Estadístico información desagregada (saldos vivos) sobre el crédito a hogares para compra y rehabilitación de viviendas. En la etapa de auge inmobiliario el saldo vivo de los créditos para rehabilitación aumentó a un ritmo medio anual del 18,9%, menos intenso que el relativo a compra de viviendas y de la promoción de viviendas (33%). Tras alcanzar un valor máximo de 30.537 millones de euros en 2010, el saldo vivo de los créditos destinados a la rehabilitación de viviendas ha disminuido de forma continuada hasta los 24.734 millones de euros de junio de 2013.

El saldo vivo de los créditos destinados a la rehabilitación ha perdido peso dentro del conjunto de la financiación destinada a la compra y rehabilitación de viviendas en la etapa de recesión. La recesión del mercado de vivienda ha afectado también de forma negativa a la rehabilitación. La tasa de morosidad de los préstamos a la rehabilitación, el 7,41% a 30.6.2013, superó a la de los préstamos a compradores de viviendas (5,03%) en



la misma fecha, aunque quedó por debajo de la morosidad media de los préstamos al sector privado de la economía (familias y empresas), 11,6%.

Dentro de la construcción residencial, la rehabilitación ha ganado, pues, presencia en la fase de acusada recesión del mercado de vivienda. Sin embargo, dicha evolución no se ha presentado en el conjunto de la financiación crediticia, lo que revela que la rehabilitación de viviendas se ha visto afectada por la restricción crediticia de forma algo más intensa que en el caso de los préstamos para compra de vivienda.

2013. LOS CAMBIOS EN LA POLÍTICA DE VIVIENDA Y LA REHABILITACIÓN

En 2013 se han producido cambios en el marco estatal de la política de vivienda. La aprobación del nuevo Plan de Vivienda 2013-2016 (RD 233/2013, BOE de 10.4.2013), la modificación de la vigente Ley de Arrendamientos Urbanos (Ley 4/2013, BOE de 5.6.2013) y la ley

8/2013, de regeneración, rehabilitación y renovación urbana (3R), de 26 de junio (BOE de 27.6.2013), han sido las novedades más destacadas. El actual gobierno dinamizar al sector de la construcción a través de las actuaciones de 3R.

Se busca reorientar la construcción residencial desde el aumento del parque de viviendas (25,2 millones de viviendas familiares a 1º de noviembre de 2011, según el Censo de Viviendas) hacia las actuaciones sobre el parque existente. El preámbulo de la ley 8/2013 señala que en España hay suelo urbanizable o capaz de acoger nuevos crecimientos urbanísticos para los próximos 45 años y que había 723.043 viviendas vacías de nueva construcción a fines de 2012.

El sector de la construcción podrá contribuir a la recuperación de la economía española si se le orienta para actuar sobre el extenso parque de viviendas existente, revalorizándolo. El 21% del mismo, unos 5,2 millones de viviendas, tiene más de 50 años. La nueva norma considera que la eficiencia energética de

“ En 2011 la rehabilitación supuso el 15% del valor del negocio de la construcción ”

los edificios españoles es reducida, que estos son una fuente importante de emisiones de CO₂.

El Título primero de la ley regula el Informe de Evaluación de Edificios (IEE), ampliando el ámbito del mismo respecto de la hasta ahora vigente Inspección Técnica de Edificios. Del IEE emanará una calificación del edificio a efectos de eficiencia energética y medioambiental, debiéndose disponer del mismo cuando una vivienda se venda o alquile. El Título segundo regula las actuaciones sobre el medio urbano, fortalece las facultades de las comunidades de vecinos, e intenta facilitar la financiación público-privada en las actuaciones de rehabilitación y de renovación de la ciudad.

El Real Decreto 233/2013, que regula el Plan Estatal 2013-2016, establece siete programas dentro del Plan citado. El programa 4, “de fomento de la rehabilitación edificatoria” (artículos 19 a 24 del citado Real Decreto), pretende impulsar la financiación de obras y trabajos de mantenimiento e intervención en las instalaciones fijas y equipamiento propio, así como en los elementos y espacios privativos comunes. Se trata de rehabilitar edificios colectivos terminados antes de 1981, en los que al menos el 70% de la superficie construida sobre rasante se destine a vivienda y que, como mínimo, el 70% de las viviendas sirvan de domicilio habitual de propietarios o arrendatarios.

A efectos de desarrollar la subvención prevista en la nueva norma, se arrancará del denominado “coste subvencionable de la actuación”, que incluirá, además de los costes de instalación, los honorarios de profesionales intervinientes y el coste de la redacción de los proyectos. Podrán ser beneficiarios de las subvenciones las comunidades de propietarios, las asociaciones de comunidades y los propietarios únicos.

La cuantía máxima de las ayudas se determinará en función del coste subvencionable de la actuación correspondiente al edificio o edificios, que incluirá el coste total. Las ayudas se destinarán a actuaciones de conservación, de mejora de la calidad y sostenibilidad (aquí se incluyen acciones tales como la mejora de la envolvente térmica, la instalación de sistemas de calefacción, la instalación de equipos de generación, entre otros) y a la mejora de la accesibilidad.

La cuantía máxima de las subvenciones a conceder por edificio no podrá superar el importe de multiplicar 11.000 euros por cada vivienda y por cada 100 m² de superficie útil. Además, dicha cuantía máxima no podrá superar el 35% del coste subvencionable de la operación.

La subvención se abonará cuando el beneficiario aporte el acuerdo de la comunidad o comunidades de propietarios, salvo en el caso de propietario único. Será necesario, además, disponer de

la licencia o autorización municipal precisa para realizar la correspondiente obra de rehabilitación y del certificado de inicio de la misma. El plazo máximo de ejecución de la obra será de 16 meses, prorrogable a 18. El Ministerio de Fomento transferirá a las comunidades autónomas el importe de las subvenciones, correspondiendo a dichas administraciones la tramitación correspondiente.

Se prevé, pues, un sistema mixto público-privado de financiación de la rehabilitación, en el que los beneficiarios deberán aportar, como mínimo, un 65% del coste de la misma. Se echará en falta más financiación crediticia en una primera fase, en tanto persista la tan traída y llevada restricción crediticia. Se trata asimismo de que el Plan 2013-16 eche a andar y resulte operativo y de que pueda conocerse la realidad de su implantación para analizar su eficacia, frente a la opacidad del pasado en materia de contenido real de las actuaciones protegidas de rehabilitación.

Se debe conseguir una colaboración más estrecha de los ayuntamientos para lograr el mayor avance posible del programa. En todo caso, el logro de un avance sustancial de la rehabilitación dentro de la edificación residencial en España dependerá de la creación de un amplio estado de concienciación entre todos los agentes sociales intervinientes en el proceso. 



Francisco de Borja Díaz

LA REHABILITACIÓN EN ESPAÑA

Responsable de Edificación y Distribución de Lafarge España

En el año 2050 más del 70% de la población vivirá en grandes ciudades.

En el caso de España, además del proceso de urbanización, que avanza a ritmos agigantados, existe un aspecto más acuciante: el parque inmobiliario está envejecido. Más del 50% de las viviendas en nuestro país tiene más de 30 años, lo que indica una fuerte necesidad de rehabilitación en los próximos años para mejorar tantas las prestaciones como el consumo energético de estas viviendas.

Como telón de fondo, las nuevas leyes y normativas europeas de edificación eficiente enmarcan el volumen de emisiones máximo que podrán generar los edificios en un futuro cercano. La rehabilitación, una vez más, es la llave para que muchas de las edificaciones se ajusten a estos criterios.

In 2050 over 70% of the population will live in large cities. In the case of Spain, in addition to the process of urbanization, progressing at a rapid pace, there is a more pressing aspect: the housing stock is old. Over 50% of homes in our country has more than 30 years, indicating a strong need for rehabilitation in the coming years to improve many benefits such as energy consumption. As background, the new European laws and regulations about efficient building frames maximum volume that may generate buildings in the near future. Rehabilitation, again, is the key for many of that buildings to meet these criteria.

Para analizar estos temas, el Colegio Oficial y la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid han promovido el *curso sobre Rehabilitación y Eficiencia Energética*, que ha contado con profesionales de conocido prestigio que han impartido las distintas conferencias incluidas en el programa.

Uno de los profesores ha sido Francisco de Borja Díaz Vega, responsable de Edificación y Distribución de Lafarge España, quien analiza para el primer número de TESLA la realidad de la rehabilitación eficiente y la construcción sostenible.

¿Cuáles son, en su opinión, las principales preocupaciones de los profesionales y las empresas en el campo de la construcción?

En Lafarge estamos en constante contacto con la ciudadanía, los arquitectos, los ingenieros y nuestros clientes. Esto nos ha permitido detectar, hace tiempo ya, que una de sus mayores preocupaciones en el campo de la construcción era cómo cambiar el paradigma hacia una construcción sostenible que respondiese a la necesidad de mejorar los consumos energéticos de los edificios y hacer un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

Esto nos ha llevado a posicionarnos a la vanguardia de la innovación en materiales de construcción y como un actor que contribuye a construir mejores ciudades a través de diferentes soluciones y servicios. En primer lugar, buscamos que sean más compactas, fomentando la construcción vertical y, por tanto,

LAFARGE ESPAÑA

Lafarge cuenta en España con tres fábricas y una molinenda de cemento, 40 plantas de hormigón, dos centrales de mortero y seis canteras donde trabajan cerca de 610 personas. Cuenta con el primer Centro de Investigación y Desarrollo de Nuevos Hormigones y Morteros donde se adaptan las patentes de Lafarge al mercado español y se desarrollan productos específicos. Más información en www.lafarge.com.es.

limitando la necesidad de terreno nuevo a costa de espacios naturales. Además, trabajamos para que sean más acogedoras, integrando la vivienda asequible y sostenible como una preocupación fundamental, así como más duraderas, con construcciones sólidas y resistentes que hacen un mejor uso de los recursos naturales y son energéticamente eficientes. No puede faltar la búsqueda de la estética, dando alas a la creatividad arquitectónica, y, finalmente, que estén mejor conectadas, con infraestructuras que facilitan la fluidez del tráfico y las personas.

¿Qué soluciones considera las más adecuadas en materia de rehabilitación?

Somos conscientes de que la rehabilitación es una necesidad primordial en nuestro país, a la luz de nuestro trabajo sobre el terreno en el día a día, así como de los datos que aportan los organismos públicos.

Por ello, avanzamos en el desarrollo de soluciones constructivas y servicios específicos para la rehabilitación eficiente, en el establecimiento de alianzas claves con actores que trabajan activamente para fomentar la rehabilitación en España y fomentando una mayor concienciación, tanto de la ciudadanía como de las Administraciones Públicas, sobre la importancia de una rehabilitación responsable.

Inciendo en estos puntos, ¿qué destaca del desarrollo de soluciones y servicios constructivos para la rehabilitación?

En este punto, considero interesante destacar el desarrollo de soluciones para una mayor eficiencia energética en la climatización, con sistemas de suelo radiante combinado con mortero autonivelante de alta transmisión térmica, que permite un mejor rendimiento y un menor consumo energético en la climatización.

Otro sistema constructivo clave para garantizar una rehabilitación eficiente es el relacionado con la envolvente del edificio, puesto que es una pieza clave para asegurar una rehabilitación energéticamente eficiente, a través de hormigones de baja conductividad térmica que pueden llegar a reducir hasta en un 30 por ciento de los puentes térmicos del edificio.

Por último, tenemos que mencionar también las cubiertas, que son un elemento constructivo a través del que se pierde aproximadamente el 30 por ciento del calor del edificio. Para ello, utilizamos hormigón de baja conductividad térmica combinado con un acabado realizado con hormigones drenantes, que nos permiten reaprovechar el agua de lluvia como aguas grises en el edificio o para la creación de cubiertas verdes, con lo cual no solamente influimos en la eficiencia energética y en la sostenibilidad del edificio, sino que también contribuimos a crear ciudades más bonitas, esto es, mejores ciudades.

SOBRE EL GRUPO LAFARGE

Lafarge da empleo a 65.000 personas en 64 países, y obtuvo unas ventas de 15.800 millones de euros en 2012, lo que la sitúa como líder mundial del sector de materiales de construcción. Con una posición puntera en todas sus actividades -cemento, áridos y hormigón-, Lafarge contribuye a la construcción de ciudades en todo el mundo con soluciones innovadoras.

Lafarge, que cuenta con el primer centro mundial de investigación en materiales de construcción, sitúa a la innovación en el núcleo de sus prioridades con el objetivo de contribuir a una construcción más sostenible y servir mejor a la creatividad arquitectónica. Desde 2010, Grupo Lafarge forma parte del Índice Mundial de Sostenibilidad Dow Jones, el primer ranking mundial que clasifica a las empresas en materia de desarrollo sostenible.

Para más información Lafarge, visite: www.lafarge.com



Ha mencionado las alianzas con organismos en este campo de la rehabilitación. ¿Cuáles son las más importantes?

En este punto, considero relevante destacar nuestro partenariado con ANERR, la Asociación Nacional de Empresas de Rehabilitación y Reforma. Esta colaboración se plasma en nuestra participación en numerosas jornadas técnicas que se celebran por todo el país donde se intenta concienciar a la ciudadanía y a sectores específicos, como arquitectos o constructores, sobre la importancia de la rehabilitación eficiente, con el respaldo de las entidades públicas.

Por último, en cuanto a nuestra intención de contribuir a la divulgación de la rehabilitación energé-

ticamente eficiente, nos gustaría reseñar nuestra participación en el Congreso Nacional de Edificios de Energía casi Nula. De mano de Construable, participamos en este evento que pretende acercar posiciones entre la administración y distintos actores. Además, somos parte activa del Comité Técnico, en el que participan fabricantes de materiales, ciudadanos, colegios técnicos, y organismos públicos como los ministerios de Fomento, Economía y Medio Ambiente, donde desarrollamos respuestas reales a una construcción sostenible y a una rehabilitación eficiente. Lafarge ha apostado siempre, en el marco de este comité, por que se contemple la rehabilitación como uno de los puntos clave. 



Ignacio Leiva Pozo

EFICIENCIA EN LAS INSTALACIONES TÉRMICAS. SOLUCIONES CON EL GAS DE REPSOL

Gerente Desarrollo y A. Técnica. Director Comercial GLP España de Repsol

Como se viene indicando en numerosos foros y eventos, y ha sido tratado en profundidad en el transcurso del reciente y excelente *curso de Eficiencia energética y rehabilitación de edificios*, del Colegio Oficial y la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid, se identifica un importante potencial en la generación y distribución de la energía térmica en la edificación para lograr mayor eficiencia energética y ahorros de costes de operación.

As it has been indicated in numerous forums and events, and has been discussed in depth during the recent and excellent workshop about Energy Efficiency and Rehabilitation of Buildings, of the College and the Association of Industrial Engineers of Madrid, it has been identified an important potential in the generation and distribution of thermal energy in buildings to achieve greater energy efficiency and operating cost savings.



LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

En nuestra intervención en dicho curso, en particular, se resaltó el contexto actual del conjunto de la economía que condiciona al sector de la edificación, de tal manera que podemos decir que, frente a un pequeño porcentaje de edificios de nueva construcción, nos encontraremos con una mayoría de edificios existentes que se enfrentarán a procesos de rehabilitación energética.



En este escenario, además, es muy importante que se cumplan algunos factores fundamentales para que estos proyectos de rehabilitación energética tengan éxito:

- Propuestas de mejoras en instalaciones y tecnologías realistas, disponibles en el mercado y con alto potencial de ahorro
- Compatibilidad de energías convencionales y renovables, aprovechando lo mejor de todas ellas.
- Compatibilidad de las instalaciones existentes, de forma total o parcial, con las nuevas propuestas, de manera que se llegue a la mejor optimización técnico-económica.
- Coste de las inversiones necesarias y de operación que den el mejor balance económico

EL GAS PROPANO

Considerando todo ello, el gas propano suministrado por Repsol, tiene un importante potencial para cubrir con éxito los aspectos fundamentales anteriores, bien en los municipios canalizados, más de 400 en toda España, o bien a través de las instalaciones de almacenamiento adaptadas a cada necesidad.

En primer lugar, ofrece las características de un combustible gaseoso, que como tal, por procedencia mayoritaria de pozos de gas y composición, tiene las más bajas emisiones globales de CO₂ y locales contaminantes en su utilización, con un poder calorífico y temperatura de llama muy elevados, que facilitan el confort y operación en sus aplicaciones.

También por la disponibilidad real de tecnologías avanzadas como la condensación, bombas de calor o micro cogeneración, con las que se consigue una facilidad total de integración con otras tecnologías e instalaciones existentes en la rehabilitación, como también con energías renovables como la solar térmica o con otras convencionales o la electricidad, en sistemas híbridos.

En concreto, las bombas de calor,

DESARROLLOS ENERGÉTICOS EFICIENTES

El producto comercial denominado Desarrollos Energéticos, es un paquete integral de estos servicios energéticos que facilita la auditoría energética previa, propuestas más eficientes con las tecnologías más avanzadas y apoyo para implantación, coordinación de agentes, gestión de ayudas y subvenciones posibles y facilitación de apoyo financiero para la inversión necesaria.

En modo alguno se pretende suplantar la actividad de los profesionales, ingenierías, arquitectos o instaladores, sino la colaboración estrecha con ellos para extender el conocimiento de soluciones energética y económicamente más favorables y poner a su disposición y del cliente los cauces para facilitar su implantación y mejores costes posteriores en operación.

Además, se dispone de un interesante cauce de intercambio de información con estos profesionales a través del blog especializado: BLOGS.REPSOL.COM/GAS-EFICIENCIA-DESARROLLOS.

También se puede contactar directamente con la red comercial y colaboradoras e instaladoras ubicadas en toda España.

tanto de absorción como de compresión mecánica, funcionando a gas, son equipos de aerotermia y también en algún caso de geotermia, con aporte de calor renovable e importantes posibilidades de lograr alto grado de eficiencia energética y ahorro importes en las rehabilitaciones energéticas, considerando su posible actuación para cubrir la base de la demanda térmica, de calor, ACS o refrigeración.

Por otro lado, la combinación de las anteriores bombas de calor a gas, como las eléctricas en sistemas híbridos y con calderas de condensación de última generación, también proporcionan importantes soluciones adecuadas en operación e inversión.

También la cogeneración nos ofrece soluciones muy eficientes basadas en la producción simultánea de calor y de electricidad. Su utilización tiene como clave la adecuación, por un lado de la energía térmica para cubrir la base de la demanda, con usos intensivos de calor y una adecuación de la electricidad para autoconsumo, exportación a la red o ambos, siempre dependiendo de la legislación vigente y las tarifas eléctricas en vigor.



Desarrollos energéticos
eficientes con
el Gas de Repsol



PROYECTOS LLAVE EN MANO

Pero es importante plantear todas estas opciones facilitando los medios para su implantación en proyectos tipo "llave en mano", que incorporen también los aspectos económicos. En este sentido, Repsol ofrece además, a los prescriptores y clientes, no sólo la energía del gas como base, sino la colaboración para llegar a disponer de proyectos con la máxima eficiencia energética y ahorro de costes, facilitando toda la cadena de servicios energéticos necesarios para su implantación. 



María Rodríguez de la Rubia

REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS: EN BUSCA DE UN NUEVO MODELO DE NEGOCIO

Ingeniera industrial; máster en Eficiencia Energética y Energías Renovables; y miembro de la Comisión de Energía del COIIM.
Directora técnica de iEnergy

El modelo de negocio que se ha explotado hasta ahora, el de nueva construcción, no es el adecuado para implantar la rehabilitación de edificios existentes. Es necesario definir uno nuevo, que se adapte a la complejidad que supone intervenir en edificios que están habitados mientras se producen las obras y que debemos mejorar partiendo de características que no podemos modificar, como la orientación, el espacio disponible en cubierta, la sombra de elementos adyacentes, etc.

The business model used up to now, that of new construction, is not the one best suited to undertake the rehabilitation of existing buildings. It is necessary to define a new model that adapts to the complexity of working on buildings that are inhabited while the works are under way and that we should improve on the basis of features that we cannot modify, e.g. orientation, available roof space, shade of adjacent elements, etc.



Los agentes que intervienen en el proceso son los mismos pero sus tareas son distintas.

El promotor es ahora el propietario del inmueble. Es el que decide rehabilitar o no hacerlo, ya que es quien realiza la inversión. Evidentemente, sin promotor no

es posible implantar este nuevo modelo de negocio y, en consecuencia, es absolutamente necesario que los propietarios estén informados de las ventajas que se obtienen cuando se mejoran sus inmuebles.

Sin embargo, existe un completo desconocimiento del sector de la eficiencia energética, especialmente desde el punto de vista técnico. Así, por ejemplo, muchas comunidades de propietarios han reparado

sus fachadas por requerimientos de conservación como consecuencia de una ITE desfavorable y no han aprovechado la ocasión para incorporar aislamiento térmico.

Esto se debe a que los propietarios no conocen ni el enorme efecto que tendría sobre su confort ni el gran ahorro que conseguirían en sus facturas de calefacción y aire acondicionado. Desconocen también que el incremento en el coste de rehabilitación de una fachada por añadir aislamiento

“ El Certificado Energético es un instrumento esencial para que los propietarios dispongan de información adecuada de su edificio y de sus posibilidades de mejora ”

térmico es un porcentaje pequeño, que se amortiza rápidamente.

Para solucionar este problema es preciso mejorar la información de la que disponen los propietarios.

iEnergy es una consultoría energética formada por un equipo multidisciplinar de arquitectos, ingenieros industriales e informáticos que trabajan en el desarrollo de un nuevo modelo de negocio ligado a la rehabilitación energética e integral de nuestro parque edificatorio. Lidera un proyecto de I+D+i en colaboración con universidades y organismos públicos de investigación, colegios profesionales y empresas del sector, que consiste en un potente motor de cálculo, que facilita de forma automática la solución óptima en ahorro energético, accesibilidad y conservación de cada edificio.

Su primera versión, el módulo de divulgación enfocado a los propietarios, es decir, a usuarios sin conocimientos técnicos, verá la luz en mayo. Será una aplicación web en la que, de forma gratuita, se podrá conocer una estimación de la calificación energética, el potencial de ahorro del inmueble y la solución integral relativa a eficiencia energética, accesibilidad y mantenimiento.

EL PAPEL DE LOS INGENIEROS INDUSTRIALES EN EL MODELO DE REHABILITACIÓN

Los ingenieros industriales, como técnicos conocedores de los sistemas que componen un edificio, son profesionales perfectamente cualificados para analizar los edificios, realizar

estudios exhaustivos y calcular soluciones de mejora. Pero no hay que olvidar que este sector evoluciona cada día, lo cual obliga a actualizar los conocimientos de manera continua para poder asesorar convenientemente a los propietarios.

Además, este es un sector en el que trabajar con otros perfiles, como los arquitectos, tiene muchas ventajas. No solo por sus conocimientos técnicos, complementarios a los de los ingenieros industriales, sino también por su distinta visión del edificio y por su forma de enfocar los proyectos.

Una vez realizado el análisis, es necesario ejecutar las mejoras sobre el edificio que, en la mayoría de los casos, realizan varias empresas que trabajan sobre distintos elementos: fachadas, cubiertas, ventanas, instalaciones, ascensores, iluminación...

Es necesario coordinar los trabajos de todas ellas, en definitiva gestionar y controlar las actuaciones para obtener los resultados esperados. Aparece por tanto la figura del Gestor de Proyectos de Rehabilitación, una especialización del Project Management que los ingenieros industriales realizan desde hace muchos años.

LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS

El fin de un Certificado Energético es, además de clasificar el gasto energético del edificio o vivienda, proponer medidas de actuación que ayuden al propietario a mejorar su inmueble y den lugar a un ahorro energético y económico.

El problema es de nuevo la divulgación. Existe mucha confusión respecto al Certificado Energético, ya que los propietarios lo han entendido como un etiquetado y en el peor de los casos como una tasa impuesta por la Administración.

Lamentablemente algunos certificados se emiten sin ningún rigor técnico haciendo que el resultado no tenga ninguna utilidad. Sin embargo, un Certificado Energético debe incluir información concluyente que permita al propietario decidir cómo mejorar y conservar su edificio o vivienda, cuánto le va a costar, cuándo recuperará su inversión y cómo se revalorizará su inmueble.

iEnergy ha creado una Red de Nacional Técnicos constituida con el apoyo de Colegios Profesionales, como el COAIN, y formada por más de cuatrocientos expertos en eficiencia energética de toda España.

Las Certificaciones Energéticas realizadas por sus técnicos se llevan a cabo respetando procesos y procedimientos, cumpliendo todos los requerimientos legales y aportando al propietario información rigurosa sobre el estado actual de su inmueble y la solución más adecuada para mejorarlo.

El Certificado Energético es, por tanto, un instrumento esencial para que los propietarios dispongan de información adecuada acerca de su edificio y de sus posibilidades de mejora. Y ello es, a su vez, necesario para que la rehabilitación del parque inmobiliario reactive el sector e incremente la sostenibilidad de nuestro modelo económico. 

Bosch inside.

Eficiencia que funciona.



Confíe en los expertos y en las tecnologías orientadas al futuro para mayor eficiencia y rentabilidad. El uso eficiente de la energía es un factor clave para mantener la competitividad. Ya sea para la industria, los negocios, instituciones privadas y públicas o las empresas de suministros energéticos, le ayudamos a encontrar la solución óptima ajustada a sus necesidades. Nuestra gama de productos varía desde la producción de calor en sistemas de calderas industriales de vapor, agua caliente y sobrecalentada hasta unidades de cogeneración. Los altísimos estándares de calidad y amplios servicios ofrecidos por Bosch garantizan la durabilidad, la rentabilidad y el funcionamiento sostenible de su instalación.

www.bosch-industrial.com



BOSCH

Innovación para tu vida

Planes exclusivos para Ingenieros Industriales y Aeronáuticos

amic alternativa al **RETA**

Alternativa al Régimen Especial
de Trabajadores Autónomos

La elección que **ASEGURA TU FUTURO**

¿QUÉ ES AMIC COMO ALTERNATIVA AL RETA?

Los Ingenieros Industriales y Aeronáuticos colegiados que realicen el ejercicio de la actividad profesional por cuenta propia, pueden ejercer su opción por amic en cualquiera de sus modalidades (libre ejercientes, pluriactivos o mixtos y jubilados del Régimen General de la Seguridad Social) como alternativa a la afiliación y alta al Régimen Especial de Trabajadores.

desde **43€** al mes

Estamos a tu disposición en:

mutualidaddeingenieros@amic.es

T. 901 12 34 12 www.amic.es

Grupo amic



La Mutualidad
de los Ingenieros