

Técnica Industrial

320



CIBERSEGURIDAD INDUSTRIAL

LAS EMPRESAS, ANTE EL RETO DE LOS CIBERATAQUES • LOS ESPECIALISTAS EN CIBERSEGURIDAD SON LOS PROFESIONALES EMERGENTES MÁS SOLICITADOS

Entrevistas: **Ignacio González Ubierna**, subdirector de Tecnologías de Ciberseguridad del INCIBE
Belén Pérez Rodríguez, coordinadora del Centro de Ciberseguridad Industrial para la región de Galicia
Ignacio Álvarez Vargas, director de Sistemas de Comunicación y Ciberseguridad Industrial de Siemens España

- > RESOLUCIÓN DE LA CINEMÁTICA DE MECANISMO FERROVIARIO CON CÓMPUTO PARALELO SOBRE GPU
- > DIDÁCTICA EN DISEÑO INDUSTRIAL PARA IMPLEMENTACIÓN DE COMPETENCIAS E INSERCIÓN PROFESIONAL
- > DETECCIÓN DE GRIETAS DE FATIGA EN RUEDAS FERROVIARIAS BASADA EN ANÁLISIS DE FRECUENCIAS
- > 'INPUT SHAPING' PARA SISTEMAS MULTICUERPO OSCILATORIOS CON DINÁMICA DESCRITA POR DAE

Seguro Complementario **Mupiti Accidentes**

No puedes
poner la vida
en pausa



pero
sí puedes
protegerte por
menos de

20 euros
¡AL AÑO!

Mupiti Accidentes es el seguro diseñado para ser tu primera opción de cobertura básica para tus familiares en caso de fallecimiento por accidente, o para ti en caso de invalidez por accidente. Por una mínima cuota al alcance de cualquier bolsillo, puedes disfrutar de la garantía y tranquilidad de reducir las consecuencias que un accidente pueda tener para ti o los tuyos.

Riesgos cubiertos	Cobertura básica	Cobertura doble
Fallecimiento por accidente	21.000€	42.000€
Invalidez permanente absoluta por accidente	36.000€	72.000€
Invalidez permanente parcial por accidente	Hasta 18.000€	Hasta 36.000€
Invalidez permanente total por accidente	18.000€	36.000€
Prima anual	19.74€	39.48€

EL SEGURO DE ACCIDENTES AL ALCANCE DE TODOS

Infórmate en el teléfono gratuito

900 820 720

También en info@mupiti.com

www.mupiti.com



ESCUELA DE FOMENTO INDUSTRIAL E.F.I.

Presentación

La Escuela de Fomento Industrial (E.F.I.) nace en el Patronato de la Fundación Técnica Industrial como idea de fomento del motor principal de la economía de un Estado, “la industria”, sin la cual no es posible el desarrollo económico.

Fines y objetivos

El objeto y finalidad es impartir en los Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales del territorio nacional, unos cursos presenciales de desarrollo directivo en la industria, impartidos por profesionales de esta formación específica en dirección empresarial.

La E.F.I. pretende ser un apoyo y una ayuda a los directivos y técnicos de nuestra industria.

¿Qué ofrecemos?

Se trata de cursos eminentemente prácticos, dirigidos a quienes trabajan en la dirección y “staff” de las pequeñas y medianas industrias y empresas de nuestro territorio estatal, para dotarles de las herramientas necesarias con el fin de desarrollar, con mayor eficacia y precisión, su labor, mejorando procesos productivos, de gestión, estrategias, logística, suministros...

Son cursos a unos costes muy reducidos en comparación a los impartidos por centros universitarios y escuelas de negocios.

FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL

Avda. Pablo Iglesias 2, 2º - 28003 Madrid

☎ 91 554 18 06 - 💻 91 553 75 66

✉ fundacion@fundaciontindustrial.es

Cursos de la E.F.I.

Desarrollo directivo: Bloque 1º

- Lean Manufacturing
Toyota Production System (Curso 16 h.)
- Ingeniería de Procesos
Métodos y Tiempos (Curso 8 h.)
- Gestión y Control de Costes (Curso 8 h.)

Desarrollo directivo: Bloque 2º

- Estrategia y Planificación de Operaciones (Curso 20 h.)
- Logística y Supply Chain Management (Curso 24 h.)
- Gestión de Proyectos (Curso 12 h.)

Área de ingeniería forense

- Actuación pericial (Curso 16 h.)
- Valoración de industrias (Curso 24 h.)
- Reconstrucción de accidentes (Curso 32 h.)

Área de liderazgo y competitividad

- Liderazgo en la industria (Seminario 4 h.)
- Competencias del liderazgo (Curso 8 h.)
- Liderazgo entornos industriales (Curso 8 h.)

Área de gestión empresarial

- Growth engine (Curso 60 h.)

Para conocer las fechas de impartición, contacta con tu Colegio



EN PORTADA Ciberseguridad industrial

18 La industria ante al reto de la ciberseguridad

La adopción de herramientas, técnicas y procedimientos para minimizar el acceso no autorizado desde el ciberespacio a la información utilizada para gestionar las empresas e infraestructuras industriales se ha generalizado solo, de momento, en las grandes compañías. Los especialistas en este campo están ya entre los profesionales más demandados.

Mónica Ramírez

23 TRIBUNA Las necesidades formativas de nuestros ingenieros en ciberseguridad *Jorge Cerqueiro Pequeño*

24 ENTREVISTA Ignacio González Ubierna Subdirector de Tecnologías de Ciberseguridad del Instituto Nacional de Ciberseguridad.

26 ENTREVISTA Belén Pérez Rodríguez Coordinadora del Centro de Ciberseguridad Industrial para la región de Galicia.

28 ENTREVISTA Ignacio Álvarez Vargas Director del Área de Sistemas de Comunicación y Ciberseguridad Industrial de Siemens España.

Foto de portada: Shutterstock.

ACTUALIDAD

04 Ingeniería de vanguardia para discapacitados

Las tecnologías facilitan la accesibilidad y la plena inclusión de las personas con discapacidad. Solo en España hay cuatro millones de discapacitados a quienes los nuevos desarrollos están haciendo más fácil su vida cotidiana. *Joan Carles Ambrojo*

07 Detección inteligente de gases fugitivos en las plantas industriales *Joan Carles Ambrojo*

08 Los paneles fotovoltaicos de doble cara, una alternativa innovadora y más eficiente

La tecnología fotovoltaica bifacial desarrollada en Chile podría aportar hasta un 30% más de energía. *Patricia Luna*

10 ENTREVISTA Cristina Garmendia Presidenta de la Fundación Cotec. *Mónica Ramírez*

12 TRIBUNA La expansión de la impresión 3D en la automoción *Scott Sevcik*

14 ENTREVISTA Roberto Fernández Díaz Presidente de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE). *Mónica Ramírez*

15 ENTREVISTA Esteban Cuevas CEO de Needbudget.com. *Mónica Ramírez*

ARTÍCULOS

30 ORIGINAL Resolución de la cinemática de mecanismo ferroviario utilizando el cómputo paralelo sobre GPU

Resolution of the railway kinematics mechanism using parallel computing on GPU

A. Bustos, H. Rubio, C. Castejón, J. Meneses, J.C. García Prada



38 ORIGINAL Metodologías didácticas utilizadas en el diseño industrial para la implementación de las competencias marcadas y su inserción profesional

Didactic methodologies used in industrial design for the implementation of the marked competencies and their professional insertion

Enrique Soriano Heras, Jesús Manuel García Alonso, Fernando Blaya Haro, Roberto D'Amato, Manuel Enrique Islán Marcos



46 ORIGINAL Desarrollo de una metodología de detección de grietas de fatiga en ruedas ferroviarias basada en el análisis de frecuencias naturales

Development of a methodology to detect fatigue cracks in railway wheels based on the analysis of natural frequencies

Zoser Kalengayi Tshilumbu, Higinio Rubio Alonso, Alejandro Bustos Caballero, Cristina Castejón Sisamón, Jesús Meneses Alonso y Juan Carlos García Prada



54 ORIGINAL 'Input Shaping' para sistemas multicuerpo oscilatorios con dinámica descrita por DAE: Aplicación a sistemas mecánicos de transporte de piezas en cabezas

Input Shaping for Oscillatory Multibody Systems with Dynamics described by DAEs: Application to Overhead Cranes

Estela Souto Fernández, Gerardo Peláez Lourido, Higinio Rubio Alonso



INFORMES

62 Renovación de trenes de laminación: mejoras en los cilindros de trabajo para velocidades extremas

Sorin Tudor

68 Innovación de producto y procesos industriales

Juan José Lizuain Ibarrola y Mireia Muñiz Mairal



INGENIERÍA Y HUMANIDADES

94 AQUILA a-LIFE, un proyecto para salvar el águila Bonelli de los tendidos eléctricos

Este proyecto, con financiación europea, estará vigente hasta 2022 y se centra en el águila de Bonelli, una de las rapaces más amenazadas de Europa.



Técnica Industrial Revista cuatrimestral de ingeniería, industria e innovación revisada por pares. www.tecnicaindustrial.es

Director: Gonzalo Casino

Secretario de redacción: Enrique Soriano Heras (Universidad Carlos III de Madrid). Consejo de redacción: Francesc Estrany Coda (Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña), Manuel Islán Marcos (Madrid, Universidad Politécnica de Madrid), Juan Antonio Monsoriu Serra (Valencia, Universidad Politécnica de Valencia), Alejandro Sotodosos Fernández (Madrid), Higinio Rubio Alonso (Universidad Carlos III de Madrid). Consejo asesor: Jorge Arturo Ávila Rodríguez (México), Manuel Campo Vidal (España), Nuria Martín Chivelet (España), Sara Nauri (Reino Unido), Jerry Westerweel (Holanda).

Colaboradores: Joan Carles Ambrojo, Patricia Luna.

Redacción, administración y publicidad: Avda. Pablo Iglesias, 2, 2º. 28003 Madrid. Tel: 915 541 806 / 809 Fax: 915 537 566. revista@tecnicaindustrial.es

Impresión: Alprint. Orilla del Azarbe, 24. 30140 Murcia. Depósito legal: M. 167-1958 ISSN: 0040-1838. ISSN electrónico: 2172-6957.

PROFESIÓN

03 Editorial Colegios profesionales (no se trata de más Estado, sino de mejor Estado)*Juan Ignacio Larraz Pló***72 Entrega de premios del concurso de iniciación a la investigación tecnológica de la UAITIE**

El Auditorio Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid acogió el 31 de mayo la entrega de los Premios 2018 del Concurso Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica, dirigido a estudiantes de la ESO y bachillerato y organizado por la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE).

**74 La CNMC advierte a la Administración que impedir a los ingenieros hacer evaluaciones de edificios vulnera la ley****75 Nueva convocatoria para certificar verificadores de líneas de alta tensión y centros de transformación****76 El TSJM respalda al Cogiti y vuelve a dar la razón a los graduados en ingeniería de la rama industrial****77 La asamblea de Unión Profesional celebrada en la sede del Cogiti elige presidenta a Victoria Ortega****77 El Boletín Oficial del Estado publica los nuevos estatutos del Cogiti y los colegios****78 Entregados los premios del concurso de diseño industrial de la ETSIDI patrocinado por el Cogiti****79 FCC Medio Ambiente y Cogiti firman un convenio de colaboración en materia de formación y empleo****79 Convenio de formación con el Colexio Oficial de Enxeñeiras e Enxeñeiros Químicos de Galicia****80 Cogiti y Ackermann firman un acuerdo para colaborar en el fomento del empleo de ingenieros****80 ENTREVISTA José Antonio García Socio director general de Ackermann Solutions.****82 El Cogiti y COIGT firman un convenio de colaboración para establecer sinergias en materia de formación****82 El Cogiti y la Asociación de Trabajadores Autónomos exploran vías de colaboración****83 El Consejo General se incorpora a la European Young Engineers para promocionar a los ingenieros júnior****84 La Escuela de Béjar celebra el acto de graduación de los estudiantes e inaugura una escultura****85 Unión Profesional firma un protocolo con la Agencia Española de Protección de Datos****86 TRIBUNA A pesar de nuestras universidades.***Antonio Miguel Rodríguez Hernández***87 Congreso de Ingenieros Profesionales en la Industria 4.0 organizado por Cogiti Alicante y la UPV en Alcoy****88 TRIBUNA Pericia forense.***Domingo Villero Carro***91 Avanzados modelos de análisis estructural al alcance de todos los usuarios****92 Engineida, nueva plataforma participativa de la UAITIE**

Técnica Industrial Fundada en 1952 como órgano oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales, es editada por la Fundación Técnica Industrial, vinculada al Consejo General de la Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España (Cogiti).

Fundación Técnica Industrial**Comisión Permanente****Presidente** José Antonio Galdón Ruiz**Vicepresidente** Juan Ignacio Larraz Pló**Secretario** Gerardo Arroyo Gutiérrez**Tesorero** José María Manzanares Torné**Interventor** Fernando Blaya Haro**Vocales** Antonio Miguel Rodríguez Hernández y Angélica Gómez González**Gerente** Luis Francisco Pascual Piñero**Patronos**

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales (UAITIE), Cogiti y Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales, representados por sus decanos:

A Coruña Macario Yebra Lemos**Álava** Alberto Martínez Martínez**Albacete** Emilio Antonio López Moreno**Alicante** Antonio Martínez-Canales Murcia**Almería** Francisco Lores Llamas**Aragón** Juan Ignacio Larraz Pló**Ávila** Fernando Martín Fernández**Badajoz** Vicenta Gómez Garrido**Illes Balears** Juan Ribas Cantero**Barcelona** Miquel Darnés i Cirera**Bizkaia** Alberto García Lizaranzu**Burgos** Agapito Martínez Pérez**Cáceres** Fernando Doncel Blázquez**Cádiz** Domingo Villero Carro**Cantabria** Enrique González Herbera**Castellón** José Luis Ginés Porcar**Ciudad Real** José Carlos Pardo García**Córdoba** Manuel Caballano Bravo**Gipuzkoa** Santiago Beasain Biurrarena**Girona** Jordi Fabrellas Payret**Granada** Isidro Román López**Guadalajara** Juan José Cruz García**Huelva** David Muñoz de la Villa**Jaén** Rafael Fernández Mesa**La Rioja** Jesús Vellilla García**Las Palmas** José Antonio Marrero Nieto**León** Francisco Miguel Andrés Río**Lleida** Ramón Grau Lanau**Lugo** Jorge Rivera Gómez**Madrid** Jesús E. García Gutierrez**Málaga** José B. Zayas López**Manresa** Àngel Vilasau Soler**Región de Murcia** César Nicolas Martínez**Navarra** Luis Maestu Martínez**Ourense** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez**Palencia** Jesús de la Fuente Valtierra**Principado de Asturias** Enrique Pérez Rodríguez**Salamanca** José Luis Martín Sánchez**S. C. Tenerife** Antonio M. Rodríguez Hernández**Segovia** Fernando García de Andrés**Sevilla** Ana Mª Jáuregui Ramírez**Soria** Levy Garjo Tarancón**Tarragona** Antón Escarré Paris**Toledo** Ángel Carrero Romero**Valencia** Angélica Gómez González**Valladolid** Francisco Javier Escribano Cordovés**Vigo** Jorge Cerqueiro Pequeño**Vilanova i la Geltrú** Xavier Jiménez García**Zamora** Jose Luis Hernández Merchán

Colegios profesionales (no se trata de más Estado, sino de mejor Estado)

“Ya irá a visitarle un técnico” es una frase sumamente común y, casi siempre, desprovista de significado suficiente. En el mero ámbito doméstico ocurre a menudo: ante una filtración que corroe las paredes o una avería eléctrica peligrosa que genera descargas sin que se dispare el diferencial, se anuncia la llegada del “técnico”, sin más. La gama de profesionales a quienes se denomina técnicos es inacabable y la denominación obedece, principalmente, a la decisión de su empleador que, a menudo, es también su presunto formador.

Ese es uno de los riesgos, poco percibidos por la sociedad, que dejan de correrse cuando, tras el técnico, hay una organización colegiada profesional. Los colegios profesionales son organizaciones expertas y responsables, amparadas por la ley con deberes estrictos, deontológicos e inspectores, que congregan en España y en Europa a millones de profesionales liberales –en ejercicio libre–, cuya actualización constante y su adaptación a las necesidades de la sociedad se plasmó en nuestra Constitución y, a escala de la Unión Europea, en el Tratado de Roma.

No toda actividad legal está amparada por una legislación profesional específica ni tutelada por una representación de esa profesión sujeta a las leyes y con el deber de hacerlas cumplir, en beneficio –esto se olvida con frecuencia– de la sociedad, del usuario, del cliente, ya sea individual o corporativo, persona física o jurídica, particular o pública.

“LOS COLEGIOS PROFESIONALES PUEDEN SER COOPERADORES EXCEPCIONALMENTE CUALIFICADOS DEL LEGISLADOR Y DEL GOBERNANTE”

Los colegios profesionales, por su experiencia histórica, pueden ser cooperadores excepcionalmente cualificados del legislador y del gobernante en lo tocante a redefinir la naturaleza de una profesión y las condiciones exigibles a quien la ejerce.

Los profesionales presentan, por descontado, servicios, pero el acto profesional no se agota en eso y tampoco es siempre un acto mercantil ni administrativo. Todo ello necesita actualización, porque no solo hay nuevas profesiones, sino modos nuevos de ejercer las ya existentes, y, sin afán intervencionista, es un deber social que haya controles que eviten la mala praxis, también en procedimientos, métodos y protocolos innovadores que carecen de precedentes.

No es una actitud estatista, sino previsor y de tutela de los derechos sociales. No se trata de más Estado, sino de mejor Estado.

No es una petición extravagante, puesto que nuestra Constitución dedica su artículo 36 a esta materia desde hace cuatro decenios.



Foto: Shutterstock.

Las profesiones acreditadas y relevantes deben en buena medida su prestigio a que están respaldadas –garantizadas, podría decirse– por un colegio profesional, cuya existencia misma reduce drásticamente la incertidumbre y la desconfianza. Lo cual se debe, entre otras cosas, a que se ocupa de la tarea supervisora y de a formación continuada de sus miembros.

A raíz de la crisis económica de 2007 y a causa de los episodios de aventurerismo político que vive España, se oye decir con frecuencia a personas representativas que nuestra actividad económica requiere estabilidad política, seguridad jurídica y confianza social. En los tres ámbitos opera positivamente el Colegio Profesional, pues aporta un referente permanente para todo un sector de titulados profesionales, se atiene a las prescripciones legales y actualiza su conducta al ritmo del cambio legal y, en fin, por su preocupación deontológica delimita moralmente los márgenes en que han de operar sus afiliados.

Terminaré este artículo con las palabras pronunciadas por el Presidente de Unión Profesional en el I Congreso Nacional de Profesiones: “En los últimos 30-40 años, la planta de las profesiones colegiadas ha experimentado una enorme expansión y dispersión acompañada, también hay que decirlo, de alguna confusión y olvido de misión esencial. Una desviación que, en un marco influido por dinámicas meramente económicas, podría eclipsar la razón de ser y la esencia de las profesiones: un compromiso especial auto exigido, con la ética social, con el conocimiento experto y con la independencia de criterio y toma de decisiones”.

Tras el I Congreso Nacional de Profesiones organizado por Unión Profesional esperamos de esta asociación supracolegial que ejerza el liderazgo ante la Unión Europea para armonizar, actualizar y dar dimensión e importancia al acto profesional.

Juan Ignacio Larraz Plo

Decano del Colegio de Graduados en Ingeniería de la rama industrial, Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de Aragón



Ensayo de exoesqueleto con una paciente en el laboratorio de la Universidad de A Coruña. Foto: UPC.

Ingeniería de vanguardia para discapacitados

Las tecnologías facilitan la accesibilidad y la plena inclusión de las personas con discapacidad. Solo en España hay cuatro millones de discapacitados a quienes los nuevos desarrollos están haciendo más fácil su vida cotidiana. Su incorporación al trabajo sigue siendo la gran asignatura pendiente

Joan Carles Ambrojo

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 15% de la población mundial, unos 900 millones de personas, padece algún tipo de discapacidad. En los últimos años, ingenieros y diseñadores vienen desarrollando cada vez más aplicaciones y artillugios destinados a mitigar las dificultades a las que se enfrentan estas personas y favorecer su autonomía.

El colectivo de personas con discapacidad es cada vez más numeroso: se calcula que en España son 4 millones de personas, de las cuales 1,5 millones están en edad laboral. Las tecnologías desarrolladas por ingenieros técnicos pueden convertirse en un poderoso aliado, tanto en su vida cotidiana, como en el acceso al mercado de trabajo. Pero las medidas son todavía insuficientes. Sin ir más lejos, con relación a Internet y las redes sociales, el Observatorio Estatal de la Discapacidad advierte de la persistencia

de la brecha digital en las personas con discapacidad y de las barreras para acceder a la web en igualdad de condiciones, según datos del informe Olivenza 2017.

El trabajo es otra de las asignaturas pendientes de las tecnologías inclusivas. A pesar de los grandes avances en materia de empleo de las personas con discapacidad, la desigualdad sigue patente: solo el 37,9% de las personas con discapacidad es activa (tiene empleo o lo busca); de los 1,3 millones de personas con discapacidad en edad laboral, solo una cuarta parte trabaja, frente al 58,2% de la población general; la tasa de paro sigue siendo superior entre la población con discapacidad (32,2%, frente al 24% de la población en general).

Principales usuarios

Según una encuesta de la Fundación Adecco, el 84% de personas con discapacidad asegura que las nuevas tecnolo-

gías han mejorado su vida y el 60% dice ser usuario de aplicaciones específicas. Los usuarios que hacen mayor uso de estas aplicaciones son aquellos con discapacidad visual (77%) y los que tienen discapacidad auditiva (73%), seguidos de la física (65%) y la intelectual (50%).

Las tecnologías de la información y la comunicación permiten a las personas con discapacidad buscar empleo *online*, eliminando el factor desplazamiento, y desempeñar ciertos puestos de trabajo para los cuales antes estaban excluidos. Una persona con discapacidad motora puede teletrabajar o manejar ratones de diadema, mesas regulables en altura y teclados con teclas de gran tamaño y trabajar como administrativo. Y también localizar lugares de ocio y turismo accesibles a través de aplicaciones como Accessibility y Disabled Park, puntos negros de un municipio (bordillos, socavones, estrecheces) y permitir localizar a una persona

con discapacidad en cualquier momento, con la *app* CerQana.

La discapacidad visual tiene solución con pantallas de gran formato, lectores de pantalla, impresoras de braille y lupas que amplían la vista hasta un 1.500%. También mediante *apps* como el ayudante inteligente Siri o el VoiceOver, en Apple, y el servicio de accesibilidad Google Talk Back o Lazzus (creado por CIDAT), un asistente para los desplazamientos que crea un campo de visión auditivo.

Los problemas auditivos se corrigen con intérpretes de lengua de signos, emisoras de frecuencia modulada o prótesis auditivas. Petralex es un aparato auditivo artificial que funciona por los mismos principios que los dispositivos portables habituales; Padius es una *app* que permite a las personas sordas realizar llamadas telefónicas a través de tecnologías de síntesis y reconocimiento de la voz.

La oferta tecnológica para las personas con discapacidad intelectual es residual, añade el informe: son *apps* basadas en pictogramas intuitivos como Pictogramas.es o un sistema para que las personas con trastorno del espectro autista u otras discapacidades similares puedan centrarse en una única tarea.

En 2016, la fundación AMPANS premió a un equipo de investigadores de la Universidad Rey Juan Carlos por su proyecto DEDOS, para la realización de actividades educativas en mesas multi-contacto y actividades colaborativas para personas con discapacidad cognitiva y trastorno del espectro autista. Por su parte, investigadores de la Universidad

Carlos III de Madrid (UC3M) han desarrollado una tecnología pionera, denominada Stage-sync, para que las personas con discapacidad auditiva y visual puedan disfrutar en el teatro de los espectáculos musicales. La experiencia tuvo lugar en el teatro Calderón de Madrid con la comedia musical de Broadway *La Familia Adams*. Esta innovación incluye un *software* que permite, mediante un sistema de realidad aumentada, ver los subtítulos adaptados y a un intérprete de lengua de signos de forma totalmente individual, y escuchar la audiodescripción, a las personas ciegas, de forma individual. Además, el sistema se sincroniza automáticamente con la obra, sin intervención humana, gracias a técnicas de inteligencia artificial que detectan lo que sucede en el escenario. Después, el espectador recibe los contenidos de accesibilidad a través de la aplicación GoAll. Stage-sync va aprendiendo a medida que se van realizando representaciones y se adapta a los cambios de ritmo y actores que se suelen producir en el teatro. Utilizando técnicas de *deep learning* combinadas con procesamiento de audio consigue una sincronización perfecta entre la representación y los elementos de accesibilidad.

Discapacidades neuromusculares

La prevalencia de las enfermedades neuromusculares es elevada, en torno al 1 por 1.000 de la población mundial. En España se estima que hay más de 30.000 personas con lesión medular, y cada año se producen entre 800 y 1.000 nuevas lesiones, en su mayoría por cau-

sas traumáticas relacionadas con los accidentes de tráfico. La parálisis cerebral afecta a uno de cada 500 nacidos en el país, y la incidencia de esclerosis múltiple es de 47.000 casos.

La lesión medular conlleva complicaciones secundarias, como la diabetes y la osteoporosis, implica elevados costes económicos para el paciente y complica su inclusión social y laboral. Estas personas podrían caminar de forma autónoma si dispusieran de un exoesqueleto robótico para asistir de forma externa el movimiento de las piernas anulado por la lesión. Sin embargo, la mayoría de los exoesqueletos que están actualmente en el mercado tienen un coste económico elevado, son difíciles de manejar y no están adaptados al paciente. Una innovación española puede cambiar este paradigma. El exoesqueleto ABLE (Assistive BioRobotics Low-cost Exoskeleton) ha sido diseñado y desarrollado por el Laboratorio de Ingeniería Biomecánica (BIOMEC) de la Universidad Politécnica de Cataluña, que pertenece al Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica (CREB). Más económico, ligero e intuitivo, este dispositivo se personaliza a la capacidad funcional del paciente. Su diseño parte de soportes pasivos, que se fabrican en la ortopedia y que ya tienen la mayoría de pacientes, y se les añade solo los mecanismos y sensores esenciales para facilitar la recuperación funcional de la marcha. Son tres sus componentes modulares: un sistema de actuación en la rodilla que hace la función de músculo artificial, un sensor situado en la zona de la tibia que detecta la intención del usuario y una mochila que contiene la electrónica y una batería. Este proyecto fue uno de los tres que recibieron una mención de la EIT Health del European Institute for Innovation & Technology y se ha desarrollado en el marco del Plan Nacional de I+D, en el que también han participado grupos de investigación de la Universidad de A Coruña y de la Universidad de Extremadura.

La Fundación del Lesionado Medular y la empresa social Mouse4all también colaboran para promover el uso de dispositivos móviles entre los afectados por lesiones medulares. La solución de accesibilidad Mouse4all permite a las personas con discapacidad motora grave, consecuencia de una parálisis cerebral, lesión medular, tetraplejía, esclerosis múltiple, esclerosis lateral amiotrófica o enfermedad neuromuscular, manejar la pantalla táctil de un móvil inteligente o tableta con solo mover una palanca con el



Mouse4all permite manejar la pantalla táctil con la cabeza. Foto: Mouse4all.

mentón o clicar pulsando con la cabeza. Esta innovación permitirá aumentar la privacidad, autoestima y autonomía de las personas con discapacidad física, permitiéndoles estar conectados con sus amigos y familia.

Otra es una iniciativa enfocada a personas con necesidades especiales es la empresa Eneso, cofundada por la ingeniera de telecomunicaciones Esther García Garaluz en el Parque Tecnológica de Málaga. enPathia, su primer proyecto que lanzó hace unos años, es un periférico que sustituye el ratón y el teclado para controlar el ordenador o la tableta con los movimientos de la cabeza. Está pensado para personas que hayan perdido la movilidad del cuello para abajo, como tetrapléjicos, pacientes de enfermedades neurodegenerativas o con parálisis cerebral grave. La próxima versión será inalámbrica, más compacta y compatible con varios sistemas operativos.

Cátedras Indra

Bajo el nombre de Cátedras Indra de Tecnología Accesible, Indra colabora con 11 universidades españolas y 3 de Latinoamérica para desarrollar soluciones y servicios innovadores en el área de accesibilidad e inclusión. Por ejemplo, la Universidad Carlos III de Madrid trabaja en el proyecto Light Access Logistics. Pretende desarrollar un sistema de comunicaciones basado en luz visible (utilizando leds de bajo coste) que sea capaz de llevar codificada información útil para ser procesada por el usuario en un entorno de actividad logística. El usuario puede captar dicha información de forma cómoda y sin interacción por su parte haciendo uso de un pequeño receptor óptico que recoge la luz visible y descodifica los datos enviados desde el emisor. Este receptor podría ir embebido en un sistema flexible insertado como *wearable* en una vestimenta. Este sistema se puede incorporar de forma inmediata al puesto de trabajo de la persona con diversidad funcional, transmitiéndole de manera precisa la información necesaria del producto almacenado.

Las ventajas de este tipo de comunicación frente a tecnologías inalámbricas como *wifi*, Bluetooth o RFID es la mayor seguridad desde el punto de vista de la salud del usuario, y barato, al emplear la infraestructura básica de la iluminación del edificio y componentes ópticos y eléctricos económicos, de fácil adquisición y reposición. Es un sistema confinado al



Reloj DOT con pantalla en braille. Foto: DOT.

área que ilumina la luz del *le3d*, que no interfiere con otro tipo de comunicaciones inalámbricas como las anteriormente mencionadas y no requiere de ninguna autorización previa para su instalación al utilizar parte del espectro electromagnético libre. Según los investigadores, el grupo de beneficiarios potencial son personas inmigrantes con dificultades con el idioma y usuarios con algún tipo de deficiencia auditiva.

El proyecto e-Glance, de la cátedra Indra-Adecco en CTB, desarrolla una aplicación de realidad aumentada para personas con discapacidad visual. Esta tecnología ofrece información relevante sobre su entorno, mediante vibraciones y sonidos en el *smartphone*. De esta forma, mejora su percepción y orientación espacial y, por tanto, facilita su adaptación al lugar de trabajo y su integración laboral, al poder realizar de forma sencilla tareas como planificar una ruta en medio de múltiples obstáculos móviles u obtener información sobre la localización e identificación de personas y objetos a distancia.

Por su parte, la cátedra del Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica CREB-UPC desarrolla la *app* inclusiva Smile @Work, que permite el aprendizaje en el entorno laboral para personas con discapacidad intelectual. Está basada en la tecnología de los juegos y entornos realistas en 3D, similares a entornos laborales reales y situaciones que ponen a prueba las capacidades profesionales y personales de los trabajadores.

El proyecto APR (Asistente Personal Robótico), desarrollado por la cátedra Indra-Fundación Adecco en la Universidad de Lleida, desarrolla un asistente robótico móvil que pueda desplazarse con facilidad en un entorno doméstico o de trabajo. Aunque el robot aún no está listo para su comercialización, sí se ha probado y validado el concepto de telepresencia y sus funcionalidades y se han desarrollado

pruebas de funcionamiento en condiciones reales en el entorno universitario, muy similar al de oficina.

Tecnologías de escucha

Menos del 20% de las personas con pérdida de audición usan audífonos, según investigadores de la universidad Carlos III, que desarrollan el proyecto Audismart, lo que pone de relieve la necesidad de nuevos enfoques para las tecnologías de escucha, con el fin de reducir la brecha entre los que tienen pérdida de la audición y los que son capaces y están dispuestos a acceder a la atención. Con AudiSmart, la persona que tiene baja audición podrá ponerse unos auriculares, incluso inalámbricos, en su teléfono inteligente, y la *app* personalizable, mediante algoritmos específicamente diseñados, modificará las distintas frecuencias del sonido amplificando unas y reduciendo otras para conseguir el sonido óptimo, haciendo este un entorno más incluyente.

La Fundación Vodafone España anuncia que se encuentra abierta la convocatoria pública de los Proyectos de Transformación Digital, con el objetivo de apoyar nuevas iniciativas basadas en la innovación tecnológica aplicada a las personas con discapacidad, que favorezcan su plena inclusión y participación en nuestra sociedad. Este proyecto forma parte de Conectados por la Accesibilidad, una comunidad de personas, entidades y organizaciones que sirve de punto de encuentro para conseguir, a través del uso de soluciones y herramientas TIC, ser un referente para los procesos de transformación digital en los entornos de vida de las personas con discapacidad. En esta comunidad participan actualmente más de 150 entidades locales. Más de 4.095 personas con discapacidad y profesionales comparten retos y experiencias que empoderan a las personas con discapacidad y contribuyen a su desarrollo personal.

Detección inteligente de gases fugitivos en las plantas industriales

Un innovador sistema de visión español permite detectar fugas de gases nocivos y contaminantes en industrias y sistemas de transporte de gas

Joan Carles Ambrojo

Las emisiones fugitivas han estado afectando a la industria desde hace décadas. No solo son responsables de la contaminación ambiental y causa de problemas de salud, que han llevado a los Gobiernos a tomar enérgicas medidas reguladoras, sino también han provocado pérdidas millonarias a las industrias por productos perdidos en el medio ambiente e interrupciones no planificadas de la producción y operaciones. Sensia Solutions, la *spin-off* del Laboratorio de Infrarrojos de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), ha desarrollado un sistema capaz de detectar fugas de gases nocivos y contaminantes. El objetivo es convertirlo en una herramienta asequible, simple y eficaz para los técnicos e ingenieros en el campo.

Este sistema está orientado a detectar descargas de gas producidas por accidentes, daños o disfunciones en instalaciones o componentes. La tecnología diseñada por Sensia tiene como objetivo conseguir una cadena de producción industrial más segura, limpia y eficiente, y ha despertado el interés de las industrias del petróleo y gas.

“Cualquier componente que esté orientado al transporte u operaciones de gas está sujeto a un potencial riesgo de escapes, con todos los riesgos que ello conlleva, tanto para la seguridad, porque pueden ser gases venenosos o tóxicos, como por su potente efecto invernadero”, afirma Francisco Cortés, consejero delegado de Sensia Solutions. La invención de esta empresa puede detectar fugas de gases que son normalmente invisibles para el ojo humano. Una cámara térmica y un *software* permiten captar la energía que emiten los gases en determinadas regiones del espectro infrarrojo. “Podemos ver perfectamente y con absoluta claridad la fuga del gas”, añade Cortés.

Sensia ha logrado combinar por vez primera en el mercado el Sniffer (componente que permite cuantificar el gas) y el Optical Gas Imaging (permite identificar la fuga), de forma que en un solo equipo trabajan simultáneamente. Cortés, también



Francisco Cortés, consejero delegado de Sensia Solutions e investigador de la UC3M. Foto: UC3M.

investigador de la UC3M, destaca una reducción de la huella de carbono de hasta el 70% “del que se beneficiará la industria, aparte de un ahorro de coste muy significativo por el incremento en la eficiencia de la operación y en el mantenimiento de las instalaciones”. Cortés considera que esta solución más tarde o más temprano penetrará en el ámbito doméstico para el control de potenciales fugas en las calderas o en los vehículos propulsados por gas.

Una de las opciones del sistema es la instalación permanente de equipos de control de gases en plantas industriales, que automáticamente alertan en caso de fugas y posibles incendios, algo especialmente en instalaciones que manejan gases explosivos. La versión portátil está destinada a los técnicos en inspecciones periódicas y también existe la opción de instalar el equipo a bordo de drones, para el control aéreo de gasoductos. De hecho, dentro del proyecto GaSes se realizaron con éxito pruebas de campo en las instalaciones de Total en Lacq (Francia).

Pymes innovadoras

Estos productos han sido financiados a través del proyecto GaSes, otorgado por la Comisión Europea bajo el programa Horizon 2020, que tiene como objetivo fomentar el desarrollo de alta tecnología en pymes innovadoras.

Sensia también ha llevado su tecnología de imágenes espectrales infrarrojas innovadoras para la detección de fugas al gigante aeronáutico Airbus. Una detección temprana de fugas en los aviones puede reducir drásticamente los costes de las tareas de mantenimiento, reparación y operaciones. En la actualidad, las compañías de aviación usan varios procedimientos estándar de detección, pero consumen mucho tiempo. La nueva técnica consiste en introducir un gas traza a través de los diferentes sistemas de la aeronave para detectar cualquier fuga eventual con el Optical Gas Imaging de Sensia. El resultado son imágenes de infrarrojos claras e intuitivas para determinar la ubicación exacta de la fuga y evaluar su magnitud, con gran precisión y sensibilidad para detectar incluso fugas minúsculas.

El sistema de Sensia se ha beneficiado de la transferencia de tecnología espacial de vanguardia a sistemas ópticos de imágenes de gases para aplicaciones espaciales. El LIR-UC3M es responsable del instrumento Sensor de Polvo, previsto para estar a bordo de la plataforma de superficie ExoMars 2020. La tecnología empleada en el espacio está sujeta a fuertes restricciones de consumo de masa, volumen y energía, además de requisitos operativos ambientales extremos.

Los paneles fotovoltaicos de doble cara, una alternativa innovadora y más eficiente

La tecnología fotovoltaica bifacial desarrollada en Chile podría aportar hasta un 30% más de energía y estaría lista en los próximos años con aplicaciones en el hogar y en edificios sostenibles

Patricia Luna, Santiago de Chile

Un grupo de investigadores chilenos ha demostrado la eficacia de los paneles solares de dos caras o bifaciales, que podrían generar hasta entre un 25% y un 30% más de energía en las plantas fotovoltaicas si se comparan con los paneles tradicionales. Los paneles solares bifaciales convierten directamente la radiación solar en electricidad por ambas caras, a diferencia de los actuales, que solo actúan por un lado.

“La investigación demuestra que los módulos fotovoltaicos bifaciales son una alternativa innovadora para la industria local y mundial, porque mediante sus dos caras pueden generar más energía eléctrica por unidad de superficie frente a las tradicionales”, señaló Enzo Sauma, director del Centro de Energía y vicedecano de Ingeniería de la Universidad Católica, en la presentación del proyecto. El estudio comparó los paneles bifaciales con los de silicio policristalino de capa fina.

“En algunas situaciones en las que hay reflectividad alta del terreno, por ejemplo, un terreno cubierto por nieve, donde hay radiación que llega a la nieve y rebota, o en ciertos lugares del desierto que tiene radiación reflejándose, se intenta aprovechar esa radiación de rebote reflejada por el terreno y entonces la cara posterior de un módulo bifacial puede convertirla en una cantidad adicional de electricidad de hasta el 30%”, explica a *Técnica Industrial* Rodrigo Escobar, profesor del Centro de Energía de la Universidad Católica y director del área de Energía Solar de la Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Dictuc) de esa universidad.

“Básicamente en el mismo terreno puedes tener una mayor producción de electricidad sin tener que invertir en una planta de mayor tamaño”, continúa.

Para aprovechar las ventajas que ofrece esta tecnología habría que tener en cuenta, sin embargo, una lógica de instalación de los paneles distinta a la que se usa en la actualidad.



Paneles solares bifaciales desarrollados en Chile. Foto: Universidad Católica de Chile.

“Los módulos convencionales se instalan normalmente en un plano inclinado, que depende básicamente de la latitud, es decir, del lugar del planeta donde se encuentran con respecto al ecuador”, señala Escobar. Sin embargo, es posible otra instalación, “por ejemplo, verticales, para lograr una mayor producción durante la mañana y durante horas de la tarde, producto de que el sol está más bajo en el horizonte, aunque se registra menor producción hacia el mediodía solar. Combinando la orientación y la inclinación puedes generar distintos perfiles de producción que se adapten a los perfiles de consumo eléctricos de demanda particulares, tipos de industria o situaciones excepcionales”, apunta el ingeniero.

Tecnología ventajosa en España

Esta tecnología sería especialmente ventajosa en lugares como España, Alemania y otros lugares del norte de Europa. “En Chile tenemos la gran ventaja de que

hay muy alta radiación y se puede hablar con certeza de que tiene la más alta radiación solar del mundo. Eso en sí va en contra de los bifaciales porque las tecnologías normales ya están produciendo entre un 30% y un 50% más de lo que producirían en Europa”, afirma el experto. “El tema de los bifaciales aún está en discusión y abierto sobre cuál será su real nivel de desempeño en Chile, pero ciertamente si tienes alta radiación y los módulos producen más un bifacial producirá aún más”, explica.

Las desventajas de los módulos bifaciales serían, además de su costo más alto, el desafío técnico referido a la receptividad o respuesta espectral de la celda fotovoltaica: “La radiación solar es una onda electromagnética que se distribuye con distintos niveles de energía en diferentes longitudes de onda, no es constante. Un módulo fotovoltaico en sí convierte solo una parte de la radiación solar, aprovechan cierta región del es-

pectro de radiación para convertirlo en electricidad. Cuando la radiación llega al suelo y rebota, que es el efecto que estamos tratando de aprovechar con los bifaciales, la distribución espectral de la onda electromagnética de radiación de rebote puede ser fundamentalmente distinta a la de la radiación solar", explica, y apunta que no hay por el momento certeza sobre la respuesta espectral real de los bifaciales. En este momento el equipo de Escobar estudia una serie de tecnologías solares fotovoltaicas emergentes, entre las que se encuentran los bifaciales, de capa fina (CdTe) y orgánicos (OPV), entre otras.

Aplicaciones en edificios

Sin embargo, el experto señala que los módulos bifaciales tienen también interesantes aplicaciones fuera de las plantas de producción masiva. "Por ejemplo, integradas en la arquitectura del edificios en casas, en barreras antirruído de carreteras y autopistas urbanas, en el campo se usa una especie de pequeños techos que tratan de dar sombra", explica. "Se están dando algunas aplicaciones de nicho en arquitectura vanguardista, buscando innovación en las formas de generar energía y vinculado a la edificación sostenible; ahí tienen un nicho de aplicación bastante interesante", concluye.

En Chile los módulos bifaciales ya se emplean en algunas plantas solares innovadoras, como ocurre en el norte con La Silla, de Enel Green Power, que abastece a un observatorio astronómico y cuenta con paneles bifaciales inteligentes, con microchip para optimizar la producción de cada panel, que no se ven afectados por el mal funcionamiento de sus compañeros. Para muchos expertos, los bifaciales son algunas de las tecnologías más prometedoras en el sector y despegarán con fuerza en los próximos años. "Los módulos bifaciales son el futuro de la industria", declaró recientemente Hongbin Fan, director técnico de la empresa china LONGi Solar a la revista especializada Solar Power World.

En Chile la energía solar ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, y en 2017 aumentó en un 100% su capacidad instalada. La energía solar constituye en la actualidad el 8% de la matriz energética actual, con una producción de 2.100 MW anuales. En total, el 18% de la energía en el país procede de renovables (el 6% eólica, el 2% biomasa y el 2% minihidro).

Nuevo sistema de iluminación de torres para el tráfico aéreo

Las innovadoras balizas luminosas se instalan a ras de suelo y la luz llega a la parte alta mediante una red de fibra óptica

Un grupo de investigadores de la Universidad de Granada, liderado por el catedrático de escuela universitaria Francisco Pérez Ocón, ha diseñado un nuevo sistema de señales luminosas (técnicamente denominadas balizas) capaz de mejorar la iluminación de las infraestructuras de elevada altura que pueden perjudicar a la navegación aérea, como torres de comunicaciones, postes, chimeneas, edificios y las propias torres de control.

En el nuevo sistema, la fuente de iluminación compuesta por ledes se ubica a ras de suelo y la luz alcanza la parte más alta de la infraestructura gracias a su distribución a través de una red de fibra óptica. De esta forma se eliminan los riesgos de instalación y mantenimiento, ya que los operarios no necesitan trabajar en altura.

La señalización y la iluminación de posibles obstáculos para la navegación aérea de determinadas alturas están pensadas para reducir el riesgo de choque de las aeronaves y ayudar a los pilotos a localizar posibles objetos que puedan interferir en la navegación.

Menos riesgos para los operarios

Según el catedrático Francisco Pérez Ocón, "la mayoría de los obstáculos en los transportes aéreos superan los 45 metros y pueden llegar hasta más de 600 (torres de telecomunicaciones, edificios, torres ornamentales o de vigilancia). Esto implica que en la instalación o en la reparación de las señales luminosas los operarios corran serios riesgos por trabajar a tales alturas, pues deben subir con arneses, cascos y otras muchas medidas de protección, además de las propias tareas de transporte de la señal y de manipulación. Hay que tener en cuenta que los operarios manejan balizas, cuyo peso ronda los 13 kilos cada una, a muchos metros de altura".

Con la fuente luminosa instalada en el suelo, el sistema propuesto por los investigadores de la UGR elimina ries-

gos, ya que los operarios no necesitan trabajar en altura, y aumenta la eficiencia y seguridad de la navegación aérea, puesto que la fibra óptica es altamente resistente a fenómenos meteorológicos, apenas necesita mantenimiento y asegura una prolongada duración, además de aligerar el peso que soporta la torre. Otra de las ventajas es su coste, mucho más reducido que el de los sistemas tradicionales.

Matriz de led y fibra óptica

En este novedoso sistema de iluminación para edificios altos, la luz emitida por una matriz de led se introduce en la cara inicial de las fibras ópticas mediante esferas integradoras y alcanza cualquier parte de la estructura que debe iluminarse. La metodología garantiza la adecuada iluminación de los elementos gracias a las bajas pérdidas de señal que produce la fibra óptica, eliminando las interferencias que empeoraban las señales de telecomunicaciones, ya que ahora no es necesario llevar cables eléctricos para alimentar las balizas.

Los elementos ópticos añadidos no alteran la señalización, ya que el sistema cumple las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO en inglés), incluidas las de condiciones extremas para operar en el Ártico.

Los autores, que publican su trabajo en la revista *Engineering Structures*, resumen que este sistema de señalización contribuye a mejorar la seguridad del tráfico aéreo (las balizas en el suelo se pueden reparar o cambiar mucho más fácilmente) y las condiciones de los trabajadores, que no tienen que ascender a alturas tan elevadas para reparar o cambiar las balizas.

Referencia:

F. Pérez-Ocón, A. M. Pozo, O. Rabaza (2017). New obstruction lighting system for aviation safety. Vol. 132 pp. 531-539. *Engineering Structures* Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.11.054>. Fuente: Universidad de Granada.

Cristina Garmendia

Presidenta de la Fundación Cotec

“El impacto de la automatización sobre el empleo obliga a replantearnos la formación de jóvenes y adultos”

Mónica Ramírez

Cristina Garmendia Mendizábal preside, desde 2015, la Fundación Cotec para la Innovación, organización privada sin ánimo de lucro cuya misión es promover la innovación como motor de desarrollo económico y social. Cotec cuenta con cerca de 90 patronos, entre empresas privadas y Administraciones de los ámbitos regional y local, y S.M. el Rey Felipe VI es el presidente de honor. En su amplia trayectoria profesional, destaca su faceta política, ya que entre los años 2008 y 2011 fue ministra de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

¿Por qué es tan importante la innovación tecnológica para un país?

La única vía para no depender del conocimiento y la tecnología que desarrollen otros países es apostar por la economía del conocimiento. España, desde la crisis, y a diferencia de lo que hace Europa y nuestro entorno, parece haber separado su recuperación económica de la apuesta por el conocimiento. En Cotec pensamos que esto es un error y esperamos que se rectifique pronto.

¿Cuáles son las claves para modernizar el sistema de ciencia e innovación en España?

En Cotec publicamos un decálogo que recoge lo que consideramos que son las principales claves para modernizar el sistema. Hay tres puntos esenciales que precisan de acciones urgentes: mejoras en el sistema educativo, aumento y estabilidad de la inversión pública y estímulos a las empresas por parte del Estado, ya que la falta de inversión privada es también su responsabilidad.

¿Cómo puede ayudar el Estado a innovar? ¿Hacia dónde deben apuntar las políticas públicas de innovación?

Hay que poner el foco de las políticas públicas en tres grandes transiciones de la economía: de lo analógico a lo digital, de lo material a lo intangible y de lo lineal a lo



Cristina Garmendia.

“Una de las fortalezas de la formación en ingeniería es la versatilidad para desempeñar diferentes funciones a lo largo del proceso de innovación”

circular. Estas tres transiciones, además, influyen directamente en el futuro del empleo, que es uno de los mayores retos que tenemos por delante en un mundo cada vez más digital y automatizado.

Necesitamos un compromiso político para hacer de la innovación una estrategia central y favorecer el desarrollo de un mercado atractivo que estimule la inversión privada en innovación. En este sentido, la compra pública innovadora, una idea surgida de la Fundación Cotec, representa una gran oportunidad para

que las Administraciones contribuyan a la creación de ese mercado.

¿Con qué expectativas se encuentran los innovadores a corto plazo?

La I+D+I tiene que pasar a ser un agente protagonista en la vida política y en ese sentido es una gran noticia contar de nuevo con un Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

¿Cuál es la tendencia actual sobre el origen de la financiación de la I+D empresarial en España?

Los recursos propios son la fuente principal de financiación de la I+D empresarial. La mermada inversión pública, y el limitado rol del sector financiero en este ámbito han hecho que, en los últimos 6 años, los recursos propios hayan incrementado en 10 puntos porcentuales su participación en la financiación de la I+D empresarial (hasta el 66% del total).

Uno de los grandes retos pendiente de acometer es el fomento de la cultura emprendedora para sacar más partido al ámbito científico. ¿Cómo se afronta en la actualidad este reto?

El último estudio del Global Entrepreneurship Monitor (GEM) nos informa de que el porcentaje de población española con intención de emprender un negocio en un plazo máximo de tres años es del 5,6%. Aunque ligeramente superior al año anterior (5,1%), el valor se sitúa entre los más bajos de todas las economías incluidas en el estudio, solo por encima de Japón (3,7%), Bosnia y Herzegovina (4,6%) y Bulgaria (5,0%). Este estudio incluye por primera vez este año un nuevo índice de Espíritu de Emprendimiento (Global Entrepreneurship Spirit Index, GESI), en el que España aparece en el puesto 44, a la cola de los 54 países entrevistados. Estos resultados son tan reveladores que nos dan pie a reflexionar sobre la situación en España de la cultura de emprendimiento y su impacto. La cultura influye de una forma transversal sobre la con-

ducta de las personas y, en este caso, de manera muy especial sobre los jóvenes que se enfrentan a la decisión de a qué van a dedicar su vida. Hay que impulsar una cultura emprendedora y ambiciosa a través de la formación, pero no centrada en promover el emprendimiento sin más, sino el emprendimiento innovador, el que puede tener un impacto más alto.

¿Qué lugar ocupa nuestro país a nivel europeo en dicho ámbito?

Según datos de la OCDE, España es, hoy en día, uno de los países desarrollados que, en relación con su PIB, presenta un menor apoyo público a la ciencia, la tecnología y la innovación que realiza el sector privado (ocupa la posición 22 entre los países de la OCDE). La falta de inversión privada en investigación y desarrollo es también, y sobre todo, un reto para las políticas públicas, puesto que son las Administraciones las responsables de crear las condiciones de entorno –regulatorio, fiscal, educativo, financiero, cultural...– adecuadas para el desarrollo de un tejido empresarial que apueste definitivamente por la I+D. Está demostrado empíricamente que el sector público ejerce un papel tractor muy importante sobre la inversión privada.

En cuanto a las patentes de innovación tecnológica, ¿cómo ha sido la evolución en los últimos años de las solicitudes presentadas en la Oficina Europea de Patentes?

En número de patentes por millón de habitantes en España descendió en 2016 tres posiciones hasta la 27ª, con 32,1 patentes por cada millón de habitantes. Estas cifras revelan que debería multiplicarse casi por 10 para situarse al nivel de Alemania y de los países nórdicos y casi por 30 para sustituir a Suiza en el primer lugar de la lista.

En intervenciones recientes, ha señalado que la Universidad debe ofrecer formación continua y olvidarse de la superespecialización. ¿Debería replantearse, por tanto, el modelo educativo actual?

La educación debe cambiar, empezando por la primaria y llegando hasta la universidad. El impacto de la automatización sobre el empleo nos obliga a replantearnos la formación que damos en la actualidad a nuestros jóvenes, pero también a nuestros adultos, porque la formación continua es más necesaria que nunca.

Hay visiones pesimistas de esta situación, ven el cambio como una amenaza. En Cotec preferimos verlo como una oportunidad histórica, si las máquinas nos pueden sustituir en tareas mecánicas y repetitivas, superespecializadas, por fin podremos liberarnos y potenciar las habilidades humanas que nos distinguen de las máquinas y en las que difícilmente podrán sustituirnos, empatía, etc.

En materia educativa, preocupa la falta de vocaciones tecnológicas y el déficit que ello puede suponer en las cifras de graduados en las denominadas áreas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). ¿Cómo se puede hacer frente a este problema?

En España estamos por delante de la UE y de Alemania, no lo estamos haciendo tan mal, lo que sí hay que tomarse muy en serio es la menor tasa de vocaciones femeninas en carreras STEM. Solo con que implicásemos a las mujeres al mismo nivel que los hombres en estos títulos, tendríamos ya resuelto el problema, dos problemas de una vez.

“Hay que mejorar el sistema educativo, aumentar la inversión pública y dar estímulos a las empresas por parte del Estado”

Cuando se habla del impacto que tendrá la transición hacia la industria 4.0, se subraya el hecho de que la robótica, la automatización y la inteligencia artificial aumentarán la productividad, pero, por el contrario, se perderá el 30% de los puestos de trabajo actuales, ¿cómo tendremos que afrontar estos cambios en el mercado de trabajo?

Tenemos que poner en valor las principales características que nos distinguen de las máquinas, como son las emociones y la empatía. Es necesario, en todos los niveles educativos, promover el valor de la flexibilidad y la adaptación al cambio. Y, por supuesto, formar también en habilidades digitales.

¿Qué papel tienen los ingenieros en el ámbito de la innovación?

Quizás una de las fortalezas en la forma-

ción en ingeniería es la versatilidad para desempeñar diferentes funciones a lo largo del proceso de innovación. Pero tal vez uno de sus principales papeles es el de dar forma a las ideas innovadoras, y llevarlas a la práctica dentro de un determinado contexto de producción.

En 2016, la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE) presentaba su herramienta de innovación *Engineida* (www.engineidea.es): la primera plataforma de innovación participativa que permite a las empresas, instituciones y Administraciones públicas presentar desafíos asociados a la innovación, a los que una “comunidad en línea de ingenieros” plantea propuestas, ideas y soluciones creativas, motivados por incentivos económicos y/o laborales. ¿Qué opinión le merecen este tipo de iniciativas?

Buenísima, en Cotec apoyamos tanto la colaboración público-privada, como la innovación abierta y el intraemprendimiento. El conocimiento ya no es propiedad de una sola organización y el trabajo en redes es imprescindible.

El pasado mes de abril, la Fundación Cotec organizó una reunión en Bruselas con los principales responsables públicos de políticas de innovación de nueve países europeos, ¿cuál era el principal objetivo de dicha reunión y cuáles fueron las conclusiones más destacadas?

El objetivo del encuentro fue una primera aproximación para identificar carencias de los actuales indicadores de innovación comunitarios, así como detectar las necesidades adicionales de información que estos agentes precisan para mejorar el impacto de sus políticas. Esta sesión de trabajo forma parte de la contribución de Cotec al proyecto Eurito, que se enmarca en el programa Horizonte 2020. Eurito es una iniciativa destinada a identificar, testar y validar una nueva generación de indicadores europeos de innovación, a partir de la extracción masiva de datos de distintas fuentes. Cotec trabajará los próximos tres años en este proyecto formando parte de un consorcio internacional de primer nivel, junto a las organizaciones Nesta (Reino Unido), Danmarks Teknise Universiteit (Dinamarca) y Franhoufer-Gesellschaft (Alemania).

Tribuna

La expansión de la impresión 3D en la automoción

Scott Sevcik

El sector de la automoción fue uno de los primeros en aprovechar todas las ventajas de la impresión 3D. Este sector, que durante mucho tiempo utilizó esta tecnología como herramienta para el prototipado rápido, ha liderado las ventas de materiales e impresoras 3D de gama alta en los últimos años. Este dato se ha mantenido oculto ya que los cautelosos estudios de diseño no tenían intención de revelar su arma secreta. La impresión 3D ha supuesto una importante contribución al proceso de diseño de automóviles al reducir los plazos y costes de diseño, y al hacer posible adaptaciones sobre la marcha con múltiples iteraciones en cuestión de horas. La tecnología y los materiales seguirán avanzando, así que se trata de una tendencia para el futuro próximo.

El paso a la fabricación en serie

Durante los últimos años, la propuesta tecnológica de la impresión 3D se ha ampliado considerablemente desde su uso *tradicional* en el prototipado rápido para los estudios de diseño de automóviles hasta la fabricación de piezas de producción en serie para la línea de montaje. La creación de herramientas a medida para aumentar la eficacia de la planta de fabricación es una de las principales nuevas aplicaciones de la impresión 3D en el sector de la automoción actualmente. Por eso, los sistemas de Stratasys son ya un elemento de uso común en las plantas de fabricación y en toda la cadena de suministro de automoción.

Por ejemplo, Opel Alemania ha utilizado la impresión 3D de Stratasys para las herramientas de fábrica y ha transformado la línea de producción interna mediante flujos de trabajo más rápidos y eficaces. Otro ejemplo es Volvo Trucks en Francia, que ha empleado la tecnología de impresión 3D Fortus de Stratasys para diseñar abrazaderas, guías, piezas para sujetar herramientas y soportes ligeros y resistentes para la línea de producción de su centro de Lyon. Con la sustitución de las

herramientas metálicas y la impresión en 3D de herramientas personalizadas para uso directo en la fábrica, Volvo Trucks calcula que, en el caso de la producción de pequeñas cantidades de herramientas, el coste de las piezas impresas en 3D con material termoplástico ABS puede ser de tan solo 1 €/cm³. El coste de la misma pieza en metal sería de 100 €/cm³. Básicamente, Volvo Trucks ha pasado de diseñar y fabricar herramientas tradicionalmente hechas de metal en 36 días a necesitar tan solo dos días para fabricarlas con el material termoplástico ABSplus, lo que supone una reducción del plazo en más del 94%. De manera similar, al otro lado del Atlántico, en Estados Unidos, Ford también ha empleado nuestra tecnología basada en FDM para la fabricación de piezas individuales y de herramientas para la línea de producción.

La producción de grandes volúmenes, como se realiza en las líneas de montaje del sector de automoción, es excepcionalmente sensible a la eficacia de los tiempos del ciclo. Si en una línea de montaje se realiza la misma operación miles de veces al año, el ahorro de unos pocos segundos en el proceso supone un ahorro de miles, incluso millones, de dólares. El desarrollo de nuevos materiales y tecnologías por parte de Stratasys y otras empresas de tecnología de fabricación aditiva amplía los límites de lo que se puede hacer. Gracias a los termoplásticos FDM sólidos y duraderos, que pueden resistir las condiciones extremas de los entornos de fabricación, los fabricantes de automóviles pueden crear herramientas personalizadas a petición, revisar guías, fijaciones y herramientas sobre la marcha para mejorar el diseño y reducir el peso.

Además, la fabricación aditiva puede mejorar los procesos y entornos de trabajo para los operarios de la línea de producción, lo que representa un nuevo valor añadido *más allá* de las ventajas más evidentes y fáciles de cuantificar asociadas con el ahorro de tiempo y costes con la pro-

ducción de herramientas. En este caso, la posibilidad de imprimir en 3D herramientas personalizadas para operarios concretos permite reducir al mínimo las lesiones por esfuerzo repetitivo (LER) que siempre influyen en el flujo de trabajo de fabricación.

Facilitar el trabajo

Los materiales de producción son fundamentales para cualquier uso de la impresión 3D. El desarrollo de los materiales es una constante en Stratasys. Los ingenieros trabajan, entre otras cosas, para aumentar la resistencia química para la exposición al combustible y también para conseguir combinaciones óptimas de dureza, ductilidad y rigidez para una máxima durabilidad. La introducción de nuevos materiales, como el nailon 12 reforzado con fibra de carbono que se lanzó en 2017, está haciendo posible nuevas aplicaciones en el sector de la automoción. Los materiales compuestos para impresión 3D combinan la resistencia del metal con la ligereza del plástico.

Gran parte de la atención de los medios se ha centrado últimamente en los fabricantes del sector aeroespacial que han conseguido grandes ahorros sustituyendo las piezas metálicas más pesadas por piezas resistentes y ligeras impresas en 3D en material termoplástico. El sistema 900mc de Stratasys es la auténtica máquina de producción industrial de la fabricación aditiva con termoplásticos. Gracias a proyectos de colaboración selectivos con empresas del sector aeroespacial, Stratasys ha podido desarrollar una metodología de procesos y configuración que permite una enorme repetibilidad. Aunque se ha desarrollado en el contexto de certificación de piezas para el interior de aviones para la FAA y la EASA, el concepto básico de propiedades mecánicas muy repetibles es exactamente lo que requieren los procesos de aprobación de piezas en el sector de la automoción.

Los factores del mercado de automoción son igual de exigentes. La necesidad

de aumentar la eficiencia en el uso del combustible no va a desaparecer, con los grupos medioambientales y los políticos ejerciendo una presión constante. Los vehículos más ligeros requieren menos energía, ya sea por el menor consumo o a la mayor duración de la batería. La fabricación aditiva no solo ofrece la opción de piezas ligeras, sino que también permite optimizar las ratios rendimiento/peso mediante diseños geométricos complejos que, sencillamente, no pueden conseguirse con otras tecnologías.

Al tiempo que los fabricantes de automoción realizan estas investigaciones, también descubren más aplicaciones para incorporar un mayor número de piezas impresas en 3D en los automóviles.

Producción descentralizada

Otra forma de reducir el impacto medioambiental y los costes de producción es utilizar la producción descentralizada. La fabricación aditiva permite la producción descentralizada, pero mantiene la coordinación centralizada. Hoy en día, si un fabricante produce el mismo vehículo en dos centros situados en lados opuestos del planeta, el diseño y los componentes serán iguales en gran medida, pero las herramientas y los procesos de producción a menudo serán totalmente diferentes. Se trata de un riesgo que los fabricantes asumen actualmente. También es un proceso poco eficiente porque es posible que dos proveedores de herramientas produzcan diseños diferentes para la misma fijación de montaje. Gracias a la posibilidad de centralizar digitalmente y descentralizar físicamente, se puede crear la fijación más eficiente y distribuirla después mediante un archivo CAD a todas las fábricas que realicen esa operación. Así, los fabricantes aprovechan las ventajas de las cadenas de suministro descentralizadas sin el riesgo de las ineficiencias localizadas.

Rápida personalización

En el polo opuesto de la producción en serie tenemos los vehículos deportivos y de lujo, que normalmente exigen componentes personalizados que resultan muy costosos porque se producen en cantidades muy pequeñas y, a menudo, se hacen totalmente a medida. La capacidad de imprimir piezas personalizadas sin mecanizado puede reducir la inversión y agilizar la producción, dos elementos prioritarios para los ingenieros de automovilismo.

Así lo pone de relieve McLaren, una escudería de fórmula 1 cliente de Stratasy,



Con la tecnología de fabricación aditiva de Stratasy, Volvo Trucks ha reducido los plazos de fabricación de determinadas abrazaderas, plantillas y soportes de 36 a 2 días. Foto: Stratasy.

que se mueve en un ámbito deportivo que exige modificaciones constantes en el coche simplemente para adaptarlo a los retos específicos de cada carrera. McLaren utilizó la impresión 3D FDM para producir un nuevo alerón en menos de dos semanas durante la temporada 2017 del Campeonato del Mundo de Fórmula 1. El equipo imprimió en 3D una herramienta de molde en resina ULTEM1010 para crear la forma del alerón. En este caso, las propiedades del material ULTEM 1010 lo convierten en la opción perfecta para el proceso de curado de estructuras de materiales compuestos. De forma similar, en el mundo de las carreras IndyCar y NASCAR, la escudería Team Penske ha reducido el tiempo de producción en un 70% gracias a la fabricación aditiva para imprimir patrones maestros y moldes directos.

Lamborghini también ha recurrido a la impresión 3D para crear piezas de producción muy resistentes y suficientemente robustas para soportar las condiciones extremas de las carreras de gran velocidad, y también la necesidad de crear geometrías complejas en plazos muy ajustados. Una vez demostrada la eficacia de la impresión de piezas de producción, el departamento técnico de carrocerías de Lamborghini utilizó también el equipo de producción 3D Fortus 400mc para producir modelos a escala y piezas de prototipos funcionales avanzados para comprobar los diseños y la idoneidad en cuanto a ajuste y forma.

Además, otra área en la que la capacidad de la impresión 3D para la personalización tiene un enorme ámbito de aplicación es en los vehículos de servicios públicos y de emergencia de gran tamaño. Estos vehículos, que a menudo son muy avanzados, deben tener interiores personalizados para acomodar una diver-

sa gama de equipos y aparatos, como es el caso de las unidades de intervención de urgencia.

Qué viene a continuación

Históricamente, las piezas personalizadas estaban casi exclusivamente restringidas a los vehículos de lujo y de carreras, pero en la última década, las ediciones especiales y los vehículos de producción limitada son cada vez más comunes, incluso dentro de las marcas de producción en serie. Aunque las eficiencias de la producción en serie siguen impulsando la mayoría de los componentes comunes de estos vehículos, el diseño, la personalización y las características únicas de estos vehículos de producción especial son ahora más económicos gracias a la impresión 3D.

Con el auge de los vehículos autónomos y de propiedad compartida, también hay que tener en cuenta una nueva dinámica. ¿Cómo sería el aspecto del coche si el conductor no tuviera necesariamente que ocupar el asiento delantero con las manos en el volante? A lo largo de la historia, esa posición ha sido la característica clave que ha definido el interior del vehículo. ¿Se podrá utilizar el interior de los vehículos del futuro para fines distintos equipándolos, por ejemplo, con una mesa y una silla, o un sofá y un televisor? ¿O una cama para arañar unos minutos más de sueño durante el desplazamiento al lugar de trabajo? Las posibilidades son ilimitadas y, sin duda, veremos que el interior del vehículo podrá servir para múltiples propósitos. Más flexibilidad y más opciones, que en última instancia significan personalización masiva con producción en serie de la misma pieza una y otra vez.

Scott Sevcik es vicepresidente de Soluciones de Fabricación de Stratasy.

Roberto Fernández Díaz

Presidente de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE)

“No hay futuro en España si no hay un buen futuro para la Universidad”

Mónica Ramírez

Roberto Fernández Díaz (L'Hospitalet de Llobregat, 1954), rector de la Universidad de Lleida desde 2011, es presidente de CRUE desde octubre de 2017, así como miembro correspondiente de la Real Academia de la Historia y Premio Nacional de Historia en 2015. También ha sido presidente de la Asociación Catalana de Universidades Públicas (ACUP). Entre las líneas maestras que marcan la Agenda Política de la CRUE destacan tanto el fortalecimiento y la promoción del sistema universitario español, con la demanda de un pacto de Estado por la Universidad, como de las comunidades universitarias, con la necesidad de una mayor financiación y el desarrollo de políticas que mejoren la docencia (calidad formativa de grados y másteres) y la situación actual del profesorado y del personal de administración y servicios (PAS). La reducción de las tasas universitarias y el aumento de las becas y ayudas a los estudiantes también figuran entre las peticiones.

¿En qué situación se encuentran las universidades españolas?

A nivel estrictamente académico, y con permiso de Salamanca, que este año cumple ocho siglos, puedo afirmar que tenemos la mejor universidad de nuestra historia. Ahora bien, si hablamos de la financiación, de la situación de los profesores, investigadores, personal de administración y de la política de becas y ayudas, la universidad española afronta una situación muy delicada. Yo le diría que no podemos aguantar un día más. La universidad y las familias han hecho un enorme esfuerzo en los años de la crisis y no se les puede exigir que lo sigan haciendo durante más tiempo. Ha llegado el momento de poner en primera línea de actuación a la universidad española. Por eso hemos trasladado al ministro de Educación una agenda política en la que subrayamos la necesidad de que el Parlamento elabore una nueva ley de universidades y la conveniencia de que esa reforma legislativa



Roberto Fernández Díaz.

se lleve a cabo a través de un pacto de Estado. No hay futuro en España si no hay un buen futuro para la universidad.

¿Y en comparación con las universidades europeas?

Es cierto que no tenemos ninguna universidad en el top 100, pero estamos entre los 10 países del mundo con más universidades entre las 800 mejores; tenemos incluso cuatro titulaciones entre las 10 mejores del mundo. En cuanto a producción científica y número de investigadores más citados, ocupamos la undécima posición. Y todo esto, siendo uno de los países de la OCDE y de la UE que menos gasta en I + D + i. Imagínese dónde podríamos llegar si los políticos colocasen a la universidad en la primera línea de sus prioridades. No hace mucho leí un artículo publicado por el Foro Económico Mundial en el que su autor afirmaba: “Lo más importante para el ciudadano medio no es si tiene universidades como Stanford u Oxford, sino más bien la calidad de las universidades a las que probablemente sus hijos asistan”. Y

esa es nuestra realidad. Tenemos un ecosistema universitario en el que está garantizado que todos los estudiantes recibirán una formación dentro de unos buenos parámetros de excelencia, independientemente de la universidad en la que tengan que estudiar. Es algo esencial para la cohesión territorial y social.

¿En qué puede mejorar la universidad?

Nos queda mucho por hacer en internacionalización, tanto los profesores como los alumnos. Solo en unas 10 universidades se supera el 5% de profesores extranjeros y en cinco, el 15% de alumnos internacionales. También es una asignatura pendiente la transferencia de conocimiento. En producción de patentes, solo representamos el 0,67% de la producción mundial. Son retos que estamos dispuestos a asumir si los políticos deciden ponernos en su agenda de prioridades.

¿Cuáles son las principales funciones y objetivos de la CRUE?

Nuestra misión es contribuir a la potenciación y mejora de la educación superior, a través de la cooperación interuniversitaria y del diálogo entre las universidades, los poderes públicos y los agentes sociales. Nuestra visión, favorecer el pensamiento crítico, la libertad, el pluralismo y los valores democráticos; promover el respeto a los derechos humanos y el medio ambiente; defender la justicia, la independencia y la igualdad; contribuir al progreso sostenido y sostenible de la sociedad española, y estimular la comunicación y el diálogo.

Hay quien comenta que falta una mayor adecuación de los estudios universitarios a las necesidades de la realidad empresarial. ¿Qué opina sobre ello?

Que antes de pasar a criticar la oferta de titulaciones, le dedicaría unos minutos a un par de reflexiones. La primera, que el tejido productivo español es el que es, con el 95% de microempresas con un menor desarrollo tecnológico que en otros países de nuestro entorno. La segunda

reflexión, y cito al Instituto para el Futuro de Palo Alto, en California, que el 85% de los trabajos que existirán en 2030 aún no se conocen. ¿Hacemos entonces un cambio radical de nuestra oferta de estudios para adecuarnos a una realidad que puede cambiar en unos años? Cuidado con precipitarse. La Universidad no está al servicio del mercado, sino del bienestar y la equidad social. Nuestro objetivo debe ser ofrecer una buena formación de base, con un alto grado de transversalidad y con conocimientos que permitan a nuestros egresados una rápida adaptación a las necesidades del mercado. No lo debemos de estar haciéndolo tan mal cuando de 2008 a 2017 se crearon más de un millón de puestos de trabajo para trabajadores con titulación superior mientras que se destruían casi tres millones de empleos con requisitos formativos inferiores.

¿Es necesario que la universidad tienda más puentes con la empresa?

Por supuesto que sí. La mayoría de nuestras universidades cuentan ya con programas de cátedras de empresa y cada año aumentan el número de *start-ups* y *spin-offs* que se desarrollan en nuestros campus. Pero podemos y debemos estrechar más las relaciones con las empresas mejorando y aumentando los programas de prácticas académicas externas.

Algunas voces critican el excesivo número de titulaciones que hay. ¿Cuál es su respuesta al respecto?

Es cierto que debemos continuar realizando un mayor ajuste de la oferta de grados a la demanda, ya que en el curso 2015-16 todavía teníamos en las universidades públicas el 12% de títulos de grado con menos de 20 alumnos de nuevo ingreso. Pero también lo es que este porcentaje era del 18% en el curso 2008/2009. Nos estamos adaptando a un ritmo más que razonable.

¿Qué opinión le merece la opción del máster integrado en la titulación, mediante el cual el alumno que accede desde primer curso realiza un itinerario que incluye el máster obligatoriamente para obtener la titulación que corresponde, en lugar de realizar el grado más el máster como hasta ahora?

La única respuesta que puedo darle es que desde CRUE estamos estudiando las ventajas e inconvenientes que puede tener el nuevo sistema. Es pronto todavía para tener una opinión definitiva.

¿Cómo es la relación que mantiene la CRUE, o las universidades en general, con los colegios profesionales?

La relación institucional con los colegios profesionales viene siendo en general fluida y colaborativa, en especial en lo relativo a la confección de nuestros programas y al seguimiento y relación con nuestros egresados, que también son sus colegiados. Muchas universidades y colegios no solo mantienen relaciones institucionales, sino que también realizan actividades conjuntas dirigidas a sus colegiados y estudiantes de últimos cursos.

¿Qué se podría hacer para lograr una mayor colaboración?

Desde el respeto y el entendimiento de la diferente misión que tienen las universidades y los colegios profesionales, un mayor diálogo sobre los conocimientos y competencias que requiere el ejercicio profesional puede ser muy enriquecedor para ambas instituciones. Sería muy positivo trabajar más estrechamente en el marco de los programas propios de formación continua para mejorar la empleabilidad de estudiantes y profesionales.

“La Universidad no está al servicio del mercado, sino del bienestar y la equidad social”

¿Han cambiado mucho los alumnos/as en las últimas décadas?

Exactamente al mismo ritmo que la sociedad. Se muestran, comparados con otras generaciones, más escépticos respecto de la política, pero más comprometidos con causas solidarias. De hecho, el voluntariado comienza a ser algo habitual entre los universitarios. Y luego está el tema de las nuevas tecnologías. Su acceso a la información no tiene nada que ver con lo que hemos conocido en otras épocas. Ellos son nativos digitales y eso tiene su lado positivo, porque tienen acceso ilimitado a todo tipo de contenidos, pero también su parte negativa, ya que la sobreinformación a la que se ven expuestos les hace muy complicado discriminar y elegir fuentes realmente solventes. Todo lo leen a través de sus dispositivos electrónicos y su cultura es fundamentalmente audiovisual, lo que está modificando su capacidad narrativa y expresiva.

Son más inmediatos y directos a la hora de escribir y hablar.

¿Y el profesorado?

También evoluciona. No podía ser de otra manera. Son más cercanos a los alumnos y están más comprometidos con la innovación docente. Yo les veo más como entrenadores del conocimiento y generadores de debate porque son capaces de combinar la sabiduría de la clase magistral con la destreza de las nuevas tecnologías. Prefieren la *auctoritas* a la autoridad.

Las mujeres graduadas en educación superior son el 53,1%, frente al 46,9% de hombres; sin embargo, la mujer todavía está infrarrepresentada en el mundo académico. ¿A qué piensa que puede ser debido?

Hay un techo de cristal que debemos romper. Pero para hacerlo, antes tenemos que establecer un buen diagnóstico de las causas por las que teniendo un número proporcionado de doctoras e investigadoras de base, cuando subimos peldaños hacia puestos de responsabilidad nos encontramos con un desequilibrio llamativo. Ahora mismo, en CRUE solo hay 12 rectoras frente a 65 rectores. Algo está fallando y debemos corregirlo.

¿Cómo se imagina la universidad española dentro de 20 años?

Como la de mayor equidad social del mundo. La que garantizará la total igualdad de oportunidades a todos los españoles a través de un acceso asegurado a todos aquellos que deseen estudiar y como la que, además, lo hará en un nivel de excelencia que estará entre los 10 mejores del mundo.

En 2015, fue recibido el Premio Nacional de Historia de España; ¿qué supuso para usted este reconocimiento?

Soy historiador y tengo la obligación deontológica de ofrecer el mejor conocimiento posible del pasado. Cuando recibí el Premio Nacional de Historia sentí que había estado a la altura de lo que merecían mis alumnos. Fue una gran satisfacción pensar que le había devuelto a la universidad una parte de todo lo que ella me había dado y que había aportado mi granito de arena para visibilizar la importancia que tiene para la equidad social de un país contar con un sistema educativo que permite al hijo de un bedel llegar a ser rector de su universidad.

Esteban Cuevas

CEO de Needbudget.com

“No paramos de crecer, pero necesitamos cubrir el hueco de técnicos, con más empresas y autónomos”

Mónica Ramírez

Esteban Cuevas, ingeniero técnico industrial por la Universidad Politécnica de Cartagena, es CEO de Needbudget.com, además de ser el fundador y CEO del Grupo Esteban Cuevas S.L., dedicado a la gestión y expansión de cuatro marcas propias con el modelo de franquicia e Internet.

Needbudget.com empieza a funcionar en febrero de 2016 como plataforma web para la solicitud de presupuestos de productos y servicios a través de internet. Los usuarios solicitan presupuestos y la plataforma les pone en contacto con las empresas o autónomos adecuados. La plataforma reúne a cientos de empresas y profesionales dispuestos a ofrecerles sus servicios en el mismo momento en que los necesitan. Debido al éxito de la plataforma, reciben una gran cantidad de solicitudes, y tienen la necesidad de registrar muchas empresas para atender a todos los usuarios. De ahí, surgió la idea de franquiciar el registro de empresas en zonas determinadas concediendo exclusividad y cartera de ingresos. Por lo que desde octubre de 2016, implantaron el concepto de franquicia, en la que están inmersos.

¿Cómo surgió la idea de crear el portal Needbudget.com?

Tenemos una empresa de ingeniería y éramos clientes de portales similares; asimismo, apareció la necesidad de captar trabajos para nuestra red de oficinas franquiciadas. Pensamos en crear nuestra propia herramienta, sin cuotas mensuales; solamente se paga por *lead* adquirido.

¿Existe alguna iniciativa similar en nuestro país?

Sí, la más conocida es Habitissimo, pero a nuestro entender tiene varias cuestiones mejorables, y que con Needbudget.com hemos conseguido, para mejorar la experiencia de las empresas y profesionales que la utilizan. No cobramos cuota



Esteban Cuevas.

“El grueso de las solicitudes llega de Madrid, Barcelona, Sevilla, Valencia y Bilbao, y sobre todo lo relacionado con la construcción”

mensual, ya que cobramos por *lead*; verificamos a todos los usuarios que hacen las ofertas de trabajos; o precio por *lead* muy económico.

¿Cuándo se puso en marcha?

Empezamos hace año y medio. No paramos de crecer en las solicitudes, pero nos haría falta cubrir el hueco de profesionales técnicos con más empresas y autónomos (ingeniería, climatización, renovables, instalaciones, etc.).

¿Cómo funciona Needbudget.com?

Los usuarios hacen solicitudes de trabajos, y en función de la localidad y el servicio, se envían a las empresas y profesionales registrados. Las empresas adquieren los datos del solicitante-cliente a cambio de créditos (moneda interna de la herramienta).

En el caso de los ingenieros que estén interesados en ser usuarios de la plataforma, ¿qué tienen que hacer?

Registrarse a través de la web en <https://needbudget.com/registro.php>, siguiendo los pasos que se indican. Es gratis.

¿Qué ventajas aporta NeedBudget.com tanto a las empresas como a los particulares?

Para los usuarios, solo tienen que entrar en Needbudget.com y describir el servicio que necesitan, en menos de un minuto, además de decidir cuántas propuestas quieren recibir, hasta un máximo de cinco. En cuanto recibimos el aviso, lo filtramos y lo enviamos al momento a las empresas y profesionales que están capacitados para llevar a cabo el proyecto solicitado. De este modo, las empresas interesadas le enviarán sus propuestas y contactarán con el cliente en caso de que sea necesario. Si lo desean, pueden consultar la ficha de las empresas que hayan contactado con él. Finalmente, de entre todas las propuestas recibidas, tendrá que elegir la que mejor se adapte a sus necesidades. Y en cuanto a las empresas, les llegan los *leads* de clientes interesados de verdad a su correo electrónico, con el ahorro de tiempo y dinero que ello supone. Somos su portal comercial de calidad.

¿Qué sectores profesionales abarcan?

En principio, nos llegan solicitudes de trabajos de toda España y de casi todo tipo de producto y servicio, pero el grueso de las solicitudes llega de Madrid, Barcelona, Sevilla, Valencia y Bilbao, y sobre todo lo relacionado con la construcción (proyectos, reformas, instalaciones y demás).

¿Qué perspectivas de crecimiento tiene Needbudget.com?

Nuestro primer objetivo es llegar a gestionar más de 1.000 solicitudes mensuales, para ello necesitamos empresas y profesionales serios que atiendan a la demanda.

COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es



Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados en Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos el renovado PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás el mejor Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

PROMOCION
especial



dmELECT
Software de Instalaciones

PACK COMPLETO
dmELECT

77%

Descuento

Instalaciones

- en Edificación
- en Urbanización
- Térmicas

~~P.V. 2.100€ + IVA~~

495€ + IVA



ALP CMAT AIRECOMP RSF



CT ARAST CATE REFRIGERANTE



SOLTE CIEBT ALCAN REDBT



GASCOMB IPCI RENOVABLES CONDUCTOS



REDAT SANEA FONTA CMBT



VIVI



La industria ante al reto de la ciberseguridad

La adopción de herramientas, técnicas y procedimientos para minimizar el acceso no autorizado desde el ciberespacio a la información utilizada para gestionar las empresas e infraestructuras industriales se ha generalizado solo, de momento, en las grandes compañías. En España, la mayor concienciación sobre la necesidad de implantar y mantener medidas de ciberseguridad industrial se concentra en los sectores eléctrico, nuclear, petrolero y gasista, aunque la tendencia empieza a ser palpable en otros sectores. Los especialistas en este campo están ya entre los profesionales más demandados

Mónica Ramírez

La revolución industrial es un hecho y ha venido para quedarse. Sin embargo, lo más reseñable de este panorama es que la transformación digital necesita ir acompañada de una "estrategia digital", y según el estudio España 4.0: el reto de la transformación digital de la economía, elaborado por Siemens PLM y Roland Berger, solo el 38% de las empresas cuenta con ella. Hablamos de la conexión integral de las distintas áreas de la economía y la manera en la que los profesionales de cada sector se adaptan a las nuevas condiciones que imperan en la economía digital, basada en los pilares de la información digital, la automatización de procesos mediante inteligencia artificial, computación en la nube, la conectividad y el internet de las cosas.

Los avances tecnológicos plantean a las empresas numerosos retos, a la vez que se convierten en generadores de nuevas oportunidades. Se vislumbra, por tanto, un nuevo modelo industrial en el que la innovación y el desarrollo serán más colaborativos, se reducirán los tiempos de respuesta, los medios productivos serán más flexibles y estarán conectados y los canales de distribución serán digitales. Cada vez es más frecuente que los procesos de fabricación automatizados incorporen sistemas integrados de gestión con máquinas conectadas en red e, incluso, con sistemas corporativos y remotos para permitir la gestión desde que se tramita el pedido hasta que se expide el producto al cliente.

Perjuicio económico y reputacional

Sin embargo, con la adopción de todos estos sistemas tecnológicos, las empresas industriales también se exponen a nuevos riesgos, ya que pueden ser detectados por ciberdelincuentes, que logran acceder a ellos y causar graves perjuicios, tanto económicos como de reputa-

ción, en las empresas a las que atacan. Por ello, es imprescindible conocer los riesgos a los que las empresas industriales están expuestas y poner en marcha mecanismos que eliminen o, al menos, reduzcan su impacto. La ciberseguridad se convierte, pues, en una prioridad, que aborda todo un proceso y, como tal, los planes para llevarlo a cabo deben revisarse periódicamente, ya que las amenazas cambian y evolucionan constantemente.

Un informe de la firma de servicios profesionales PwC señala que el 74% de las pymes ha sufrido algún tipo de ataque cibernético

Lo recomendable es diseñar un plan director de ciberseguridad en el que se definan y prioricen los proyectos de seguridad necesarios para las empresas. Por ello, de estos planes se derivan, a su vez, una serie de normativas de uso interno y unos procedimientos para verificar su cumplimiento.

El término ciberseguridad industrial define "el conjunto de prácticas, procesos y tecnologías, diseñados para gestionar el riesgo del ciberespacio derivado del uso, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información utilizada en las organizaciones e infraestructuras industriales, utilizando las perspectivas de personas, procesos y tecnologías".

Por desgracia, en España, la adopción de herramientas, técnicas y procedimientos enfocados a la resiliencia de las empresas, hoy en día solo se encuentra en las grandes empresas industriales, o en aquellas en las que debido a su alto perfil de exposición son objeto de ataques cibernéticos. A ellas podemos añadir otras

empresas caracterizadas por la deslocalización de sus centros productivos y la consiguiente necesidad de acceder de forma remota a sus sistemas de control industrial, lo que hace que estén expuestas a un alto riesgo cibernético.

El Centro de Ciberseguridad Industrial (CCI) publicó recientemente, con la colaboración del CERTSI (CERT de Seguridad e Industria), un estudio titulado *Estado de la Ciberseguridad Industrial en España. Evolución y futuro* y en el que se refleja que la mayor concienciación sobre la necesidad de implantar y mantener medidas de ciberseguridad industrial se concentra en los sectores eléctrico, nuclear, petrolero y gasista. Sin embargo, también es cierto que esta tendencia comienza a hacerse palpable en otros sectores, como el del transporte, el químico y del agua, debido principalmente a los requisitos regulatorios de la Ley para la Protección de Infraestructuras Críticas (LPIC) española.

Mayor concienciación

Las empresas de menor tamaño, al ser menos probable que se vean afectadas por los requisitos regulatorios de la LPIC, no suelen contar con la ciberseguridad entre sus prioridades. No obstante, esta circunstancia está cambiando gracias a que hay un mayor nivel de concienciación general en los sectores industriales, debido, en parte, a que las organizaciones de mayor tamaño están siendo, lamentablemente, víctimas de ciberataques. En este sentido, un reciente informe publicado por la firma de servicios profesionales PwC, *Information security breaches survey*, señala que el 74% de las pymes ha sufrido algún tipo de ataque cibernético.

Por su parte, el citado informe del CCI revela que casi el 60% de las organizaciones analizadas están inmersas en la formalización de sus procesos de gestión e incidentes de ciberseguridad, o en mu-



Foto: Shutterstock.

chos casos, incluso, ya los tienen establecidos. Sin embargo, todavía hay más de un 10% de organizaciones en las que no existe dicha gestión de los riesgos tecnológicos, o en las que solo se aplican medidas de forma reactiva, cuando ya han sufrido algún ataque cibernético.

Modelo defensivo en profundidad

La industria 4.0 afecta a toda la cadena de valor industrial, incluyendo aspectos muy importantes como son las comunicaciones y la ciberseguridad. No podemos obviar el hecho de que cada vez existe una mayor conectividad de las máquinas y las plantas y, como consecuencia, han aparecido nuevos riesgos que deben ser mitigados.

“Para hacer frente a esta realidad con éxito, es recomendable que las empresas adopten un modelo de protección para asegurar la disponibilidad de las instalaciones. Uno de los más utilizados es el llamado modelo de defensa en profundidad (*defense in depth*, en inglés), que ofrece una excelente protección y consigue unas ratios muy altas. Es un modelo que nace a partir de las recomendaciones del conjunto de normas ISA 99 y el estándar desarrollado a partir de estas: IEC 62443, que es el estándar

líder en seguridad en la automatización industrial. Además, es un modelo que se basa en tres conceptos: seguridad de planta, seguridad de red e integridad del sistema”, explica José Luis Doñoro Ayuso, responsable de Comunicaciones Industriales-Automatización Industrial de Siemens.

Además, los expertos en ciberseguridad indican una serie de medidas básicas que habría que considerar:

- Hacer un inventario de los sistemas y un análisis de riesgos para establecer un plan de seguridad.
- Bloquear el perímetro, limitando con firewalls todas las zonas que no deban tener conexión con el exterior.
- Actualizar todos los sistemas, incluidos los de seguridad como firewall, IPS, antimalware, etc.
- Reforzar los controles de acceso local y remoto.
- Monitorizar y registrar los incidentes.
- Gestionar la configuración de los sistemas y mantener backups actualizados.
- Llevar a cabo auditorías rutinarias.
- Estar preparado, con un buen plan de contingencia para peor de los casos.
- Preparar al personal para reconocer las amenazas y riesgos de las tecnologías que se vayan adoptando.

Departamentos coordinados

Los departamentos de tecnología de la información (TI), seguidos de los de seguridad física y operaciones, son los que más habitualmente asumen la responsabilidad de la ciberseguridad industrial. Con el fin de mejorar el conocimiento requerido para la gestión de la CI, es necesario fomentar el trabajo en equipo entre los departamentos de TI y OT (Operation Technology) de las organizaciones. Las áreas que más participan en las acciones de ciberseguridad industrial son las que tienen relación con algún tipo de seguridad, y las que son conscientes de los posibles impactos que los incidentes de ciberseguridad podrían tener sobre el negocio (operaciones, ingeniería). Por ello, es preciso concienciar a los directivos sobre la necesidad y las implicaciones de la ciberseguridad industrial.

La mayor parte de los proyectos de ciberseguridad industrial que se afrontan hoy en día están motivados por procesos de mejora continua y la respuesta a incidentes. Muchas organizaciones tienen previsto el desarrollo de acciones en ciberseguridad industrial de manera inminente y en todos los sectores de la industria, lo que conlleva que los presupuestos destinados a ello tenderán a crecer.

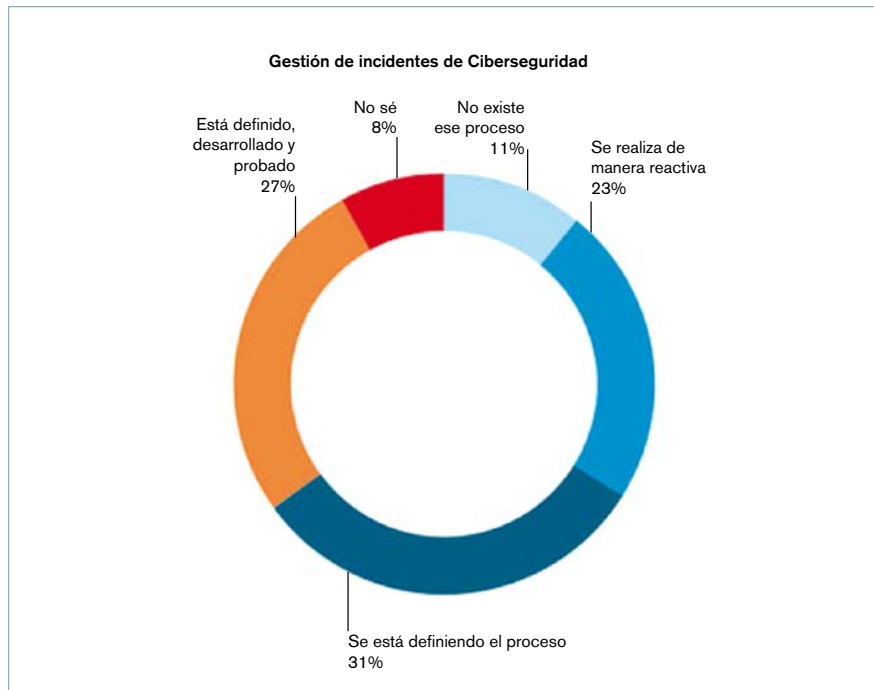
Reglamento de protección de infraestructuras críticas

Ante esta realidad, la seguridad industrial comienza a estar regulada, en parte, en diferentes países. Algunos ejemplos son la Ley de Seguridad de Alemania, la certificación ANSSI en Francia y la NERC CIP en EE UU. En España, tenemos el R. D. 704/2011, que aprueba el reglamento de protección de infraestructuras críticas, y servirá para desarrollar la citada Ley PIC. En el R. D. se definen las responsabilidades de organismos como el Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE) y el Centro Nacional para la Protección de las Infraestructuras Críticas (CNPIC), que desarrollan su labor para conseguir aumentar el nivel de protección de las empresas industriales, en general, y las infraestructuras críticas, en particular. En la actualidad, hay un acuerdo entre ambos organismos para gestionar el CERT de Seguridad e Industria (CERTSI) desde donde se gestionan las incidencias de ciberseguridad que puedan afectar a la prestación de los servicios esenciales. El CERTSI se constituyó en el año 2012 a través de un acuerdo marco de colaboración en materia de ciberseguridad entre la Secretaría de Estado de Seguridad y la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información. Actualmente es regulado mediante acuerdo de 21 de octubre de 2015, suscrito por ambas Secretarías de Estado.

El CNPIC es el órgano responsable del impulso, coordinación y supervisión de todas las políticas y actividades relacionadas con la protección de las infraestructuras críticas españolas y con la ciberseguridad en el seno del Ministerio del Interior. El CNPIC depende del secretario de Estado de Seguridad, máximo responsable del Sistema Nacional de Protección de las Infraestructuras Críticas y de las políticas de ciberseguridad del Ministerio.

El CNPIC fue creado en el año 2007, mediante Acuerdo de Consejo de Ministros de 2 de noviembre, y sus competencias están reguladas por la Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas y por el Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo, por el que se aprueba el reglamento de protección de las infraestructuras críticas.

El director del CNPIC, Fernando Sánchez, ha asegurado que en lo que se refiere a los sectores estratégicos, el nivel



Fuente: Informe Estado de la Ciberseguridad Industrial en España del CCI.

de ciberseguridad es alto, aunque siempre existe opción de mejora, y ha garantizado que el más crítico, que es el energético y las TIC "está bien securizado".

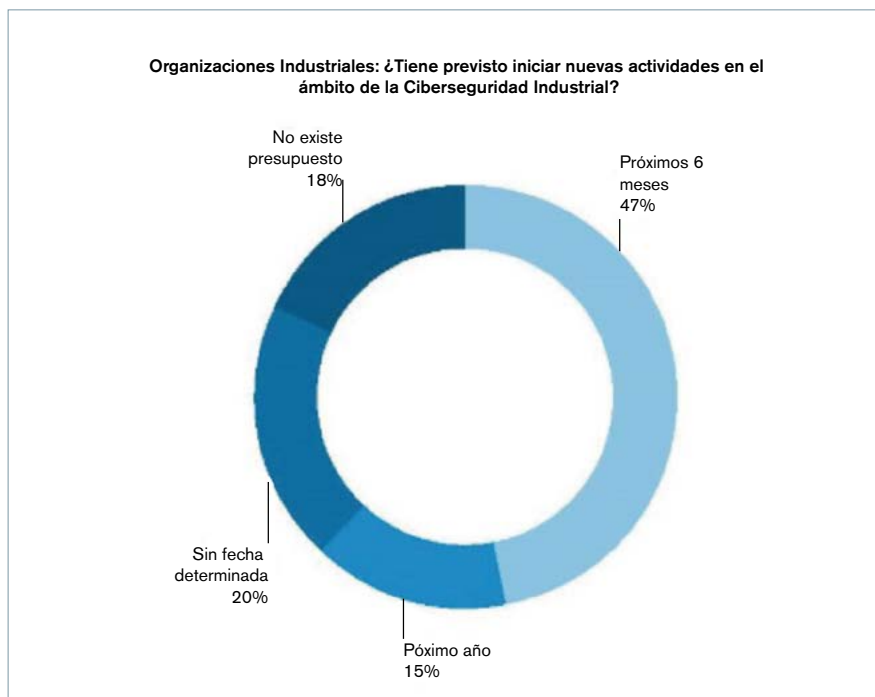
Sectores estratégicos

También ha anunciado que el organismo que dirige, encargado de la protección cibernética de sectores estratégicos como electricidad, agua potable, sanidad, transporte, telecomunicaciones, petróleo o alimentación, adscrito a la Secretaría de Estado de Seguridad, incorporará un plan estratégico para el ámbito de la salud este año. Fernando Sánchez ha señalado que España "está haciendo los deberes, aunque con carencias y áreas de mejoras" en el ámbito de su estrategia de ciberseguridad, que a su juicio está bien planteada. Asimismo, resalta el dato de que el año pasado se registraron un total de 885 ciberincidentes sobre sectores estratégicos, aunque no todos ellos fueron contra infraestructuras críticas, sino contra sus operadores, y fueron escasos los que resultaron problemáticos para los servicios esenciales. Para el director del CNPIC, el nivel de concienciación de los operadores estratégicos es alto, ya que más del 80% cumple perfectamente con el informe de incidentes y solo un 20 % va más retrasado, tanto por falta de medios y capacidades como por falta de concienciación, en ocasiones por una cuestión reputacional de las empresas.

Como consecuencia de la Directiva 2008/114/CE (NIS), relativa a las medidas destinadas a garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y los sistemas de información en la Unión Europea (UE), España aprobó la Ley 8/2011 de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas (Ley PIC), y su texto de desarrollo, el Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo (Reglamento PIC), en el que se fue más allá de las exigencias de la propia Directiva PIC, regulando aspectos que no estaban considerados en la misma. Como resumen, la ley introducía las siguientes cuestiones:

- Sectores estratégicos. La Ley PIC establecía como sectores estratégicos los dos referidos en la Directiva PIC (Energía y Transporte) y otros en la misma línea que la Directiva NIS (sistema financiero y tributario, tecnologías de la información y las comunicaciones, salud y agua). Además, amplía sectores no considerados por la Directiva NIS (instalaciones de investigación, industria nuclear, espacio, Administración, industria química y alimentación). Al final crea 12 sectores críticos.

- Servicios esenciales. La esencia de ambas normas es proteger los servicios esenciales que se prestan en esos sectores estratégicos y garantizarlos en la mayor medida posible. La Directiva NIS establece que se deben valorar, como



Fuente: Informe Estado de la Ciberseguridad Industrial en España del CCI.

mínimo para cada uno de los subsectores que se indican en ella, qué servicios han de considerarse esenciales para el mantenimiento de actividades sociales y económicas vitales y determinar si las entidades enumeradas en los sectores y subsectores que prestan esos servicios cumplen los criterios de identificación de los operadores. En este sentido, la Ley PIC y su reglamento de desarrollo ya establecen mecanismos para identificar los servicios esenciales a través de los planes estratégicos sectoriales (PES).

- Operadores críticos y operadores de servicios esenciales. El concepto de operador crítico (entidad u organismo que presta un servicio esencial de carácter indispensable y que, en el caso de destrucción o perturbación, tendría un grave impacto) debe aprovecharse para identificar a los operadores esenciales NIS de primer orden. El concepto de operador esencial tiene un calado inferior al concepto de operador crítico, pero siempre que el servicio que preste dependa de las redes y los sistemas de información, debe ser considerado sujeto obligado en la Ley NIS. Por ello, es necesario alinear el contenido de la Ley PIC con el de la nueva Ley NIS, evitando de este modo crear inseguridad jurídica a los operadores.

Recientemente se ha aprobado una nueva directiva europea: Directiva 2016/1148/CE del Parlamento Europeo

y del Consejo de 6 de julio de 2016, cuya trasposición a la legislación española está en trámite parlamentario y dará lugar a una nueva ley PIC. Su objetivo fundamental es “regular la seguridad de las redes y sistemas de información utilizados para la provisión de los servicios esenciales y digitales, así como establecer un sistema de notificación de incidentes”.

En España, se ha establecido en el anteproyecto de ley sobre la Directiva NIS, publicado el 29 de noviembre de 2017, que esta estrategia “seguirá desarrollando el marco institucional de seguridad en la red, el cual estará compuesto, por una parte, por las autoridades públicas competentes y los CSIRT de referencia y, por otra, por la cooperación público privada”.

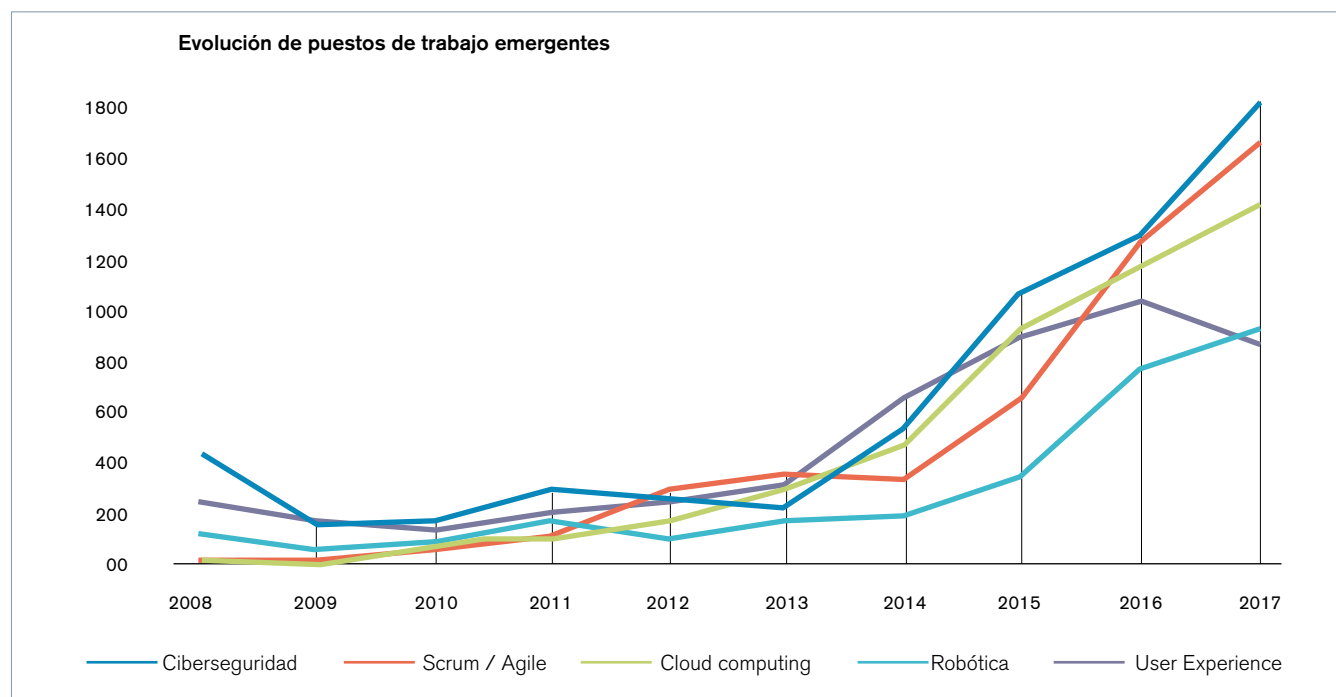
El borrador del anteproyecto sitúa por tanto al CCN-CERT (Centro Criptológico Nacional) como el CSIRT (Computer Security Incident Response Team) de referencia para el sector público y el coordinador nacional para respuestas técnicas en los supuestos de especial gravedad que se determinen.

En el caso de que la empresa no tenga ningún tipo de plan, siempre podrá recurrir a profesionales que les ayuden a gestionar el incidente, y en todo caso, podrán solicitar la ayuda del CERT-SI-CERT de Seguridad e Industria (www.certs.es), pero siempre asumiendo que en cualquier caso la solución será más lenta y costosa.

La ciberseguridad, en general, y en el ámbito industrial, en particular, seguirá en su evolución a la propia tecnología. A medida que se introduzcan nuevos mecanismos y sistemas que mejoren los procesos (*machine learning*, inteligencia artificial, etc.), se generarán nuevos retos y por tanto, y de forma inevitable, se irán creando nuevos sistemas que palien los riesgos y mejoren la seguridad. El gran reto será el de introducir todos esos avances en las pymes. Los operadores críticos (amparados por la Ley PIC) ineludiblemente estarán en el nivel de avance que les obligue la regulación que se vaya adaptando. El reto será para las pequeñas y medianas empresas que no disponen de normativa que les obligue, ni de grandes medios para hacerlo, y en la mayoría de los casos tampoco de los recursos económicos específicos para abordar este desafío. Aunque la industria 4.0 está hoy en día en todos los debates, un gran número de las pymes en nuestro entorno están todavía cerca del 2.0, y un incidente de ciberseguridad podría llegar a amenazar seriamente la supervivencia de la empresa.

Especialista en ciberseguridad del ámbito industrial

Belén Pérez Rodríguez es experta en ciberseguridad y coordinadora del Centro de Ciberseguridad Industrial (CCI) para la región de Galicia. En su opinión, durante mucho tiempo, los entornos industriales (OT) estaban aislados, sin ningún tipo de conexión al exterior, por lo que la seguridad pasaba por dos medidas: la seguridad por ocultación (si no sabes lo que pasa, no lo puedes atacar), y la seguridad física del perímetro (impedir sabotajes o accesos ilícitos a los procesos por parte de personal no autorizado). En los últimos años, debido a las mejoras de los sistemas de comunicaciones, tanto en el ámbito inalámbrico como en el cableado, se han ido incorporando dispositivos y mecanismos IT en el ámbito OT, ampliando la superficie de exposición. “Si analizas cada uno de los entornos desde el punto de vista del otro, es probable que cometas errores, básicamente por desconocimiento y premisas erróneas. En primer lugar, porque las necesidades en ciberseguridad son distintas en ambos entornos: IT es principalmente asegurar la confidencialidad de los datos, y OT es principalmente asegurar la disponibilidad, es decir, que los procesos no se paren”, explica.



Fuente: Informe anual de Infojobs-ESADE 2017

En segundo lugar, debido a las características particulares del entorno OT, algunas de las soluciones típicas de seguridad del entorno IT no se puedan aplicar. “En los entornos OT hay sistemas en los que el tiempo de respuesta es muy crítico, y muchas de las medidas de seguridad clásicas de IT generan retardos, ya que necesitan analizar los tráfico, y esas latencias no se podrían asumir. Además, muchos de los protocolos industriales no son estándar y no se podrían analizar con herramientas para IT, por lo que hay que optar por otras medidas o soluciones”, señala Belén Pérez.

Ciclos de vida largos

Por último, una de las premisas a tener en cuenta es que los ciclos de vida de los entornos industriales suelen ser muy elevados, en ocasiones más de 20 años. “Por este motivo, es muy complicado securizar un sistema que ya está funcionando, con ventanas de operación limitadas, las escasas y breves paradas de mantenimiento, y con sistemas antiguos para los que en muchas ocasiones ya no hay soporte. Al final, la ciberseguridad no es una actividad, sino un proceso continuo que debe formar parte de la organización, como uno más, y que de forma constante y permanente analice riesgos, implemente medidas y verifique sus resultados. Es evidente que todo ello sólo será posible si hay profesionales desig-

nados y con partidas presupuestarias asignadas para conseguir esos objetivos”, concluye.

Por otra parte, en términos de recursos humanos, los perfiles que hasta ahora no eran muy tecnológicos van a tener que conocer herramientas para analizar en tiempo real datos de manera masiva, de la misma forma que en la década de 1990 la ofimática dejó de ser un valor añadido en el currículum para convertirse en un conocimiento básico. El camino hacia la revolución digital y la transformación de las posiciones es inevitable.

Según el informe *Industria 4.0*, elaborado por la consultora PwC, un escaso 8% de las empresas españolas tiene en la actualidad un nivel de digitalización avanzado, frente al 33% de las empresas industriales globales. La previsión es que estas cifras aumenten en los próximos años, pero mantienen su diferencia para 2020: un 19% en España, y un 72% de media en todo el mundo.

Todo ello entraña la necesidad de contar con nuevos perfiles. Entre la lista de los nuevos puestos emergentes más demandados se encuentran los de diseñador de *software* y web, programador de *apps*, desarrollador de Big Data y especialistas en Agile/Scrum, *cloud computing* (computación en la nube), *UX design* y en ciberseguridad. En este sentido, el último informe de Infojobs señala que los puestos vacantes para estos úl-

timos (ciberseguridad) asciende a unos 1.300, y el sueldo bruto medio es de 32.400 €. Sin embargo, todos estos perfiles son tan nuevos que no hay suficientes profesionales para cubrir la demanda del mercado laboral.

Puesto emergente más solicitado

El puesto de especialista en ciberseguridad encabezó la lista de los puestos emergentes más demandados en 2016, elaborada por Infojobs y recogida en su informe anual de 2017. Las 106 vacantes publicadas en 2009 pasaron a ser 1.270 en 2016, con una competencia de 20 inscritos por vacante. Además, según la empresa IDG, se calcula que en 2019 habrá una demanda de expertos en ciberseguridad de 6 millones de personas.

Nos encontramos ante el gran reto de llevar a cabo la transformación digital, en el que los ingenieros técnicos industriales y graduados en ingeniería de la rama industrial tienen todavía mucho que aportar. Para ello, es necesario llevar a cabo acciones formativas destinadas a dotar de conocimientos y capacidades a los alumnos de la rama industrial de la ingeniería, fundamentalmente en los principales conceptos y técnicas relacionadas con la ciberseguridad industrial. De este modo, podrán adquirir las competencias necesarias para incorporarlas a su actividad profesional en el marco de las empresas industriales.

Las necesidades formativas de nuestros ingenieros en ciberseguridad

Colaboración del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Vigo

Jorge Cerqueiro Pequeño

La creciente proliferación de los sistemas industriales conectados a redes públicas de comunicaciones ha supuesto la aparición de riesgos adicionales a los que tradicionalmente se vienen contemplando en el diseño, operación y mantenimiento de estos sistemas. Estos riesgos se han venido materializando en los últimos años en incidentes, con repercusiones lógicas y físicas de mayor o menor gravedad, que han afectado a empresas y sistemas industriales públicos y privados, de distintas dimensiones, sectores económicos y nacionalidades, con diferentes niveles de afectación, repercusión pública y costes derivados del incidente.

La gestión de dichos riesgos se incluye comúnmente en la nueva denominada ciberseguridad industrial, como extensión de la tradicional disciplina de ciberseguridad (a veces llamada también seguridad informática o seguridad de la información) vinculada a las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) ordinarias.

En respuesta a esta amenaza, los Gobiernos han aprobado legislación de aplicación (por ejemplo, la Ley de Infraestructuras Críticas en España) y han creado organismos e instituciones (CCN, OSI, INCIBE, etc.) con el objetivo de informar sobre los riesgos, difundir las mejores prácticas y organizar iniciativas de capacitación de profesionales en este campo. Organizaciones internacionales de relevancia en el sector (ISO, IEC, ISA, etc.) están comprometidas en la elaboración de normativa específica para ciberseguridad adaptada a las particularidades de la empresa moderna (ISO 27002, ISO 27018, ISA/IEC-62443 entre otras). A su vez, empresas relevantes dentro de los sectores considerados más sensibles se han agrupado para poner en marcha iniciativas conjuntas de forma privada, como foro de encuentro y compartición de información y experiencias en este ámbito (Centro de Ciberseguridad Industrial, Asociación Nacional de Ciberseguridad y Pericia Tecnológica, entre otras).

La directiva (UE) 2016/1148 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2016, relativa a las medidas destinadas a garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y sistemas de información en la Unión, es la norma de referencia de rango europeo que pretende reforzar la vigilancia de las redes informáticas que sostienen servicios esenciales como son: sanidad, energía, distribución de agua, transporte y banca.

Las competencias de ciberseguridad no se encuentran a esta fecha atribuidas de forma exclusiva por la legislación en vigor a ninguna profesión regulada en particular, si bien sus contenidos suelen estar presentes en los currículos de las titulaciones universitarias de telecomunicaciones e informática, al ser estas las que tradicionalmente se relacionan con el diseño y operación de sistemas TIC.

En el ámbito de la ciberseguridad industrial, el perfil de los profesionales es en su gran mayoría también el de un titulado universitario en informática o telecomunicaciones, con formación en ciberseguridad, y que ha intentado adaptar sus capacidades al entorno industrial, superando su desconocimiento de las particularidades (equipos, instalaciones, organización, recursos humanos, etc.) del mismo. Esto lleva a un potencial desajuste entre las estrategias y soluciones de seguridad propuestas y la realidad de la operación de una planta industrial.

Respecto a los titulados de la rama industrial, tanto de los planes de estudios actuales como de los anteriores, si bien en diversas titulaciones (electrónica y automática, por ejemplo) se imparten conocimientos de redes de comunicaciones. Estos abordan fundamentalmente aspectos de conectividad, sin contemplar los aspectos de ciberseguridad de las mismas, incluso los más básicos. En lo que respecta a los sistemas y dispositivos, la situación no es mucho mejor, ya que en su desarrollo y programación no se tienen en cuenta tampoco la ciberseguridad.

Por ello es imprescindible la puesta en marcha de acciones formativas destinadas a capacitar a los alumnos de último curso y titulados de la rama industrial, al menos en los principales conceptos y técnicas relacionadas con la ciberseguridad industrial, de manera que adquieran las competencias necesarias para incorporarlas a su actividad profesional en el marco de las empresas industriales. Se deberían abordar tanto los aspectos normativos y legislativos en vigor que afectan a estas empresas como aquellos otros más propios de la ingeniería, tanto de carácter organizativo como puramente tecnológico, contemplando las casuísticas propias de los entornos industriales para poder abordar desde el origen diseños seguros.

No sería objetivo de esta formación entrar en profundidad ni ser exhaustivo en los temas a tratar, como se requeriría para poder llevar a cabo labores de pruebas de intrusión o de auditoría forense en sistemas, sino complementar la formación especializada de los profesionales con la incorporación de las habilidades y competencias de la nueva disciplina a su actividad como ingenieros. El perfil profesional que se desea alcanzar es complementario a los de los profesionales de la ciberseguridad clásicos, de manera que con su colaboración se puedan implantar, mantener y auditar las políticas y medidas de seguridad definidas por la empresa para cumplir con la normativa en vigor.

Sin duda, la demanda de profesionales con este perfil se verá incrementada una vez que las empresas afectadas por la normativa y legislación sobre ciberseguridad desarrollen de forma detallada los planes de protección y de incidencias. Entonces se verán obligados a tener en cuenta los aspectos de la empresa más relacionados con la tecnología y los procesos industriales, en los que los ingenieros son los más capacitados para intervenir.

Jorge Cerqueiro Pequeño es decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Vigo.

Ignacio González Ubierna

Subdirector de Tecnologías de Ciberseguridad del Instituto Nacional de Ciberseguridad

“Desde INCIBE estamos detectando nuevos ataques a la industria nacional de distintos sectores”

Mónica Ramírez

Ignacio González Ubierna es subdirector de Tecnologías de Ciberseguridad en el Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE) desde 2010, donde desarrolla su responsabilidad en las áreas de Desarrollo de Tecnologías de Ciberseguridad, Sistemas de Inteligencia para la Ciberseguridad, e Implantación y Operación de Sistemas de Gestión para INCIBE. Además, es responsable de Seguridad de la Información del Instituto. Anteriormente, Ignacio González (ingeniero superior de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid), trabajó en distintas compañías privadas del sector de las TIC y participó en la European Union Agency for Network and Information Security (ENISA) como el *national liaison officer* español.

¿En qué pilares se apoya fundamentalmente el INCIBE?

Nuestro pilar fundamental es el soporte de nuestra Secretaría de Estado, que es la que nos aporta los medios y nos fija nuestra misión y objetivos. La misión de INCIBE es doble. Por un lado, elevar la ciberseguridad y la confianza digital de ciudadanos, red académica y empresas de España y, por otro, potenciar la oferta y la demanda de productos, servicios y profesionales de la ciberseguridad, así como la innovación y competitividad españolas en este sector. Nuestro objetivo es posicionar a España entre los cinco países del mundo más avanzados en ciberseguridad.

¿A qué tipo de obstáculos se enfrentan las compañías en términos de ciberseguridad?

La ciberseguridad debe ser un aspecto más que las empresas deben gestionar, igual que gestionan otras áreas, como podrían ser las finanzas o las ventas. Para ello, los gestores empresariales deben adquirir los conocimientos mínimos esenciales e implantar los sistemas

de gestión de la ciberseguridad que sus empresas necesitan, tanto para su propia seguridad, como para cumplir con la legislación existente.

¿Por qué es tan importante que las empresas den prioridad a este asunto?

Sin ciberseguridad es insostenible la presencia de las empresas en el ciberespacio. Además, lo que se conoce como transformación digital, que es una de las bases de la competitividad, es imposible. Por tanto, si una industria quiere evolucionar y adaptarse a las nuevas realidades y al entorno competitivo empresarial, la ciberseguridad es un factor higiénico imprescindible.

“La ciberseguridad en España se encuentra en una situación homologable al lugar que ocupamos en el mundo con relación a nuestra capacidad económica”

¿Es habitual que las compañías tarden tiempo en darse cuenta de que han sido atacadas?

Depende del tipo de ataque. Hay ciberataques, como los *ransomware*, en los que la alarma es habitualmente inmediata. Sin embargo, hay otros tipos de ataques, que generalmente son los más peligrosos, en los que los criminales permanecen realizando su actividad dañina durante periodos de tiempo muy largos, a veces incluso años, sin que los responsables de las empresas se enteren hasta que el daño causado es muy grande. Por desgracia, son más habituales las infecciones que pasan desapercibidas durante bastante tiempo. De hecho, el 80% de las personas que hacen uso de equipos

infectados declaran no haber detectado ningún problema de ciberseguridad.

En términos económicos, ¿cuánto puede costar un ciberataque a las compañías (pymes y grandes empresas)?

El rango de costes potenciales es muy amplio, pues puede ir desde causar incidentes temporales, como tener que recuperar información a partir de una copia de *backup*; hasta la propia desaparición de la empresa y tener que hacer frente a multas o causas judiciales. Lo importante es que las empresas entiendan que realizar una adecuada gestión de la ciberseguridad, y ser capaz de evidenciarlo, es la manera de conseguir eliminar o reducir las consecuencias dañinas de un ciberataque y, además, poder defenderse ante cualquier posible sanción o demanda judicial.

¿Es necesario aplicar nuevas estrategias y tecnologías?

Sin lugar a dudas la respuesta es sí. Todas las sociedades del mundo necesitan aplicar nuevas estrategias para mejorar la ciberseguridad en aquellos ámbitos en los que todavía no hemos tenido suficiente éxito. Además, a la vez que la tecnología avanza y abre nuevas posibilidades de mejora y oportunidades, también trae consigo nuevas vulnerabilidades, que los cibercriminales intentarán explotar. Por ello, la sociedad debe estar continuamente adaptando sus estrategias y tecnologías para intentar anticiparse cuando sea posible, y si no lo es, para responder adecuadamente.

¿En qué situación se encuentra España en materia de ciberseguridad?

La ciberseguridad en España se encuentra en una situación homologable al lugar que ocupamos en el mundo con relación a nuestra capacidad económica. Sin embargo, todavía queda mucho por hacer, y la mejora en nuestros nive-



Ignacio González Ubierna.

les de ciberseguridad es un factor necesario y que contribuirá a nuestra mejora económica general.

¿Cómo se plantea esta situación en un futuro próximo?

En los países desarrollados, como España, la ciberseguridad va a ir mejorando paulatinamente. Esto es debido a que el nivel de concienciación de las empresas, las sociedades y sus líderes ha aumentado en los últimos años, lo que

ha provocado que se genere legislación y se inviertan recursos para mejorar la ciberseguridad.

¿Cuáles son las actuaciones más importantes que se plantea el INCIBE en estos momentos?

En primer lugar, en INCIBE continuaremos con las actividades principales que hemos venido realizando los últimos años, entre las que están las siguientes: la concienciación de empresas y ciuda-

danos; la respuesta a incidentes, que nos permite ayudar a las víctimas, tanto para eliminar el problema, como para mitigar los daños; y la detección y alerta de víctimas potenciales. De cara al futuro tenemos claro que, además, debemos hacer mayores esfuerzos en cuatro áreas que son fundamentales: ser capaces de anticiparnos a los principales ataques, y así alertar a las víctimas potenciales y ayudarles a prevenirse de ciberataques; fomentar la industria española de la ciberseguridad y su competitividad internacional; mejorar la ciberseguridad, tanto de los entornos OT, como IOT, y aumentar la cooperación, tanto entre organismos públicos como, sobre todo, con empresas privadas, sin las cuales la ciberseguridad no es posible.

“En España, hemos detectado más de 20.000 dispositivos industriales innecesariamente expuestos en Internet, que muestran problemas de seguridad o fallos de configuración fácilmente identificables”

¿Disponen de datos en lo que respecta a la ciberseguridad en el ámbito de la industria?

En España, hemos detectado más de 20.000 dispositivos industriales innecesariamente expuestos en Internet, que muestran problemas de seguridad o fallos de configuración fácilmente identificables. Esto facilitaría el acceso no autorizado a sistemas de control industrial, con posibles consecuencias dañinas difíciles de prever, que podrían no solo afectar a la industria concernida, sino también a terceros. Nuestra labor aquí es intentar que a las organizaciones afectadas les llegue una alerta para que se corrija esta situación lo antes posible. Desde INCIBE también estamos detectando nuevos vectores de ataque que tienen por objeto la industria nacional de distintos sectores. Por poner un ejemplo, en un solo sistema señuelo que simula una instalación real, detectamos más de 35.000 intentos de acceso malintencionados en un solo mes, varios de los cuales presentan vectores de ataque novedosos.

Belén Pérez Rodríguez

Coordinadora del Centro de Ciberseguridad Industrial para la región de Galicia

“Solo cuando se integre la ciberseguridad dentro de la organización se minimizarán los riesgos”

Mónica Ramírez

Belén Pérez Rodríguez es coordinadora del Centro de Ciberseguridad Industrial para la región de Galicia, Network and Cybersecurity Engineer en Balidea Consulting & Programming, así como vocal segunda del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Vigo. Además, ha desarrollado su carrera profesional desde 1999 en el mundo IT en Operadores de Comunicaciones y Consultores realizando tareas de O&M, QA y gestión de proyectos IT, entre otros, y durante los últimos años en proyectos de ciberseguridad. Ingeniera técnica industrial por la Universidad de A Coruña y grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática por la Universidad de León, compagina su trabajo con la impartición de charlas de forma habitual en centros educativos, universidades, asociaciones y colegios profesionales como miembro del programa Cibercooperantes del Instituto Nacional de Ciberseguridad de España (INCIBE).

En marzo de 2013 se puso en marcha el Centro de Ciberseguridad Industrial (CCI). ¿Cuál fue la motivación y qué funciones desempeña?

Hace cinco años, los fundadores del CCI (Samuel Linares, Ignacio Paredes y José Valiente) analizaron el mercado de la ciberseguridad industrial, sus actores y necesidades, así como los casos de éxito y fracaso de otros países de Europa y Estados Unidos. Se trata del primer centro de estas características que nace desde la industria y sin subvenciones públicas, independiente, internacional y sin ánimo de lucro. Tiene como misión principal impulsar y contribuir a la mejora de la ciberseguridad industrial principalmente en España y Latinoamérica. El centro cuenta con el apoyo de la industria (usuarios finales, consultoras, ingenierías, fabricantes industriales, organismos e instituciones, por no citar a la mayoría de profesionales de la industria), y se ha convertido en el punto independiente de encuentro de los

organismos, privados y públicos, y profesionales relacionados con las prácticas y tecnologías de la ciberseguridad industrial, así como en la referencia hispanohablante para el intercambio de conocimiento, experiencias y la dinamización de los sectores involucrados en este ámbito.

“Las vulnerabilidades afectan a los tres principios de la seguridad: disponibilidad, integridad y confidencialidad”

En la actualidad, es coordinadora del Centro de Ciberseguridad Industrial para la región de Galicia, ¿qué actuaciones lleva a cabo?

La labor básica de los coordinadores como representantes del CCI en nuestra comunidad autónoma, en el caso de España, consiste en dar a conocer el centro a los profesionales y empresas de la comunidad autónoma de Galicia, intentar desarrollar un ecosistema local tanto con miembros como con patrocinadores, contribuir a la mejora del centro proponiendo nuevos temas, enfoques, documentos, actividades y todas aquellas actividades que puedan enriquecer el ecosistema. Dentro de las tareas realizadas en este año, me gustaría reseñar la presentación del centro, el pasado 22 de marzo, en el evento organizado por la Rede Galega de Ciberseguridade (RGC), con el lema *Investigación en Ciberseguridade en Galicia*. Además, el próximo 20 de septiembre se celebrará, por primera vez en nuestra comunidad, el evento La Voz de la Industria, en el que se presentará el estado de la ciberseguridad industrial en Galicia.

Como ingeniera técnica industrial y graduada en ingeniería electrónica industrial y automática, ¿qué diría que le ha aportado esta formación para desa-

rollar su labor en ciberseguridad?

En realidad, me siento privilegiada en ese aspecto. Aunque mi formación es industrial, toda mi trayectoria profesional la he desarrollado en el mundo IT (*Information Technology*). A lo largo de los años, en el mundo IT hemos aprendido a securizar sistemas, generando nuevas soluciones en función de los problemas que surgen en el día a día. Puede decirse que sé cómo funcionan los sistemas y las comunicaciones en ese entorno, pero además, debido a mi formación, también entiendo las funcionalidades y particularidades del mundo OT (*Operational Technology*).

¿Cómo pueden contribuir estos profesionales en la preservación de la ciberseguridad en una empresa o industria?

Desde el punto de vista de ciberseguridad, es mucho más sencillo securizar un sistema desde la base, el diseño, que una vez que ya está implantado y funcionando. El problema es que los encargados del diseño de los procesos y de dirigir su instalación y puesta en marcha, a menudo desconocen la problemática de introducir en los mismos, sistemas/dispositivos IT, y las posibles soluciones de ciberseguridad a aplicar. En la actualidad, se están incluyendo dispositivos y mecanismos propios de entornos IT porque su implantación tiene menores costes y plazos de implantación. Esto facilita la aceptación de las organizaciones, pero a la par, los profesionales deberían introducir mecanismos de seguridad que limiten la superficie de exposición, que acoten el riesgo y configuren sistemas resilientes que se recuperen rápido y eficazmente de los inevitables fallos o ataques.

¿Cuál es el panorama en el ámbito de las empresas industriales en nuestro país en materia de ciberseguridad?

Creo que lo que se pueden encontrar las empresas de España no difiere mucho de lo que se encontraría en cualquier otro lugar del mundo. En el momento en que



Belén Pérez Rodríguez.

el mundo IT ha accedido a los procesos industriales para obtener respuestas en cualquier lugar y en cualquier momento, la superficie de exposición es ya ilimitada y globalizada, y por tanto, los riesgos van a estar siempre presentes. Solo cuando se integre la ciberseguridad como un proceso más, dentro de la organización, se minimizará el riesgo y se evitará que las consecuencias de un incidente sean más graves y costosas. Al final, un incidente puede generar directamente problemas económicos (por falta de producción, fallos en los procesos o paradas inesperadas), pero también fallos reputacionales que de forma indirecta pueden generar un coste superior.

¿Existe un mapa normativo de la ciberseguridad industrial en España?

Como consecuencia de la Directiva 2008/114/CE (NIS) del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de julio de 2016, relativa a las medidas destinadas a garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y los sistemas de información en la Unión Europea (UE), España aprobó la Ley 8/2011 de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas (Ley PIC), y su texto de desarrollo, el Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo (Reglamento

PIC), en el que se fue más allá de las exigencias de la propia Directiva PIC, regulando aspectos que no estaban considerados en la misma.

¿Cuáles son las principales vulnerabilidades en la pirámide de automatización industrial?

En todos los niveles de la pirámide de la automatización industrial hay multitud de vulnerabilidades que afectan a los tres principios de la seguridad: disponibilidad, integridad y confidencialidad. En todos los elementos de la organización, especialmente de los procesos productivos, hay dispositivos con sistemas operativos (más o menos abiertos), aplicaciones (generalmente licenciadas y bajo las premisas propias de cada desarrollador) y, por supuesto, las redes y los medios de transmisión, ajustados a estándar en el caso del entorno IT, pero mucho más específicos en el mundo OT, donde la diversidad y características es muy compleja.

¿Y las medidas más recomendables de protección?

En seguridad no hay soluciones estándar, sino múltiples mecanismos de seguridad y procedimientos que implementar. Cada organización debe hacer su propia evaluación de riesgos y conforme a sus propias

características, presupuesto disponible y riesgos que se quieran asumir, decidirá implementar aquellas soluciones más adecuadas. Cada empresa es un mundo, y solo la evaluación indicará los activos críticos, los riesgos existentes y las posibles soluciones que se podrán implementar.

¿Qué puede hacer una empresa que ya ha sido atacada?

La respuesta a problemas de ciberseguridad debe empezar mucho antes de un incidente. Evidentemente, hay casuísticas específicas que podrán aplicarse a una empresa, y que dependerá en primer lugar de si está sujeta a la Ley PIC, es decir, si es operador crítico o no; en el primer caso, la notificación es obligatoria. En cualquier caso, si hay un plan integral de seguridad en la empresa, habrá procedimientos claramente definidos que incluirán qué hay que hacer y cómo hacerlo.

¿Cómo piensa que evolucionará la ciberseguridad industrial y cuáles serán los próximos retos?

La ciberseguridad, en general, y en el ámbito industrial, en particular, seguirá en su evolución a la propia tecnología. A medida que se introduzcan nuevos mecanismos y sistemas que mejoren los procesos (*machine learning*, inteligencia artificial, etc.), se generarán nuevos retos y, por tanto, y de forma inevitable, se irán creando nuevos sistemas que palien los riesgos y mejoren la seguridad. El gran reto será el introducir todos esos avances en las pymes.

También se habla mucho de los problemas de ciberseguridad que pueden tener las smart cities. ¿Hasta qué punto es preocupante el tema?

Es preocupante en la medida en que se incluyan o no los mecanismos de seguridad adecuados. Todos los mecanismos tecnológicos son beneficiosos en la medida en que mejoran el confort y el nivel y la calidad de vida de las personas. El problema es cuando esos dispositivos puedan permitir su uso para un fin no lícito, debido a una falta de medidas de seguridad en su implantación. Afortunadamente, el nuevo reglamento de protección de datos ayudará a proteger, en cierta medida a la población, pero aun así, mientras no haya normas claras y de obligado cumplimiento, como ya hay en el entorno *safety* o de prevención de riesgos, será muy complicado evitar estar expuestos y, frecuentemente descubriremos cómo se hace un mal uso de esas tecnologías.

Ignacio Álvarez Vargas

Director del Área de Sistemas de Comunicación y Ciberseguridad Industrial de Siemens España

“Sería necesaria una nueva especialidad universitaria para profesionales en ciberseguridad industrial”

Mónica Ramírez

Ignacio Álvarez Vargas (grado de ingeniería en electrónica industrial y automática e ingeniero industrial en la especialidad de organización industrial) es el director del Área de Sistemas de Comunicación y Ciberseguridad Industrial de Siemens España y presidente de la Asociación española de PROFIBUS, PROFINET e IO-Link. Los últimos 25 años su vida profesional han estado relacionados con la automatización industrial y, concretamente, con las comunicaciones industriales.

La industria 4.0 afecta a toda la cadena de valor industrial y cada vez existe una mayor conectividad de las máquinas y las plantas. En consecuencia, ¿qué nuevos riesgos han aparecido?

La industria 4.0 y la transformación digital en las organizaciones industriales están provocando un aumento de las necesidades de conectividad tanto horizontales (comunicación entre líneas o máquinas) como verticales (entre máquinas y sistemas de gestión de la producción) en las instalaciones industriales. A su vez, también ha aumentado la necesidad de conectividad remota a través de Internet para ofrecer servicios de mantenimiento y captación de información de las máquinas. Esta situación puede aportar numerosas ventajas y mayor flexibilidad, pero también conlleva la aparición de nuevos riesgos que deben ser gestionados adecuadamente adoptando las medidas de protección adecuadas.

Las empresas industriales deben adoptar modelos de protección y defensa, ¿cuáles son los más habituales?

Para encarar esta realidad con éxito, las empresas deben adoptar un modelo de protección para asegurar la disponibilidad y la resiliencia de las instalaciones. Uno de los modelos de protección más utilizados es el llamado modelo de defensa en profundidad (*defense in depth* en inglés). Este modelo ofrece una excelente



Ignacio Álvarez Vargas.

protección con la que se consiguen unas ratios de protección muy altas. El modelo está basado en tres pilares: seguridad de planta, seguridad de red e integridad del sistema; y nace a partir de las recomendaciones del conjunto de normas ISA 99 y el estándar desarrollado a partir de estas: IEC 62443, que es el estándar en seguridad en los sistemas de control industrial. El primer pilar concierne a la seguridad de planta, que utiliza una serie de métodos de protección para evitar que personas no autorizadas obtengan acceso físico a componentes críticos. Esto comienza con el control del acceso a edificios convencionales y se extiende hasta la protección de áreas sensibles por medio de sistemas de seguridad en las instalaciones. El segundo pilar versa sobre la seguridad de la red, cuya misión principal es proteger las redes de control frente a accesos no autorizados e incidentes. Esto incluye la vigilancia de todas las interfaces como las de la red de planta y el acceso de mantenimiento remoto mediante Internet. Suele realizar-

se mediante técnicas de segmentación de red, mediante *firewalls* o creando una “zona desmilitarizada” (DMZ) protegida. Además, es recomendable la transmisión de datos encriptados usando una red privada virtual (VPN) para proteger las instalaciones del espionaje y de la manipulación de los datos. Finalmente, el tercer pilar es la salvaguarda de la integridad del sistema. Aquí se hace hincapié en la protección de los sistemas de automatización y los componentes de control, así como los sistemas SCADA y HMI contra el acceso no autorizado y el cumplimiento de requisitos especiales como la protección de conocimientos técnicos. Además, la integridad del sistema también implica la autenticación de los usuarios, las autorizaciones de acceso y cambio y el *hardening* del sistema, es decir, la robustez de los componentes contra los ataques. Adicionalmente, me gustaría recalcar la importancia de concienciación de las personas.

¿Cuáles son los riesgos de usar una red pública como Internet para el acceso remoto a instalaciones industriales?

La utilización de redes públicas, como Internet, para realizar accesos remotos a las plantas conlleva una serie de riesgos que pueden ser mitigados adoptando las medidas de protección necesarias. Es indispensable utilizar protocolos de seguridad robustos para encriptar las comunicaciones, como los túneles VPN basados en estándares reconocidos: IPSec e OpenVPN. Por otro lado, los dispositivos que se utilicen como puntos finales deben estar preparados para trabajar en un entorno industrial y, por supuesto, deben estar adecuadamente configurados a nivel de *firewall* en función de la aplicación en la que estén trabajando. Por otro lado, es recomendable utilizar sistemas de gestión de conexiones remotas seguras, capaces de gestionar todos los usuarios los dispositivos de manera centralizada, esta-

bleciendo los permisos adecuados para cada usuario y la posibilidad de activar y desactivar dichas conexiones seguras a voluntad desde este sistema de gestión.

¿Qué papel deben desempeñar los fabricantes de tecnología industrial en el marco de la ciberseguridad industrial?

Los fabricantes de tecnología industrial deben adaptarse a los requerimientos actuales dentro del nuevo escenario. Es necesaria una inversión en I+D para dotar a los sistemas de control industrial de la mayor integridad del sistema posible teniendo en cuenta los nuevos riesgos emergentes en cuanto a ciberseguridad. Es necesario dotar de nuevas funcionalidades de seguridad a los sistemas de control estándar para protegerlos ante un intento de acceso no deseado y evitar, por ejemplo, que un atacante consiga información sobre datos de producción o que un *man-in-the-middle* modifique el valor de consigna de una máquina o que un ataque de denegación de servicio (DoS) me inhabilite la disponibilidad de la instalación. También es necesario diseñar nuevos productos dedicados a la protección de redes industriales y específicamente diseñados para participar en un sistema de automatización.

¿Qué consecuencias puede tener un ciberataque para una empresa?

Esta pregunta no es fácil de contestar en pocas líneas, ya que las repercusiones pueden ser múltiples, dependiendo de que el ataque sea dirigido (como Industroyer: interrupción del suministro de energía en Ucrania) o sea un ataque no dirigido (como Wannacry) o qué fin persiga conseguir el atacante: desde los que quieren robar dinero, a los que quieren arruinar nuestra reputación, pasando por los que usan las vulnerabilidades como armas. En cualquier caso, las principales consecuencias van a ser casi siempre las siguientes: pérdida de la propiedad intelectual implementada en estos sistemas y máquinas, privación de la disponibilidad y de la productividad de la planta industrial, pérdida de la integridad de los productos acabados en sí misma y pérdida de la reputación de las compañías.

¿Qué diferencias hay entre la ciberseguridad en la red OT (red industrial) y en la IT (red corporativa)?

Las redes de comunicación industrial (OT) y empresarial o corporativa (IT) son considerablemente distintas, y sin embar-

go tienen una cosa en común: su conexión segura es decisiva para crear valor añadido en una empresa (especialmente en la era del Big Data y el aumento del volumen de datos). Solo aquellos que entiendan las necesidades de las redes IT y de las redes industriales pueden establecer una conexión confiable y mantener las comunicaciones funcionando. La comunicación se configura de forma diferente para cada una de las dos redes: mientras que la tradicional red IT transmite telegramas, la comunicación industrial se centra en aplicaciones, buscando adicionalmente tiempos de transmisión óptimos. Por tanto, los componentes de red y las topologías de ambas deben adaptarse a los respectivos requisitos. Un equipo terminal en la oficina, por ejemplo, generalmente se comunica con uno o más servidores, la topología de red es vertical y está diseñado para un mayor ancho de banda. Si un cliente falla de forma esporádica, generalmente no tiene un impacto en el negocio y, por tanto, no son considerados críticos.

“El perfil de especialista en ciberseguridad implica un gran conocimiento del mundo IT y del de la automatización industrial, y especialización en redes industriales”

Sin embargo, en la automatización, el foco de la comunicación es la comunicación máquina a máquina (M2M) y es diferente: un intercambio de datos integrado (sin pérdidas, ni retrasos) es un requisito previo vital para evitar paradas en la producción y, en consecuencia, en la planta, las cuales originan elevadas pérdidas financieras. Todos los equipos requieren un intercambio de datos continuo. Por esta razón, la transmisión de datos en las comunicaciones industriales debe ser realizada y completada dentro de un tiempo de respuesta definido (o lo que es lo mismo debe ser determinista).

¿Cómo deben actuar las organizaciones industriales cuando sufren incidentes de ciberseguridad?

Antes de contestar a la pregunta, me gustaría alabar la gran labor que están haciendo en este campo, tanto el

CNPIC, como INCIBE y, por ende, el CERT de Seguridad e Industria, en el campo de respuesta a incidentes de ciberseguridad a nivel nacional. Mi recomendación comenzaría en momentos anteriores a sufrir un incidente de seguridad, ya que cualquier tipo de empresa, y más en concreto empresas vinculadas a sectores industriales, deberían tener implementado e implantado un plan de contingencia frente incidentes de ciberseguridad y continuidad de negocio. Una vez sufrimos el incidente, el trabajo estaría en su gran medida procedimentado y lo único que deberíamos hacer es seguir el plan y contactar con el CERT de referencia. En caso de la industria nacional, ya sea considerada infraestructura crítica o no, sería el CERTSI, a través de sus diferentes canales. Además, INCIBE, a través de su web, tiene diversos recursos para su público objetivo que puede facilitar el conocimiento y la realización de procedimientos para actuar en estos casos.

El puesto de especialista en ciberseguridad es una de las nuevas profesiones emergentes más demandadas, ¿qué perfil profesional ha de tener?

Realmente es un puesto muy demandado y hay muy pocas personas preparadas para él. Mi recomendación pasaría por los siguientes puntos: gran conocimiento del mundo IT y del de la automatización industrial, y especialización en redes industriales y ciberseguridad industrial.

¿Qué papel pueden desempeñar los ingenieros técnicos industriales y graduados en ingeniería de la rama industrial en el campo de la ciberseguridad?

Tendrían parte de la formación necesaria para el puesto. Desde mi punto de vista, sería necesaria una nueva especialidad dentro de las universidades que estuviera orientada a formar profesionales en el campo de la ciberseguridad industrial.

¿Cómo se imagina el sector de la ciberseguridad dentro de 10-15 años?

Debido a que las empresas están cada vez más expuestas a una creciente fuente de riesgos como criminales, *hackers*, agentes estatales y competidores desleales cada vez más sofisticados en el aprovechamiento de las vulnerabilidades de las modernas tecnologías, creo que el sector de la ciberseguridad continuará con su auge ascendente tanto a corto, como a medio y largo plazo.

Resolución de la cinemática de mecanismo ferroviario utilizando el cómputo paralelo sobre GPU

Resolution of the railway kinematics mechanism using parallel computing on GPU

A. Bustos¹, H. Rubio¹, C. Castejón¹, J. Meneses¹, J.C. García Prada¹

Resumen

El uso de las tarjetas gráficas actuales para la resolución de problemas de ingeniería es un fenómeno creciente tanto en la industria como en la investigación. En este trabajo, los autores presentan las principales características que hacen atractivas las tarjetas gráficas para la resolución de problemas computacionales en la ingeniería. Además, se explican los pasos que componen el proceso de ejecución de un algoritmo típico en el procesador de la tarjeta gráfica. Con el objetivo de verificar la viabilidad de la tecnología, se plantea un modelo que soluciona el problema cinemático de un mecanismo ferroviario y se aplica esta tecnología para la resolución del modelo matemático. Este modelo se implementa de manera secuencial en el procesador del ordenador y de manera paralela en la tarjeta gráfica. El análisis de los tiempos de ejecución del modelo en distintas condiciones operativas permite determinar las fortalezas y debilidades de aplicar la nueva tecnología con respecto a los ordenadores convencionales.

Palabras clave

GPGPU, GPU, CUDA, computación paralela, simulación, mecanismo ferroviario.

Abstract

The use of current graphic cards for the resolution of engineering problems is a growing phenomenon in both industry and research. In this work, the authors present the main features that make graphic cards attractive for the resolution of computational problems in engineering. In addition, the steps for the execution of a typical algorithm in the graphic card processor are explained. In order to verify the viability of this technology, a model for solving the kinematics of a railway mechanical system is posed and this technology is applied for the resolution of the mathematical model. This model is implemented sequentially in the computer's processor and in parallel way in the graphic card. The analysis of the execution times of the model in different operating conditions allows to determine the strengths and weaknesses of applying the new technology with respect to conventional computers.

Keywords

GPGPU, GPU, CUDA, parallel computing, simulation, railway mechanism.

Recibido / received: 21.04.2018. Aceptado / accepted: 21.05.2018.

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid.
*Autor para correspondencia: A. Bustos (albustos@ing.uc3m.es).

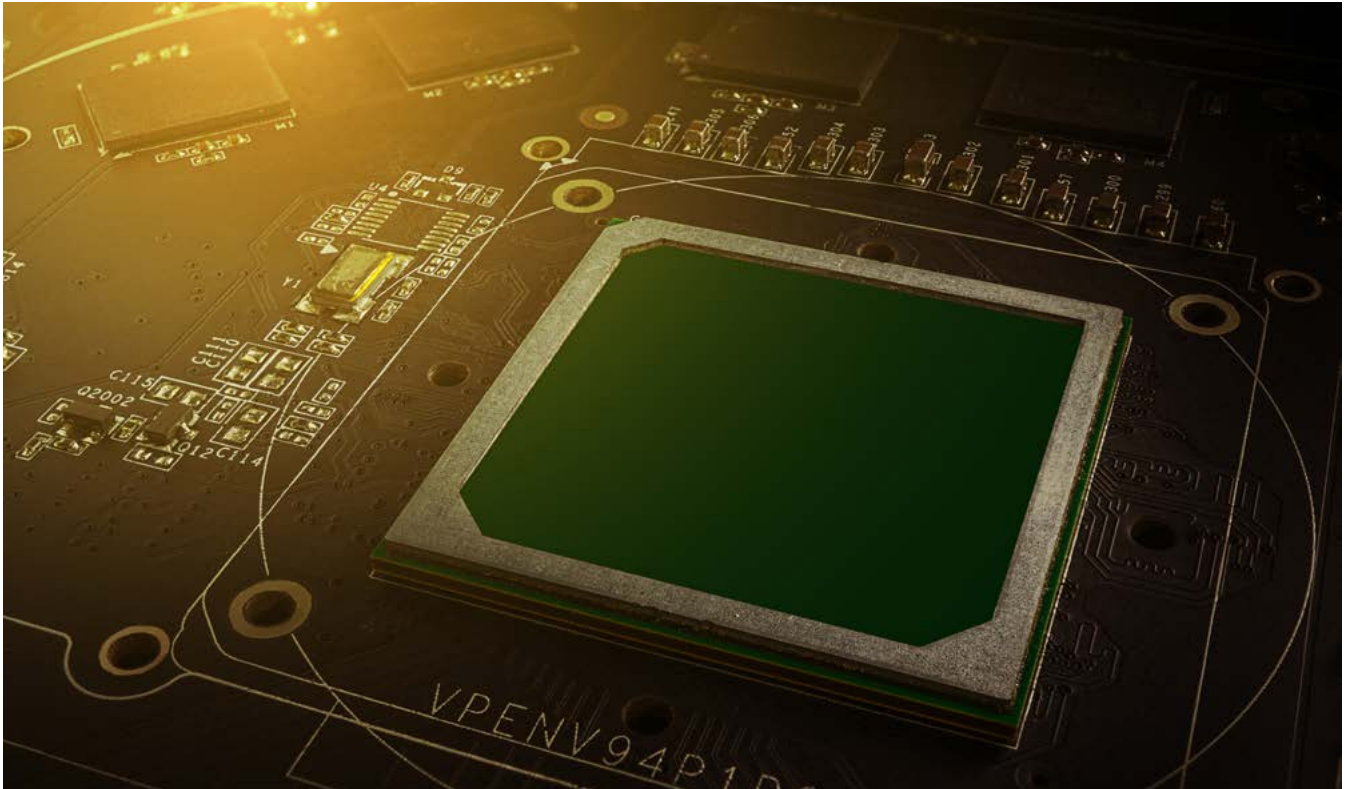


Foto: Shutterstock.

Introducción

Tradicionalmente, las tarjetas gráficas y sus unidades de procesamiento, llamadas GPU por sus siglas en inglés (*Graphic Processing Unit*), se han utilizado para la generación de gráficos en videojuegos o simuladores y en tareas de renderizado de secuencias de animación. Sin embargo, los procesadores de las tarjetas gráficas o GPU presentan unas características que hacen muy atractiva su aplicación al cómputo de problemas con un gran número de operaciones y/o procesos iterativos. Del mismo modo que los procesadores de los ordenadores, llamados CPU por sus siglas en inglés (*Central Processing Unit*), la GPU está encapsulada en un único chip. La principal diferencia entre ambos chips es el número de procesadores y las tareas que desarrollan cada uno de ellos. Una CPU actual dispone habitualmente de 4 u 8 núcleos de proceso (Fig. 1), mientras que una GPU dispone de cientos o miles de núcleos de proceso. No obstante, los núcleos de la GPU realizan tareas más sencillas que los de la CPU. Mientras que los núcleos de la CPU se optimizan para ejecutar tareas de manera secuencial, los núcleos de la GPU se disponen con una arquitectu-

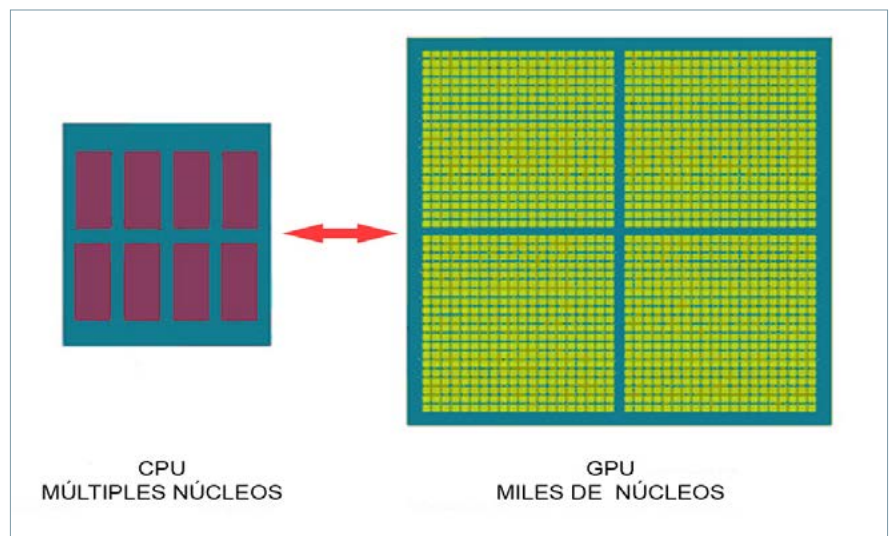


Figura 1. Comparativa entre CPU y GPU.

ra paralela que permite realizar varias tareas a la vez. En la tabla 1 (Ghorpade et al, 2012) se recogen las principales ventajas de los chips, y se observa que las características de la CPU se orientan a la eficiencia de las tareas de los sistemas operativos, mientras que la GPU destaca en las operaciones en coma flotante.

En el año 2006 se produce un punto de inflexión en el desarrollo de las

tarjetas gráficas: NVIDIA introduce una nueva arquitectura, denominada CUDA (*Compute Unified Device Architecture*), en sus GPU. Esta nueva arquitectura, junto con sus herramientas de programación y desarrollo (API, *Application Programming Interface*, y SDK, *Software Development Kit*) permite ejecutar toda clase de tareas en las tarjetas gráficas (Tasora, Negrut y Anitescu 2011). De esta forma,

CPU	GPU
Cachés muy rápidas (ideal para reutilizar datos)	Multitud de unidades matemáticas
Buen acceso a datos	Rápido acceso a su memoria integrada
Multitud de procesos/hilos diferentes	Ejecuta un programa en cada fragmento/vértice
hilo de ejecución	Alto rendimiento en tareas paralelas
Alto rendimiento en un único Ideales para el paralelismo de tareas	Ideales para el paralelismo de datos
Optimizados para alto rendimiento en códigos secuenciales	Optimizado para multitud de operaciones matemáticas de naturaleza paralela (operaciones en coma flotante)

Tabla 1. Comparativa entre CPU y GPU (Ghorpade et al. 2012).

Eslabón	Longitud (mm)
1	60
2	30
3	150
4	75
5	180
6	270
7	180
8	540
9	270
10	540
11	90
12	90

Tabla 2. Dimensiones del mecanismo para controlar el movimiento de lazo.

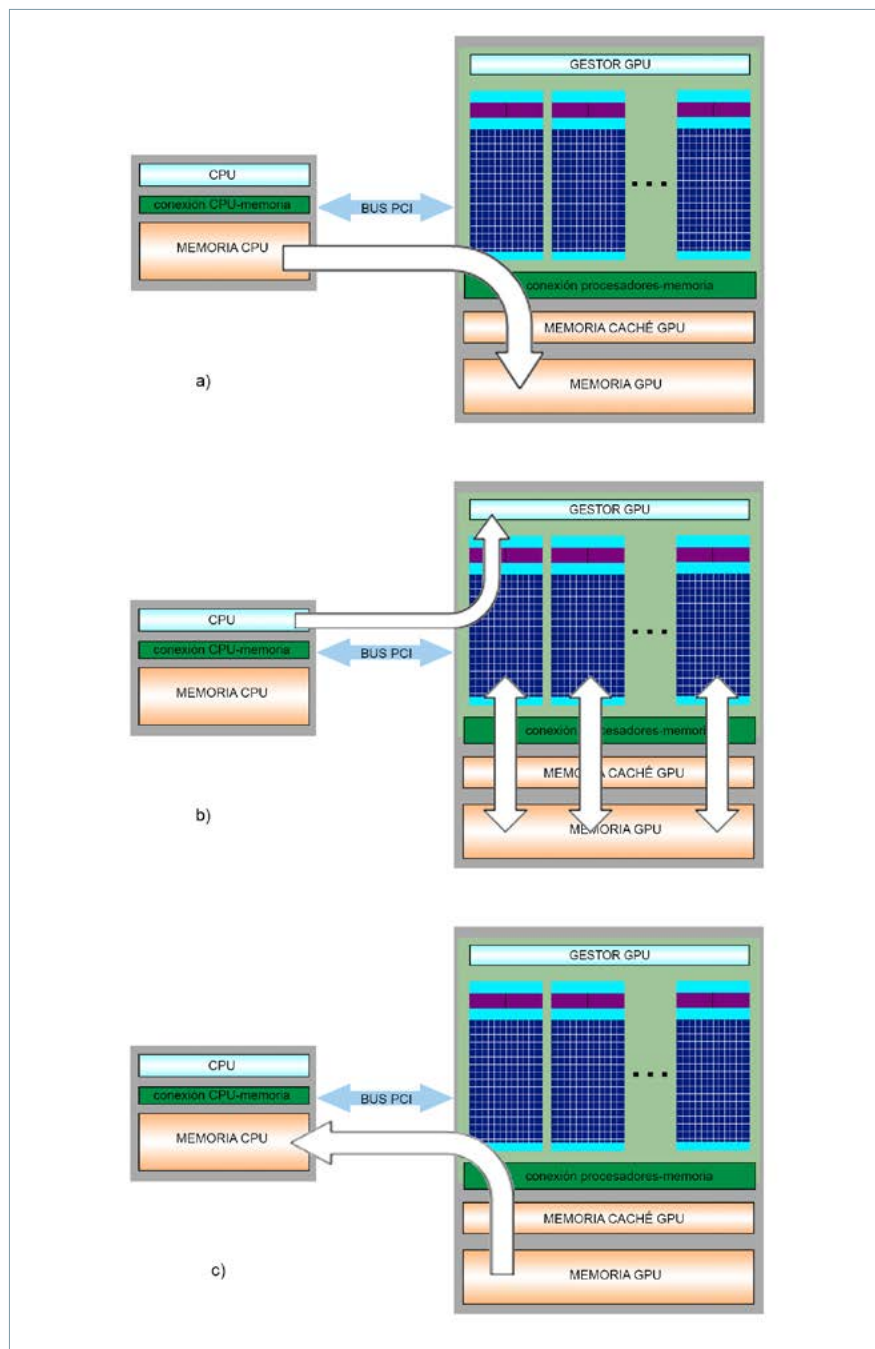


Figura 2. Proceso de ejecución de una rutina en la GPU, desde el punto de vista del hardware.

nace la computación de propósito general sobre unidades de procesamiento gráfico o GPGPU (por sus siglas en inglés *General-Purpose Computing on Graphics Processing Units*). Desde entonces, tanto investigadores como empresas de *software* han incorporado esta tecnología en sus investigaciones y productos comerciales (Ghorpade et al, 2012).

En lo que respecta al campo de la investigación, destacan los trabajos de simulación de la dinámica de sistemas multicuerpo y de partículas, con el grupo de trabajo encabezado por los profesores Dan Negrut y Alessandro Tassora como uno de los más prolíficos (Tasora y Anitescu, 2011; Tasora et al, 2015; Negrut, Serban y Tassora, 2017; Hwu, 2011); el desarrollo de nuevos algoritmos matemáticos (Mawson y Revell, 2014; Ren y Chan, 2016); la reconstrucción de imágenes médicas (García Blas et al, 2014; Després y Jia, 2017); la simulación computacional de fluidos (Sierakowski, 2016), etc. En el ámbito comercial, numerosos programas de cálculo de diversos ámbitos han implementado esta tecnología. Entre ellos destacan ANSYS, Abaqus, CST Studio Suite y BRS Labs AISight for SCADA, en el campo de la ingeniería, pero también se aplica a las finanzas, la predicción del clima, *big data*, etc. Incluso se utilizan ampliamente para el minado de criptomonedas como el *bitcoin* (Taylor, 2017).

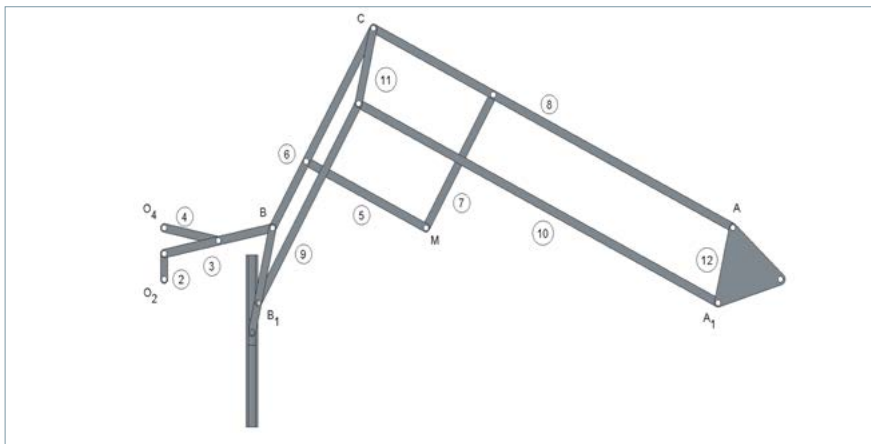


Figura 3. Numeración, puntos característicos y dimensiones del mecanismo.

La principal ventaja de esta tecnología es la notable reducción de tiempo que se puede conseguir respecto a la tecnología tradicional (hasta 10 veces más rápido, dependiendo de la aplicación [Castonguay, 2012]). No menos importante es el bajo coste de esta tecnología: el precio de las GPU más avanzadas ronda los 8.000 €, pero una GPU de gama media o alta se puede adquirir por menos de 400 euros.

En este trabajo se exploran las capacidades de las GPU mediante la aplicación de la tecnología GPGPU al cómputo de la cinemática de un mecanismo de barras de utilidad en el sector ferroviario. Para ello se proponen varios modelos de análisis del mecanismo con el objetivo de evaluar las capacidades de la GPU. Además, los modelos se implementan en dos lenguajes de programación y se comparan los resultados obtenidos.

Computación en paralelo utilizando GPU

La generación de gráficos en los ordenadores actuales puede realizarse de dos formas: mediante una tarjeta gráfica integrada en la CPU (lo cual limita los recursos de la CPU), o mediante una tarjeta gráfica dedicada que cuenta con su correspondiente GPU (es el caso que nos concierne en este trabajo). Por tanto, la CPU y la GPU son dos elementos físicos distintos, cada uno con una memoria asociada, que se comunican mediante un bus (del tipo PCI Express actualmente). Con esta disposición, si se desea ejecutar tareas en la GPU y aprovechar sus capacidades de cálculo, el primer

paso que hay que realizar es introducir los datos a través de la CPU y copiarlos posteriormente a la GPU. Este proceso se ilustra en la figura 2A. A continuación, se envían las instrucciones de ejecución al gestor de la GPU, que se encarga de distribuir y ejecutar las tareas entre los múltiples procesadores de la GPU (fig. 2b). El último paso consiste en copiar los resultados de la GPU a la CPU para poder trabajar con ellos (fig. 2c). El principal inconveniente de esta tecnología es, precisamente, la transferencia de datos entre las memorias de los dos chips, pues el bus PCI Express que los conecta es mucho más lento que los buses que conectan cada uno de los chips con sus respectivas memorias. Se trata, además, de un cuello de botella que no se puede evitar.

El proceso que se realiza con el *software* es muy similar, pues, habitualmente, un algoritmo GPGPU ejecuta parte del código en la CPU y parte en la GPU. Aplicando la nomenclatura de CUDA, cada una de las funciones que se ejecutan en la GPU recibe el nombre de *kernel*. Durante la ejecución de un *kernel* se lanzan varios hilos en paralelo que realizan la misma tarea con diferentes datos. No obstante, un *kernel* no llama a los hilos directamente, sino a una malla. Esta malla se compone de varios bloques que a su vez están formados por múltiples hilos. El número máximo y las características de estos elementos (malla, bloque e hilos) dependen de la GPU que se utilice y se deben tener en cuenta al escribir el código.

A partir de la versión 6 de CUDA, NVIDIA introdujo el concepto *Uni-*

fied Memory (UM), o memoria unificada. Este nuevo concepto simplifica la gestión de las memorias que debía realizar el programador al crear una ubicación común de memoria que es compartida por la CPU y la GPU. De esta forma, es suficiente con definir adecuadamente las variables necesarias una única vez, puesto que *Unified Memory* se encarga de asignar y transferir datos entre las memorias de la CPU y de la GPU (Harris, 2013).

Descripción del mecanismo y del modelo cinemático

El movimiento de lazo es una inestabilidad inherente al ferrocarril, por lo que controlarlo es un aspecto fundamental para garantizar la estabilidad de los vehículos ferroviarios y la comodidad de los pasajeros. En este trabajo se propone el dispositivo de la figura 3 como posible mecanismo para controlar el movimiento de lazo. Se compone de tres mecanismos fundamentales: uno de generación (basado en el mecanismo de Chebyshev y que comprende las barras 1, 2, 3 y 4), otro de pantógrafo (barras 5, 6, 7 y 8) y otro de refuerzo (formado por el resto de eslabones). Sus dimensiones se recogen en la tabla 2.

El mecanismo de refuerzo se une a los otros dos mecanismos mediante una junta de rotación situada en el punto B1. Además, la barra que une los puntos B y B1 dispone en uno de sus extremos de un elemento que se desliza dentro de una deslizadora. Esta deslizadora se encuentra fijada al elemento de soporte del mecanismo (Bustos, Carbone et al, 2015; Bustos, Rubio et al, 2015).

Para garantizar que el mecanismo propuesto trabaja debidamente, es necesario efectuar análisis reiterativos sobre el mecanismo hasta obtener el funcionamiento deseado. Se aplicará la tecnología GPGPU al cálculo de la cinemática del mecanismo y se implementa los algoritmos de cálculo en C++ y en MATLAB. El análisis de los tiempos de computación necesarios para realizar los cálculos en ambas plataformas permitirá detectar las fortalezas y debilidades de la computación paralela.

Modelo cinemático

El primer paso para la obtención de la cinemática del mecanismo es el plan-

teamiento de las ecuaciones de cierre de las cadenas cinemáticas que componen el mecanismo. Tras resolver estas ecuaciones, se dispone de un conjunto de ecuaciones explícitas en función del ángulo de entrada (θ_2) (Bustos, Carbone et al, 2015). Tomando esto en cuenta, la posición angular de cualquier eslabón se puede escribir:

$$\theta_i = \theta_i(\theta_2), \quad i = 1, 2, \dots, 1', 2', \dots \quad (1)$$

Las coordenadas X e Y de los centros de masas (situados en el punto medio de cada barra) se pueden expresar fácilmente con respecto al ángulo de entrada:

$$X_i^{CDM} = X_i^{CDM}(\theta_2); \quad Y_i^{CDM} = Y_i^{CDM}(\theta_2); \quad i = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Si el ángulo de entrada θ_2 está definido por una función temporal conocida, las ecuaciones anteriores se pueden escribir en función del tiempo y obtener las velocidades y aceleraciones mediante la primera y segunda derivadas.

De este modo, utilizando el método de Raven, se pueden plantear cuatro sistemas de ecuaciones (ecuaciones 3, 4, 5 y 6) para las cuatro cadenas cinemáticas que componen el mecanismo, de forma que el problema cinemático queda totalmente definido.

$$r_1 e^{j\theta_1} + r_2 e^{j\theta_2} + r_3 e^{j\theta_3} + r_4 e^{j\theta_4} = 0 \quad (3)$$

$$\overline{MB} + r_6 e^{j\theta_6} + r_8 e^{j\theta_8} = 0 \quad (4)$$

$$r_c e^{j\theta_7} + r_{11} e^{j\theta_{11}} = r_f e^{j\delta} + r_9 e^{j\theta_9} \quad (5)$$

$$r_A e^{j\theta_8} + r_{12} e^{j\theta_{12}} = r_{11} e^{j\theta_{11}} + r_{10} e^{j\theta_{10}} \quad (6)$$

Donde θ_j es el ángulo y r_j es la longitud de un eslabón j ; MB es la distancia entre los puntos M y B ; y δ es el ángulo definido entre la deslizadera y el eslabón del mecanismo de refuerzo, en sentido antihorario.

Tras resolver el sistema de ecuaciones correspondiente al mecanismo de Tchebychev, se obtienen los ángulos θ_4 y θ_3 , como funciones de θ_2 , como muestran las ecuaciones (7) y (8); a_{aux} , b_{aux} y c_{aux} son variables auxiliares dependientes de θ_2 que se han introducido para reducir el tamaño de la ecuación.

$$\theta_4 = \cos^{-1} \left(\frac{2a_{aux}c_{aux} + 2b_{aux}\sqrt{b_{aux}^2 - c_{aux}^2 + a_{aux}^2}}{2(a_{aux}^2 + b_{aux}^2)} \right) \quad (7)$$

$$\theta_3 = 2\pi - \cos^{-1} \left(\frac{-a_{aux} - r_4 \cos \theta_4}{r_3} \right) \quad (8)$$

Este mismo proceso se aplica al resto de sistemas de ecuaciones, de tal forma que los ángulos θ_8 , θ_6 , θ_7 (obtenidos mediante una sencilla relación geométrica con θ_6), θ_9 , θ_{11} , θ_{10} y θ_{12} se relacionan con el ángulo de entrada θ_2 mediante las expresiones de las ecuaciones (9)-(15). Como en el caso anterior, se han introducido los parámetros dependientes de θ_2 , f_{aux} , a_g , b_g , a_p , b_p , y c_{aux} con el fin de reducir el tamaño de las ecuaciones.

$$\theta_8 = -\cos^{-1} \frac{-f_{aux}x_{MB} - y_{MB}\sqrt{4r_8^2(x_{MB}^2 + y_{MB}^2) - f_{aux}^2}}{2r_8(x_{MB}^2 + y_{MB}^2)} \quad (9)$$

$$\theta_6 = \cos^{-1} \left(\frac{x_{MB} + r_8 \cos \theta_8}{r_6} \right) \quad (10)$$

$$\theta_7 = \theta_6 - \pi = \cos^{-1} \left(\frac{x_{MB} + r_8 \cos \theta_8}{r_6} - \pi \right) \quad (11)$$

$$\theta_9 = -\cos^{-1} \left(\frac{a_g x_{aux} \pm b_g \sqrt{4r_9^2(a_g^2 + b_g^2) - c_{aux}^2}}{2r_9(a_g^2 + b_g^2)} \right) \quad (12)$$

$$\theta_{11} = \cos^{-1} \left(\frac{r_f \cos \delta - r_c \cos \theta_7 + r_9 \cos \theta_9}{r_{11}} \right) \quad (13)$$

$$\theta_{10} = -\cos^{-1} \left(\frac{a_p c_{aux} \pm b_p \sqrt{4r_{10}^2(a_p^2 + b_p^2) - c_{aux}^2}}{2r_{10}(a_p^2 + b_p^2)} \right) \quad (14)$$

$$\theta_{12} = \cos^{-1} \left(\frac{r_{11} \cos \theta_{11} - r_A \cos \theta_8 + r_{10} \cos \theta_{10}}{r_{12}} \right) \quad (15)$$

Una vez que se han calculado todos los ángulos, la obtención de las posiciones de los puntos característicos del mecanismo es trivial. Por último, tomando la primera derivada de esas ecuaciones se obtendrán las velocidades angulares (y, seguidamente, las velocidades lineales de los puntos), y tomando la segunda derivada, las aceleraciones. Por tanto, la cinemática del mecanismo queda totalmente definida.

Implementación del modelo cinemático

Para realizar el cálculo del modelo cinemático se desarrollan dos algoritmos, uno secuencial y otro paralelo, que se implementan sobre C++ y sobre MATLAB (en versiones R2013b y R2017b). El diagrama de flujo del algoritmo secuencial se muestra en la figura 4. El algoritmo comienza con la introducción de los datos de entrada (dimensiones de los eslabones, condiciones iniciales, condiciones de iteración y tiempo total de la simulación). Posteriormente, se calcula la cinemática del mecanismo para cada paso de tiempo. En la implementación en C++ esto se hace mediante un bucle. Sin embargo, en MATLAB se puede prescindir de este bucle si se aprovechan las capacidades de este lenguaje de programación y se utiliza la vectorización. En último lugar, se almacenan los resultados, y se pueden graficar los mismos para un análisis visual.

El algoritmo paralelo para el cálculo de la cinemática se implementa también con MATLAB y C++. En MATLAB, los dos algoritmos son bastante similares y únicamente se deben añadir unas pocas líneas de código requeridas para llevar a cabo la computación paralela.

Sin embargo, la implementación del algoritmo en CUDA C++ requiere más operaciones. A cambio, se tiene un control total sobre la gestión de la memoria y de los hilos de

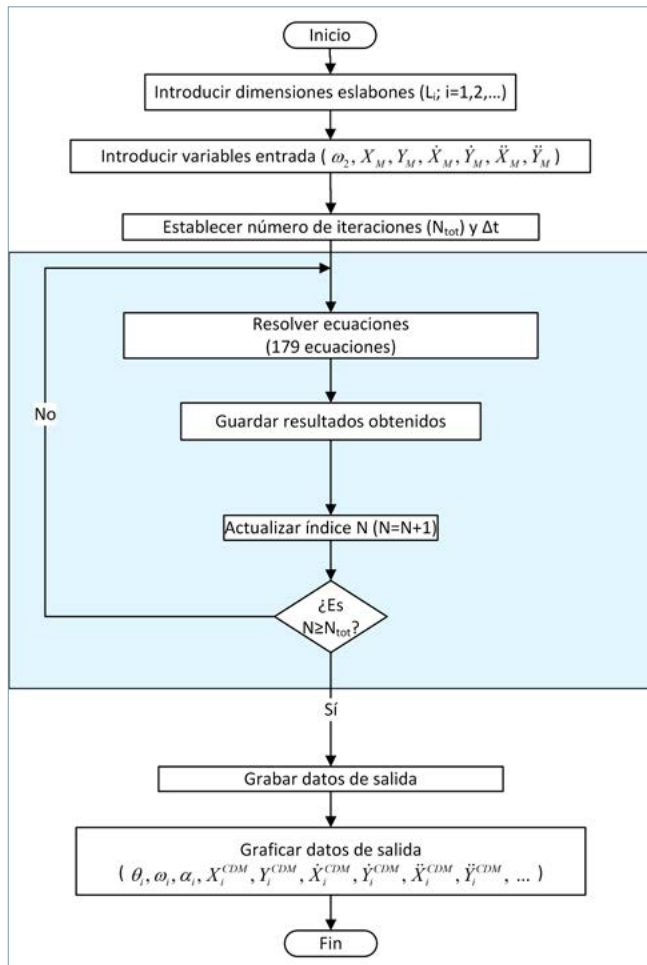


Figura 4. Diagrama de flujo del algoritmo secuencial para el cálculo de la cinemática del mecanismo.

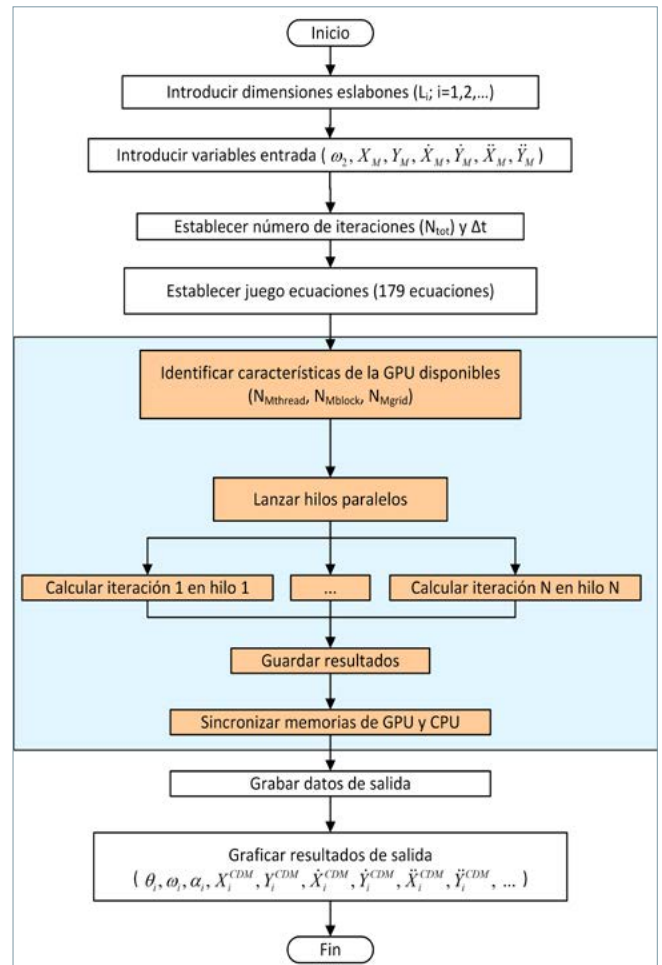


Figura 5. Diagrama de flujo del algoritmo paralelo para el cálculo de la cinemática del mecanismo.

ejecución. En la versión C++ del algoritmo paralelo, el bucle del algoritmo secuencial se sustituye por n hilos de ejecución, tantos como pasos de tiempo que calcular, que se lanzarán y ejecutarán en paralelo, en la GPU.

El diagrama de flujo del algoritmo paralelo se muestra en la figura 5. Las primeras etapas son idénticas a las del algoritmo secuencial: introducción de datos de entrada, condiciones iniciales, etc. Es en el siguiente paso en el que comienzan las diferencias. En primer lugar, es necesario identificar las características de la GPU que establecen el número máximo de hilos paralelos que se pueden lanzar y cómo debe hacerse. Concretamente, se identifica el número máximo de hilos por bloque ($N_{Mthread}$), el número máximo de bloques (N_{Mblock}) y el tamaño máximo de la malla (N_{Mgrid}). Esencialmente, estos parámetros determinan cuántos hilos por bloque y cuántos bloques pueden ejecutarse en la GPU. A continuación,

se asigna la memoria necesaria para las variables que se utilizarán y se ejecutan los hilos paralelos para calcular la cinemática. Los hilos se reparten en tantos bloques como sean necesarios para no sobrepasar el número máximo de hilos por bloque, de tal forma que no se excedan las capacidades de la GPU. Una vez realizados los cálculos, se sincronizan las memorias de la GPU y la CPU, se almacenan y se grafican los resultados.

Resultados

En este apartado se muestran los resultados de los tiempos de computación de los modelos presentados anteriormente en diferentes condiciones. Todos los experimentos se efectuaron en un PC con un procesador Intel Xeon E5410 a 2,33 GHz, 6 GB de memoria RAM y una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce GTX 660 Ti. Se utilizaron los programas MATLAB en versiones R2013b y R2017b, y Visual Studio

2010 Professional con la Toolkit 6 de CUDA.

Se han realizado experimentos con 10 niveles de coste computacional, para cada algoritmo y plataforma, monitorizando su tiempo de ejecución. Para cada nivel de coste de computación se han realizado 20 experimentos, con el fin de tener suficientes muestras para el tratamiento estadístico de los datos. Debido al elevado tiempo de ejecución de los últimos niveles de cómputo bajo MATLAB con CUDA y a que la tendencia era clara, estos resultados no se han incluido.

Los tiempos de ejecución obtenidos en los experimentos del modelo cinemático se recogen en la tabla 3. La primera columna corresponde al nivel de cómputo y muestra el número de pasos de iteración computados en cada simulación. Las siguientes columnas muestran el tiempo medio de ejecución y el factor de aceleración, el cual resulta de dividir el tiempo medio de ejecución

Nº de iteraciones	CUDA C++	C/C++	MATLAB R2013b CUDA	MATLAB R2013b	MATLAB R2017b CUDA	MATLAB R2017b
201	0,58	2,25	3.519,93	4,56	2.689,30	24,69
601	0,92	6,85	9.870,59	10,73	7.627,83	11,08
1.101	1,37	12,25	17.972,87	18,81	13.516,83	11,23
2.501	1,38	22,35	43.713,21	34,44	30.523,87	26,89
5.001	1,39	56,00	101.802,52	52,82	66.296,07	37,04
10.001	2,69	111,90	297.063,77	86,12	109.086,69	84,16
20.001	4,03	232,95	764.855,43	171,45	255.940,32	159,83
100.001	17,50	1.233,35	--	908,15	--	661,00
500.001	81,14	7.507,65	--	4.974,47	--	3.573,22
1.000.000	165,67	14.687,80	--	9.527,56	--	7.152,59

Tabla 3. Tiempos de ejecución (en milisegundos) del modelo cinemático.

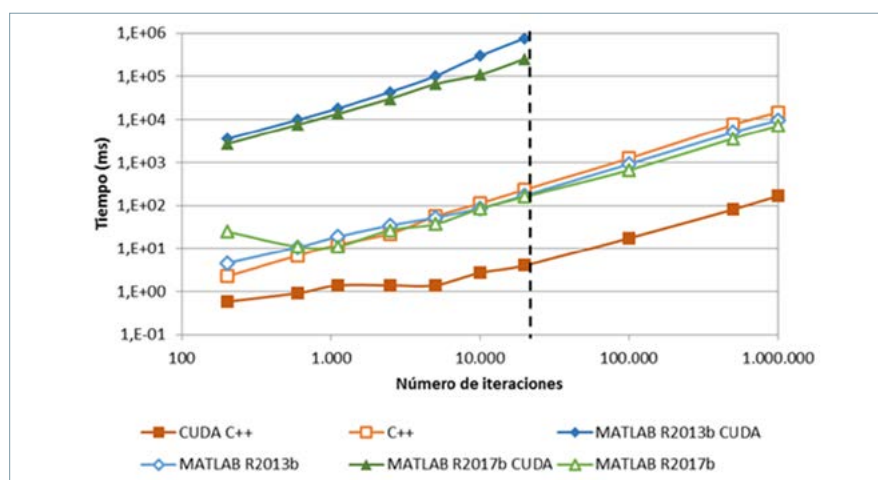


Figura 6. Evolución de los tiempos de ejecución obtenidos en función del número de iteraciones.

de cada nivel de computación y plataforma entre el tiempo medio obtenido en las simulaciones bajo CUDA C++. Los datos de la tabla 3 solo contabilizan el tiempo empleado en la resolución de las ecuaciones; no tienen en cuenta el tiempo requerido para asignar memoria u otras variables.

La figura 6 muestra la evolución de los tiempos medios de ejecución, con ambos ejes en escala logarítmica. Se observa que el mejor rendimiento se obtiene usando CUDA C++. Los algoritmos sobre C++ y MATLAB muestran un desempeño similar para un número bajo de iteraciones, y MATLAB es más rápido que C++ para los números de iteraciones más elevados. No obstante, ambos son más lentos

que el código de CUDA C++. La combinación de MATLAB con la GPU resulta la más lenta de todas, a pesar de seguir las recomendaciones del desarrollador del programa y utilizar la vectorización (MATLAB 2013). Durante estos experimentos, también se ha comprobado que la precisión doble en coma flotante y, particularmente, la existencia de sentencias de control como *if-end* perjudican la ganancia de tiempo en MATLAB CUDA.

Comparando los resultados de las dos versiones de MATLAB se aprecia un ligero incremento de la velocidad de cálculo de la versión más reciente del programa.

También es interesante representar los factores de aceleración del cómputo

utilizando CUDA C++ respecto a C++ y MATLAB, como se muestra en la figura 7. En esencia, se representa cuántas veces es más rápido el cálculo utilizando CUDA C++ respecto a utilizar C++ (en naranja) y MATLAB (en azul y verde). En la figura 7 no se han incluido los resultados obtenidos de las simulaciones con MATLAB CUDA (resultados desfavorables, como se comentó anteriormente) por cuestiones de claridad en la gráfica. Se aprecia que CUDA C++ ejecuta las rutinas hasta 90 veces más rápido que C++ y hasta 40 veces más rápido que MATLAB. También se observa que, a partir de 2.500 iteraciones, MATLAB es más rápido que C++.

En la figura 8 se representa la evolución del tiempo de ejecución por iteración de las seis implementaciones llevadas a cabo. Se observa que el tiempo por iteración en CUDA C++ se reduce a medida que aumenta el número de estas, hasta llegar a las 100.000. A partir de aquí, se estabiliza en torno a $1,4 \cdot 10^{-4}$ ms por iteración. El tiempo de cómputo por iteración para la implementación en C++ es prácticamente constante, con un valor de 0,01 ms/iteración. Sin embargo, la versión de MATLAB de la rutina sigue una ligera pendiente descendente que comienza en 0,02 ms/iteración y acaba en 0,005 ms/iteración. En lo referente al código en MATLAB CUDA, el tiempo por iteración presenta también una tendencia descendente.

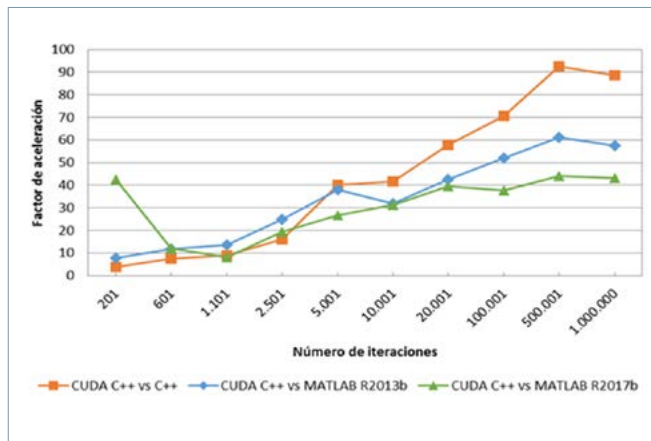


Figura 7. Evolución de la aceleración del cómputo de CUDA C++ respecto a C++ y respecto a MATLAB.

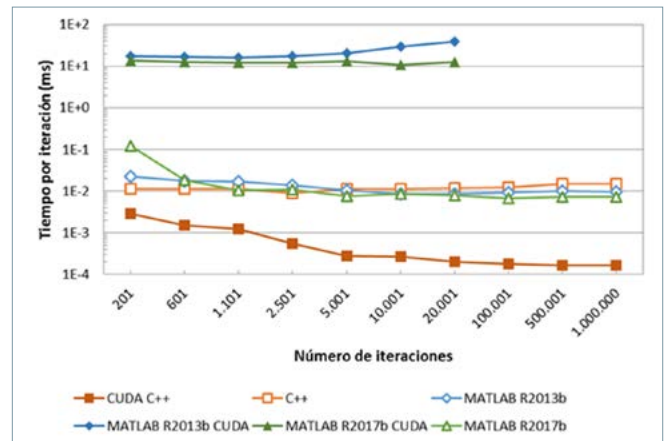


Figura 8. Evolución de los tiempos de ejecución por iteración.

Conclusiones

En este trabajo se ha estudiado el coste computacional de la cinemática de un mecanismo ferroviario. Para ello se han empleado métodos de computación secuencial (utilizando solo la CPU) y en paralelo (mediante GPU). Los tiempos de ejecución necesarios para el cálculo de cada proceso se han analizado sobre cuatro plataformas distintas: C++, MATLAB, C++ con CUDA y MATLAB con CUDA, y con diferentes volúmenes del problema.

Los resultados del modelo cinemático del mecanismo ferroviario, consistente en cálculos puramente iterativos, prueban la eficiencia del GPGPU. Los menores tiempos de ejecución se obtienen con CUDA C++. Es la opción más recomendable cuanto mayor es el número de iteraciones que calcular, y se obtienen reducciones temporales de hasta 90 veces respecto a C++, de hasta 60 veces respecto a MATLAB R2013b y de hasta 40 veces respecto a MATLAB R2017b. Por el contrario, la implementación del GPGPU en MATLAB no arrojó los resultados esperados en ninguna de las dos versiones de MATLAB probadas, siendo la implementación más lenta de todas.

La comparación entre las dos versiones de MATLAB (R2013b y R2017b) muestra un ligero aumento del rendimiento en la edición más nueva del programa, de modo que se reducen los tiempos de cálculo tanto sobre la CPU como utilizando la GPU.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo brindado por el Gobierno español para

la financiación de este trabajo a través del proyecto competitivo MAQ-STATUS DPI2015-69325-C2-1-R.

Bibliografía

- Bustos, A., Carbone, G., Rubio, H., Ceccarelli, M. Y García Prada, J.C., 2015. Sensitivity analysis on MIMBOT biped robot through parallel computing. En: J.M. FONT-LLAGUNES (ed.), *ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics 2015: Proceedings of the ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics 2015*. Barcelona: International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE), pp. 1504-1515. ISBN 978-84-944244-0-3.
- Bustos, A., Rubio, H., García Prada, J.C. Y Meneses, J., 2015. The Evolution of the Computing Time in the simulation of Mimbot-Biped Robot using Parallel Algorithms. *Proceedings of the 14th IFToMM World Congress*. Taipei, Taiwan: s.n., pp. 347-354. ISBN 978-986-04-6098-8.
- Castonguay, P., 2012. Accelerating CFP simulations with GPUs. *CLUMEQ: NVIDIA CUDA/GPU workshop* [en línea]. Montreal, Canadá. [Consulta: 7 febrero 2018]. Disponible en: http://www.hpc.mcgill.ca/downloads/intro_cuda_gpu/2012-12-45/ClumeqCastonguay.pdf.
- Després, P. y JIA, X., 2017. A review of GPU-based medical image reconstruction. *Physica Medica*, vol. 42, pp. 76-92. ISSN 11201797. DOI 10.1016/j.ejmp.2017.07.024.
- García Blas, J., Abella, M., Isaila, F., Carretero, J. y Desco, M., 2014. Surfing the optimization space of a multiple-GPU parallel implementation of a X-ray tomography reconstruction algorithm. *Journal of Systems and Software*, vol. 95, pp. 166-175. ISSN 01641212. DOI 10.1016/j.jss.2014.03.083.
- Ghorpade, J., Parande, J., Kulkarni, M. y Bawaskar, A., 2012. GPGPU Processing in CUDA Architecture. *Advanced Computing: An International Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 105-120. ISSN 2229726X. DOI 10.5121/acij.2012.3109.
- Harris, M., 2013. Unified Memory in CUDA 6. *NVIDIA Developer Blog* [en línea]. [Consulta: 7 febrero 2018]. Disponible en: <https://devblogs.nvidia.com/unified-memory-in-cuda-6/>.
- Hwu, W.W., 2011. *GPU computing gems: Jade edition*. San Francisco, Cal.: Morgan Kaufmann. ISBN 978-0-12-385963-1.
- Matlab, 2013. *Measure and Improve GPU Performance. MATLAB® R2013b help*. 2013. S.l.: s.n.

- Mawson, M.J. y Revell, A.J., 2014. Memory transfer optimization for a lattice Boltzmann solver on Kepler architecture nVidia GPUs. *Computer Physics Communications*, vol. 185, no. 10, pp. 2566-2574. ISSN 0010-4655. DOI 10.1016/j.cpc.2014.06.003.
- Negrut, D., Serban, R. y Tasora, A., 2017. Posing Multibody Dynamics With Friction and Contact as a Differential Complementarity Problem. *Journal of Computational and Nonlinear Dynamics*, vol. 13, no. 1, pp. 014503-014509. ISSN 1555-1415. DOI 10.1115/1.4037415.
- Ren, Q. y Chan, C.L., 2016. Numerical study of double-diffusive convection in a vertical cavity with Soret and Dufour effects by lattice Boltzmann method on GPU. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 93, pp. 538-553. ISSN 00179310. DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.10.031.
- Sierakowski, A.J., 2016. GPU-centric resolved-particle disperse two-phase flow simulation using the Physalis method. *Computer Physics Communications*, vol. 207, pp. 24-34. ISSN 00104655. DOI 10.1016/j.cpc.2016.05.006.
- Tasora, A. y Anitescu, M., 2011. A matrix-free cone complementarity approach for solving large-scale, nonsmooth, rigid body dynamics. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 200, no. 5-8, pp. 439-453. ISSN 00457825. DOI 10.1016/j.cma.2010.06.030.
- Tasora, A., Negrut, D. y Anitescu, M., 2011. GPU-Based Parallel Computing for the Simulation of Complex Multibody Systems with Unilateral and Bilateral Constraints: An Overview. En: K. ARCZEWSKI, W. BLAJER, J. FRACZEK y M. WOJTYRA (eds.), *Multibody Dynamics* [en línea]. Dordrecht: Springer Netherlands, Computational Methods in Applied Sciences, pp. 283-307. [Consulta: 7 febrero 2018]. ISBN 978-90-481-9970-9. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-9971-6_14.
- Tasora, A., Serban, R., Mazhar, H., Pazouki, A., Melanz, D., Fleischmann, J., Taylor, M., Sugiyama, H. Y Negrut, D., 2015. Chrono: An open source multi-physics dynamics engine. *High Performance Computing in Science and Engineering* [en línea]. Solá, Czech Republic: Springer, Cham, pp. 19-49. ISBN 978-3-319-40360-1. DOI 10.1007/978-3-319-40361-8_2. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-40361-8_2.
- Taylor, M.B., 2017. The Evolution of Bitcoin Hardware. *Computer*, vol. 50, no. 9, pp. 58-66. ISSN 0018-9162. DOI 10.1109/MC.2017.3571056.

Metodologías didácticas utilizadas en el diseño industrial para la implementación de las competencias marcadas y su inserción profesional

Didactic methodologies used in industrial design for the implementation of the marked competencies and their professional insertion

Enrique Soriano Heras^{1*}, Jesús Manuel García Alonso², Fernando Blaya Haro³, Roberto D'Amato³, Manuel Enrique Islán Marcos³

Resumen

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM), la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) y el Colegio Salesianos Atocha (CSA) han trabajado en la enseñanza de sus asignaturas a través del Aprendizaje Orientado a Proyectos (AOP). Más tarde también implementaron metodologías didácticas para lograr mayor desarrollo en las competencias de los estudiantes. Estas escuelas incorporaron Aprendizaje-Servicio (ApS), Documentación Técnica Dinámica (DTD), Google-Sites y Moodle. Posteriormente, han agregado otras metodologías de enseñanza a fin de mejorar aún más la capacitación de los estudiantes, en las unidades de capacitación que son particularmente difíciles de comprender, metodologías didácticas como Kounaikenshuu, Flipped-Classroom y herramientas como Portfolio, Plickers y Kahoot. La implementación de estas nuevas metodologías didácticas no solo mejoró la formación académica de los estudiantes, sino que también logró las competencias marcadas para el doble grado en Diseño e Ingeniería Mecánica en UPM y Mecatrónica Industrial en CSA. Estos resultados también fueron confirmados por las encuestas de satisfacción llevadas a cabo por los socios colaboradores de los proyectos que mostraron mejoras de entre el 19% y el 43% en la formación teórica y entre el 53% y el 68% en formación práctica en UPM, mientras que en CSA, la mejora fue del 22% y del 85%, respectivamente.

Palabras clave

Collaborative-Work, Flipped-Classroom, Kounaikenshuu, Project-Oriented Learning.

Abstract

Technical University of Madrid (UPM), University Carlos III of Madrid (UC3M) and the Salesianos Atocha College (CSA) have been steadily working on teaching their subjects through the Project-Oriented Learning (POL) methodology. Later they also implemented more didactics methodologies in order to achieve higher development in the competences of students. These schools incorporated Service-Learning (SL), and several other tools such as Dynamic Technical Documentation (DTD), Google Sites and Moodle. Recently, other teaching methodologies have been added in order to further improve the training of students, which pay special attention to units which are particularly difficult to understand, didactic methodologies such as Kounaikenshuu, Flipped Classroom, and tools such as Portfolio, Plickers and Kahoot. The implementation of these new didactic methodologies not only improved students' academic training, but also achieved the competencies marked for the double degree in Design and Mechanical Engineering at UPM and Industrial Mechatronics in the CSA. These results were also confirmed by the satisfaction surveys carried out by the collaborating partners of the projects which showed improvements of between 19% and 43% in theoretical training and between 53% and 68% in practical training at UPM. In CSA, the improvement in theoretical training was 22% and 85% in practical training according to the criterion of the partner-collaborators.

Keywords

Collaborative-Work, Flipped-Classroom, Kounaikenshuu, Project-Oriented Learning.

Recibido / received: 01.06.2018 Aceptado / accepted: 08.06.2018.

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid. ²Colegio Salesianos Atocha, Madrid, España. ³ETSIDI. Universidad Politécnica de Madrid, España.

*Autor para correspondencia: Enrique Soriano Heras (esoriano@ing.uc3m.es).



Foto: Shutterstock.

Introducción

La innovación que se está produciendo cada vez a un ritmo más rápido a todos los niveles, tecnológico, laboral, social, etc., precisa de ingenieros versátiles y flexibles capaces de adaptarse rápidamente a las necesidades del mundo industrial, donde el modelo socio-productivo se ha impuesto. Para ello se necesita que las universidades cambien los modelos de enseñanza-aprendizaje y se adapten a los nuevos retos. Hay que sustituir las metodologías didácticas tradicionales por metodologías didácticas activas, que modifiquen el aprendizaje de los conceptos teórico-prácticos, así como aspectos de planificación, realización, pensamiento, etc. y potenciar competencias interdisciplinarias, sociales y culturales, acordes a las enseñanzas a transmitir (Tippelt R. & Lindemann H., 2001).

Empresas como HP, Telefónica, Ascent, Seat, Mastercard, Educaweb y Humantiks impulsadas por el Mobile World Congress (MWC) están intentando acercar las carreras de perfil STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas) a los estudiantes de primaria, a través de actividades lúdicas preparadas para tal fin, ya que por una parte, dentro de unos años el

65% de los estudiantes de primaria van a estudiar carreras que no les servirán y, por otra parte, cada vez hay menos estudiantes que eligen las carreras de perfil STEAM, especialmente las mujeres, y se necesita para el año 2020 un crecimiento de estos perfiles en Europa del 14% y del 10% en España. Sin embargo, actualmente, estos perfiles están disminuyendo en matriculaciones, un 25% en Europa y un 40% en España.

Por todo ello, ante las necesidades de futuro y los rápidos cambios que se están produciendo en la sociedad, es importante la implantación en educación de una inquietud, de ir un paso más allá de lo explicado en el aula, investigando, experimentando, analizando y buscando soluciones a los problemas existentes hoy día en la sociedad. Los científicos e ingenieros están generando hoy en día, avances tecnológicos a un ritmo cada vez más acelerado. Para que se pueda producir, se requieren aparte de unos sólidos conocimientos teóricos, unas habilidades o destrezas como pueden ser: trabajo en equipo, espíritu emprendedor, comunicación verbal o escrita, curiosidad, creatividad y, sobre todo, una actitud proactiva (Vannevar, 1945). En esta línea,

varios autores han expresado que para un desarrollo tecnológico el papel de la ingeniería es fundamental (Keating, D. & T. G. Stanford, 1999; Ciampi et al., 2011; Da Brito et al., 2011).

Actualmente, hay diferentes estudios por todo el mundo sobre cuáles son las metodologías más idóneas para el aprendizaje en estudiantes de ingeniería. Algunos autores han expresado que el uso de las tecnologías de la información y comunicación va a ser fundamental en un futuro próximo (Tao et al., 2000; Seery et al., 2010; Islam, 2012). Otros autores, por el contrario, han puesto los focos de atención sobre los modelos pedagógicos, currículos educativos, planes de estudio, etc., fomentando habilidades como la creatividad, el trabajo en equipo y demás (Vaezi-Nejad et al., 2005; Godfrey, 2006; Zheng et al., 2009).

En el presente artículo se presenta un estudio sobre las metodologías didácticas usadas en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid, en la Escuela Superior de Ingeniería y Diseño Industrial en cuarto curso de Doble Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto y en Ingeniería Mecánica,

Metodologías didácticas	Hecho por	Asignaturas	Horas	Mes
Kounaikenshuu: Yugyou Kenkyuu Yugyou Bunseki Flipped Classroom: Software: Plickers Kahoot! Moodle	Equipo de docentes	Oficina técnica Diseño mecánico Análisis y síntesis Digitaliz.	6 4 4 4	De junio a septiembre
Aprendizaje Orientado a Proyectos (AOP), a través de proyectos de Aprendizaje Servicio (ApS) Flipped Classroom (FC) Trabajo colaborativo (TC) Utilización herramientas: Google Drive. - Plickers - Kahoots - Moodle	Estudiantes	Oficina técnica Diseño mecánico Análisis y síntesis Digitaliz.		De septiembre a enero

Tabla 1. Asignaturas que participan en la experiencia.

en las asignaturas de Oficina técnica, Diseño mecánico, Digitalización tridimensional y Prototipado rápido y Análisis y síntesis de mecanismos.

Para una mayor información sobre los fundamentos utilizados en la Universidad Politécnica de Madrid, en el Doble Grado en Ingeniería en Diseño Industrial, se puede consultar el artículo publicado por este mismo departamento para el Congreso ICERI 2016 (Sevilla) (Blaya et al., 2016).

Metodología

Hasta el año 2014, se utilizó en la ET-SIDI la metodología AOP. Un equipo de docentes planteó a los estudiantes proyectos reales, a fin de llevar a la práctica los contenidos teóricos impartidos en las asignaturas, logrando estudiantes más proactivos, responsables y comprometidos con su aprendizaje. Fue necesario para ello un buen manejo de diversas herramientas tanto informáticas como fuentes de información por parte de los estudiantes. Con esta metodología de aprendizaje, los estudiantes lograron una visión interdisciplinar y global de todas las asignaturas participes, mientras que

los docentes mejoraron en aspectos como trabajo en equipo, relación con otros departamentos y mejora continua (García et al., 2013). Observando que se habían producido mejoras, pero no se habían solventado carencias importantes, tanto en los conceptos teóricos como en algunas de las habilidades a desarrollar, el equipo de docentes se decantó por añadir nuevas metodologías didácticas, con la idea de mejorar la formación de los futuros ingenieros. Esta nueva estrategia de metodologías se puede ver en la tabla 1. Como se puede observar, estas metodologías no solo están enfocadas hacia los estudiantes, sino también hacia el equipo de docentes. Así, por ejemplo, la metodología Kounaikenshuu (K) ayuda al equipo de docentes a mejorar toda la documentación de cada una de las asignaturas, comenzando por aquellas más difícil de asimilar por los estudiantes.

Las metodologías implementadas desde el verano de 2014, fueron:

- Kounaikenshuu (K). Los docentes eligen dos unidades didácticas difíciles de comprender por los estudiantes y durante los meses de junio y julio, de todos los años hasta la fecha, se reúnen

con la finalidad de exponer al resto de componentes del equipo docente cómo imparten ellos la materia, para mejorar el contenido entre todos. En un verano se suelen mejorar entorno a 10 unidades didácticas (UD). Al año siguiente se realiza una revisión de los resultados por si fuese necesario volver a mejorar los contenidos didácticos.

- Flipped Classroom (FC). Consistió en transferir lo que habitualmente se realizaba en el aula (explicación teórica de los contenidos) a su realización fuera del aula, dejando las horas de clase para la resolución de problemas o prácticas lo más reales posibles, así como proyectos. En la tabla 2 se puede observar cómo aplicando esta metodología, en las horas de aula queda tiempo para desarrollar proyectos reales y de ApS o realización de problemas-prácticas. Por ejemplo, en clases de 2 horas de duración, se pueden llegar a sacar hasta 55 minutos para realizar problemas en el aula o el proyecto seleccionado.

En cuanto a las metodologías aplicadas a los estudiantes, hay que decir que el AOP fue un gran acierto el día que se implantó en el Doble Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y De-

Fuera del aula	Aula			Lab.	
Trabajo personal	Intro	Test individual	Test equipo	Calif./Corr	Horas semana/ Tiempo proyecto
40'a 50'	Max 10'	Max.20'	Max.20'	Max. 15'	2 h 55'
					2,5 h 85'
					4 h 175'
					4,5 h 205

Tabla 2. Distribución temporal para UD por semana.

sarrollo de Producto y en Ingeniería Mecánica, pero con la ayuda de los contenidos didácticos mejorados durante el verano y, subidos a Google Drive acompañados de vídeos creados por el equipo docente, para que los estudiantes puedan hacer uso de ellos, en cualquier momento, ubicación u hora, se está consiguiendo que el estudiante sea protagonista de su aprendizaje, los proyectos sean el epicentro y los docentes, asesores, facilitadores y acompañantes en ese aprendizaje (de Miguel Díaz, 2005).

El trabajo colaborativo se lleva a cabo a través de la plataforma Google Drive, en el que los estudiantes consultan, toman apuntes, dejan en el portfolio allí ubicado lo que van realizando en el día a día, trabajan todos juntos sobre el documento común del proyecto que están llevando a cabo. Es una herramienta eficaz, tanto para los estudiantes como para el equipo docente y en la que pueden llevar un seguimiento más exhaustivo del trabajo realizado por cada uno de los estudiantes, así como de la marcha del proyecto.

En algunas materias, se han utilizado de vez en cuando programas como: Plickers y Kahoot!, para obtener un *feedback* del seguimiento y comprensión de la materia que estaba llevando a cabo el estudiante en ese momento tanto fuera del aula, como en la propia aula.

Desarrollo de la experiencia

La experiencia se ha desarrollado estos años en cinco fases:

En la primera fase, de enero a septiembre, se buscaron proyectos reales, a poder ser de ApS a través de ONG, ayuntamientos, socios colaboradores, etc., que tuviesen relación con las asignaturas por impartir.

La segunda fase, meses junio y julio, el equipo docente, mejoró dos unidades didácticas, difíciles de comprender

por los estudiantes, de cada asignatura, logrando una mejora de diez unidades didácticas, por verano.

En septiembre se comenzó con la presentación de los proyectos seleccionados para su realización, con la presencia de los docentes de las materias implicadas, representantes de ONG, ayuntamientos, etc. Se informó a los estudiantes sobre el contenido y alcance de cada uno de los proyectos, para que fueran estos, según intereses propios o motivación, los que eligieran el proyecto más idóneo para ellos. Durante la presentación, se les explicó la forma de impartir (K y FC) y de evaluar cada una de las materias, el peso que tenía los contenidos teóricos, proyectos y, sobre todo, cómo se iban a evaluar las actitudes, con el fin de conseguir las competencias marcadas por ANECA.

La tercera fase comenzó en la segunda semana de septiembre, en la cual los docentes empezaron a subir a Google Drive los apuntes de las materias para que los alumnos las estudiaran fuera del aula, dejando para el aula, las dudas y el trabajo práctico de problemas o proyecto a realizar. En la puerta de cada una de las aulas se colocó mes a mes lo que se iba a trabajar en cada una de las sesiones de las materias: contenidos, problemas, proyecto seleccionado por ellos, etc.

Como se puede ver en la tabla 2, en materias de duración 2 horas y media, se llegó a dedicar a los problemas o el proyecto hasta 85 minutos, lo que resultó muy positivo para el estudiante, y el aprovechamiento de las horas de aula. El desarrollo para una UD nueva, en una clase de 2 horas y media sería: fuera del aula (casa, biblioteca, etc.) realización de un trabajo personal de unos 40 a 50 minutos. Es ahí donde el estudiante realiza un trabajo de preparación, entendimiento y aprendizaje de la materia, y es responsabilidad del propio estudiante su formación. Deja

para el aula, la discusión y resolución de aquellos problemas que en la enseñanza tradicional se planteaban fuera del aula.

Ya en el aula, el profesor realizó una introducción de la materia de 10 minutos máximo. A continuación, se pasó un test a los estudiantes, con las herramientas informáticas Plickers o Kahoot!. De manera individual, marcaron aquellas respuestas que consideraron correctas, según lo comprendido por ellos, por la documentación facilitada para la UD. Estas herramientas dejaban constancia del estudio realizado por cada uno de los estudiantes, así como de los conceptos más dificultosos de comprender para ellos. Una vez realizado el test y teniendo el docente en tiempo real los resultados y grado de conocimientos de los fundamentos teóricos, se vuelve a realizar otro test, pero esta vez de manera grupal (componentes del grupo del proyecto) con el propósito que entre ellos se pasen los conceptos adquiridos durante el estudio de la materia. Al finalizar el test, el profesor resuelve todas las cuestiones y atiende a las dudas que se planteó a los estudiantes. Hay que señalar que al principio (meses de septiembre y octubre) esta nueva metodología no cautivó a los estudiantes, pero a mediados de noviembre y diciembre, les resultó muy interesante y práctica, ya que acudían al aula a ser parte activa de cada una de las materias y su aprendizaje comenzaba a ser significativo. Una vez aclaradas las dudas, el tiempo restante de clase se aprovechó para realizar problemas reales, prácticas o la realización del proyecto ApS. Hay que señalar que de una UD a otra pueden pasar 2 o 3 semanas, dejando tiempo para la consecución de las competencias marcadas en el Libro Blanco de ANECA.

Mientras los estudiantes debatían sobre los test en grupo, o realizaron partes del proyecto, el equipo de docentes toma notas, valora las actitudes encontradas por cada uno de los estu-

diantes en su trabajo en grupo como: trabajo en equipo, comunicación con el resto de componentes del equipo, liderazgo, etc. Hasta la segunda semana de octubre, los estudiantes se documentaron sobre el proyecto a realizar y bocetaron ideas.

La cuarta fase empezó a partir de la cuarta semana de septiembre, con una presentación de la idea que habían pensado para la realización del proyecto, ante sus propios compañeros, equipo docente y socios colaboradores (ONG, ayuntamientos, etc.) y obtuvieron su primera calificación por pares. Además de la presentación, realizaron la primera entrega de documentación a nivel individual y de equipo de trabajo. Esta primera entrega consta de: bocetos, diseño inicial, idea, así como documentación encontrada. Esta fase duró hasta la entrega final del proyecto y, por tanto, del cuatrimestre.

La quinta fase, y última, comenzó una vez terminado y entregado el proyecto. Según la metodología japonesa Kounaikenshuu (K), en ella se encuentra la etapa Jugyou Bunseki, "el análisis de clase", en el que a través de una reflexión crítica por parte de los propios estudiantes sobre su proyecto, así como de los docentes y socios colaboradores, se valoran los aprendizajes y las competencias conseguidas, así como las dificultades encontradas en todo el proceso educativo.

Como se ha expuesto anteriormente, el proyecto fue controlado por parte del equipo docente a través del portfolio, diseñado para tal fin. Se marcaron las fechas de entrega, tanto individuales (responsabilidad individual) como del equipo de trabajo, así como las presentaciones realizadas. Siempre se tienen presente aspectos en el proyecto como: ecodiseño, sostenibilidad, criterios culturales (países africanos) y la suficiente documentación técnica para su implementación en esos países.

Una vez que el proyecto estuvo terminado, se presentó a los docentes y resto de estudiantes una vez más; cada grupo adjuntó un informe que constó de:

- Un póster en DIN-A0, en el que se comentan las características fundamentales del proyecto.
- Un anuncio publicitario en cartón pluma, en formato DIN-A2.
- Un informe con los resultados y conclusiones del trabajo, haciendo

especial hincapié en cómo el trabajo responde a las necesidades establecidas a las bases del concurso.

- Una reflexión personal de cómo les sirvió el proyecto realizado, para la consecución de las competencias señaladas por el Ministerio de Educación, así como en su incorporación al mundo profesional.

- Un dossier con todos los documentos que debe tener un proyecto, memoria, estado del arte, cálculos, planos, pliego de condiciones, presupuesto y bibliografía.

Todos los meses se entregó a los estudiantes una encuesta, formada por 41 preguntas, para que analizaran tanto su responsabilidad individual como la colectiva del equipo de trabajo, hacia el proyecto que estaban llevando a cabo.

El propósito de esta herramienta fue:

- Aprender a realizar los cambios necesarios.
- Aumentar la eficiencia y eficacia del grupo de trabajo, centrándose en cómo el grupo celebrará los éxitos, y se concentrará en:
 - Afrontar los retos que aún les queda por vencer.
 - Motivarse unos a otros, para mejorar la sintonía y eficacia del equipo de trabajo.
 - Ver cómo van progresando todos juntos.

También se realizó mensualmente, con un desfase respecto a la encuesta

Propuesta	5%
Posible solución	10%
Diseño	25%
Implementación de prototipos	25%
Presentación oral	10%
Documentación escrita	10%
Actitudes	10%
Valoración compañeros	5%

Tabla 3. Distribución temporal para UD por semana.

anterior de 15 días, una rúbrica (instrumento de evaluación), con la idea de evaluar y analizar el desempeño de cada miembro del equipo de trabajo evaluados por ellos mismos para detectar posibles problemas de trabajo. Estas herramientas de evaluación fueron un recurso que el equipo de docentes puso a disposición de los estudiantes con el fin de que fuesen ellos los que detectasen los aciertos y los inconvenientes del trabajo en equipo, así como los problemas que surgen en todo proyecto e intentar buscar soluciones.

La evaluación de cada asignatura consistió en: un examen teórico (ET), un proyecto (P) y el grado de interés del estudiante (I).

En el caso de la UPM, la calificación final (CF) fue la obtenida después de aplicar la siguiente fórmula:

$$CF = 0,3*ET + 0,65*P + 0,05*I$$

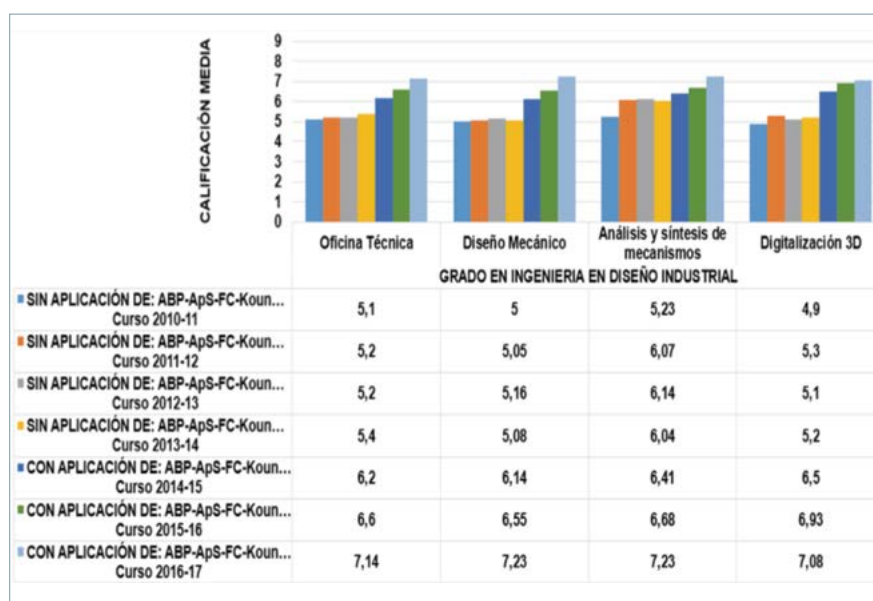


Figura 1. Calificaciones medias de conocimientos teóricos.

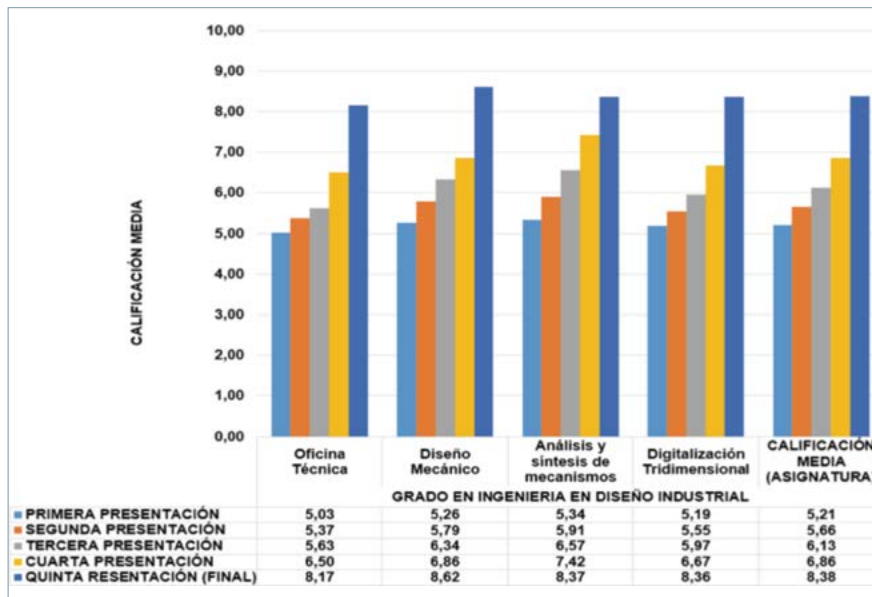


Figura 2. Calificaciones de la presentación de proyectos en el curso 2016-17.

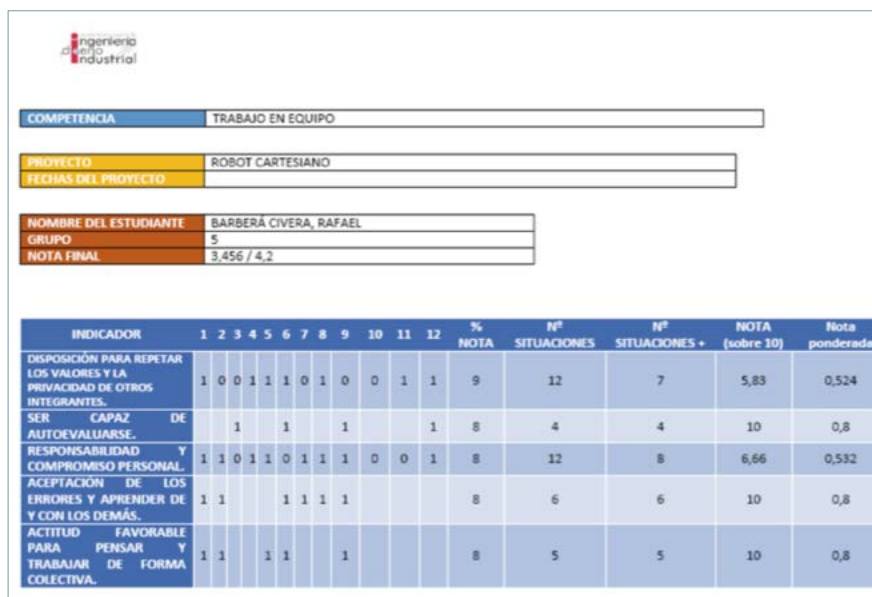


Figura 3. Ficha de seguimiento individual actitudes estudiantes.

- Examen teórico (ET). Conocimientos técnicos de la materia impartidos en clase. Valoración máxima: 3 puntos.
- Proyecto (P). Consecución de competencias profesionales, personales y sociales, conseguidas en la realización del proyecto AOP-FC, según la tabla 3, para resolver o manejar proyectos similares.
- Interés (I). Evaluación realizada por el docente en función del interés demostrado por el estudiante hacia la materia impartida considerando: puntualidad, asistencia a clase, constancia, entrega de trabajos, etc.

Los criterios de evaluación del aprendizaje en el proyecto, fueron: planteamiento del problema, posible solución, diseño, implementación-prototipo y presentación oral. En la tabla 3, se desgrena el peso asignado a cada concepto en cada momento. Los pesos que aparecen en la tabla han sido asignados por el equipo docente de común acuerdo.

Para superar las asignaturas fue necesario tener aprobados los tres apartados. En caso de no superar alguno de ellos, las calificaciones aptas se guardaron a los estudiantes durante dos convocatorias.

Resultados y análisis

Entre los cursos académicos 2010-11 y 2013-14, se vino utilizando la metodología de enseñanza tradicional en la Universidad Politécnica de Madrid, consistente en la explicación de contenidos teóricos acompañados de una serie de ejercicios, o de prácticas de laboratorio. Todo ellos se llevaba a un examen final de la materia y no había proyecto como tal, ni valoración sobre la tercera dimensión de las competencias, la consecución de las actitudes marcadas por ANECA, por parte de los estudiantes. A partir del curso 2014-15 se implementaron las metodologías activas descritas en el apartado anterior.

Las calificaciones conseguidas por los estudiantes de Doble Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto y en Ingeniería Mecánica en las asignaturas de: Oficina técnica, Diseño mecánico, Digitalización tridimensional y Análisis y síntesis de mecanismos a lo largo de estos últimos cursos académicos se pueden ver en la figura 1.

Las calificaciones obtenidas a partir de las metodologías activas aplicadas a partir del curso académico 2014-15 han conseguido un mejor aprendizaje y entendimiento de los conceptos teóricos (v. Fig. 1).

Como se ha comentado, el examen teórico tenía un peso del 30% sobre la calificación final, y junto con el proyecto a realizar, con un peso del 65%, era imprescindible superar ambos criterios para que se realizase la media de las calificaciones. Entre los cursos 2010-2014, el porcentaje de no aptos osciló entre el 7% y el 12% de los estudiantes, mientras que entre los cursos 2014-2017, el porcentaje de no aptos se redujo al 2,43% de los estudiantes.

Por último, el tercer criterio para conseguir las competencias marcadas por ANECA, las actitudes, se fue realizado por una parte siguiendo los criterios marcados por el Ministerio de Educación y, por otra parte, la valoración dada por los propios compañeros del equipo de trabajo: test, rúbricas y otras. Hay que reseñar que esta metodología sirvió para que el equipo docente llevase un seguimiento de los equipos de trabajo y detectar posibles conflictos antes de que se llegasen a producir.

Para la valoración de las actitudes el equipo de docentes dispuso de unas fichas, como se ha dicho anteriormente,

similares a las facilitadas por el Ministerio de Educación, sobre conceptos como: liderazgo, trabajo en equipo, comunicación, innovación, espíritu emprendedor, etc. Se cumplimentaron en el aula durante el tiempo dedicado al proyecto en cada una de las materias (v. Fig. 3).

Conclusiones

Con las metodologías activas aplicadas constituidas por: AOP, ApS, FC y Kounaikenshuu, así como el trabajo colaborativo, mejoraron no solo las competencias de los propios estudiantes, sino también la de los propios docentes:

- Estudiantes:
 - Mayor grado de conocimiento de conceptos teóricos y prácticos.
 - Mayor nivel de desenvolvimiento oral y escrito.
 - Mayor soltura a la hora de resolver proyectos.
 - Mejor manejo de otros idiomas, al realizar proyectos de ApS y tener que documentarse sobre otras culturas.
 - Mejora en general en: trabajo en equipo, liderazgo, innovación, espíritu emprendedor, etc.
- Docentes:
 - Mayor conocimiento del equipo docente.
 - Mejora en la documentación de las unidades didácticas facilitadas a los estudiantes.

- Potenciación del trabajo en equipo del propio equipo de docentes.

- Aumento de competencias por parte de los docentes.

- Comunicar y divulgar la innovación realizada a otros compañeros de la propia Universidad, así como de otras instituciones universitarias.

Sin embargo, también se detectaron aspectos a mejorar, como son:

- Estudiantes:
 - Mayor dedicación a las materias participantes en los proyectos POL y SL. Destinaron casi el triple de tiempo asignado en cada una de las materias.
 - A veces, se implicaban demasiado en los proyectos que se realizaron, llevando a cabo más desarrollo que el acotado en un principio por el equipo de docentes y socios colaboradores.
- Docentes:
 - Excesivo número de estudiantes y, por tanto, demasiados proyectos que llevar en seguimiento y pocos docentes para tal labor.

- Demasiado trabajo para el equipo docente.

- Escasa implicación de otros departamentos.

Las mejoras cuantificables en las materias participantes de la experiencia fueron:

- Las mejoras de las calificaciones finales de las materias. Oscilaron entre el 19% de Análisis y Síntesis de Mecanismos y el 43,16% de Diseño Mecánico.
- Los abandonos en las materias, se redujeron entre el 3% y el 6%, y fueron por salud o trabajo.
- Los estudiantes no aptos en el curso académico 2016-17 fueron el 1,15%, mientras que en el curso académico 2010-11 este porcentaje había sido del 9%.
- La mejora en las presentaciones realizadas en el curso académico 2016-17 desde la primera a la última fue del 59,84%.
- Debido a todo lo comentado anteriormente, las mejoras en las calificaciones medias finales en grado mejoraron entre el 27% y el 36,5% con respecto al curso académico 2013-14, cuando se comenzaron a utilizar las metodologías activas.
- Un aspecto novedoso en este curso académico fue que a los proyectos se les dotó de realidad aumentada, aparte de su fabricación (Fig. 4).

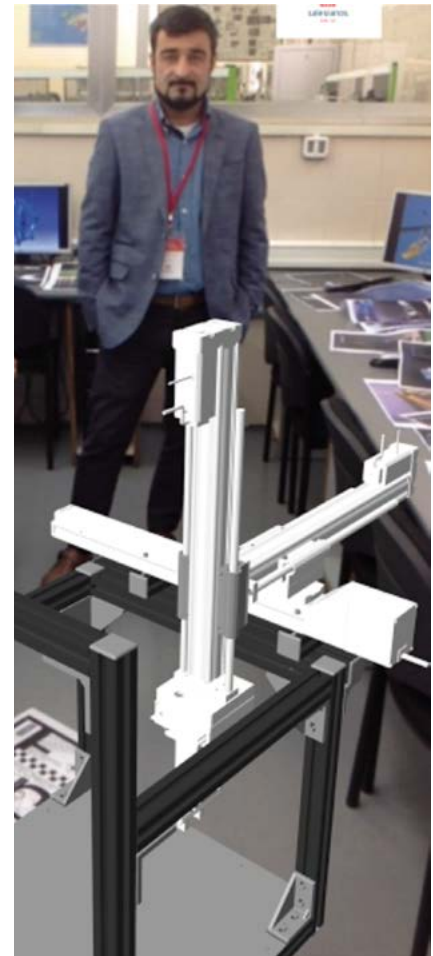


Figura 4. Realidad aumentada: robot cartesiano.

Bibliografía

- Blaya, F., Nuere, S., Soriano, E., García, J. M., & Islán, M. Implementation of a methodology project oriented learning (POL) on specific subjects of bachelor and master in industrial design. ICERI Annual Conference Proceedings. 2016.
- Bush, Vannevar. "Science: The endless frontier." *Transactions of the Kansas Academy of Science* (1903-) 48.3: 231-264, 1945.
- Ciampi, Melany M., and Claudio Rocha Da Brito. "Awareness of social impact of engineering: The task for engineering schools?" *American Society for Engineering Education*, 2011.
- Da Brito, Claudio Rocha, and Melany M. Ciampi. "The discussions after the Bologna process in Europe: The global engineer." *American Society for Engineering Education*, 2011.
- de Miguel Diaz, Mario. "Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias." *Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior*, 2005.
- García, J.M., Soriano, E., García, I., & Rubio, H. Implementation of service-learning projects in engineering colleges. *International Journal of Engineering Education*, 29(5), 1119-1125, 2013.
- Godfrey, D. "A new approach to teaching introduction to electrical engineering at the United States coast guard academy." *ASEE Annual Conference & Exposition*. 2006.
- Islán, R. "Engineering and technology education in Bangladesh: comparative study of the public and

- private universities for problems and prospects", *ASEE Annual Conference & Exposition, Conference Proceedings*, 2012.
- Keating, D., and T. G. Stanford. "An innovative strategy to integrate relevant graduate professional education for engineers in industry with continual technological innovation." *ASEE Annual Conference Proceedings*, 1999.
- Seery, Niall, Donal Carty, and R. J. Dunbar. "Maximising the Impact of Creative and Innovative Activities within the Constraints of Defined Educational Structures." *ASEE Conference and Exposition, American Society for Engineering Education, Louisville*. 2010.
- Tao, Y. P., Wang, X. B., Li, K. Q., & Liang, Z. Assessing Chinese Engineering Graduates' Abilities for Problem-Solving, Scientific Discovery and Technological Innovation from a Professoriate Perspective. age, 5, 1, 2000.
- Tippelt, R., & Lindemann, H. (2001). *El método de proyectos*. El Salvador, München, Berlin, 13.
- Vaezi-Nejad, S. M., M. Cullinan, and P. Bishop. "Telematics education I: Teaching, learning and assessment at postgraduate level." *International journal of electrical engineering education* 42.2 (2005): 132-146.
- Zheng, Wei, Hui Shih, and Yi-Lung Mo. "Integration of Cognitive Instructions and Problem/Project-Based Learning into Civil Engineering Curriculum to Cultivate Creativity and Self-Directed Learning Skills." *American Society for Engineering Education*, 2009.

COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es



Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados en Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos el renovado PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás el mejor Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

PROMOCION
especial

cype
SOFTWARE

PACK COMPLETO SOFTWARE CYPE

87%
Descuento

ARQUÍMEDES

- + GENERADOR PRECIOS
- + MEDICIÓN AUTOMÁTICA

CYPELEC REBT

- + IMPLANTACIÓN

CYPECAD BASE LT30

CYPECAD MEP CTE

CYPECAD MEP CLIMATIZACIÓN

P.V. ~~7.812€ + IVA~~

990€ + IVA



Arquímedes
Mediciones
Presupuestos



CYPECAD BASE LT30
Estructuras - Hormigón
Pilares



CYPELEC REBT
Baja tensión Rebt.



CYPECAD MEP CTE
Cad BIM



CYPECAD Climatización
Climatización RITE



Desarrollo de una metodología de detección de grietas de fatiga en ruedas ferroviarias basada en el análisis de frecuencias naturales

Development of a methodology to detect fatigue cracks in railway wheels based on the analysis of natural frequencies

Zoser Kalengayi Tshilumbu¹, Higinio Rubio Alonso¹, Alejandro Bustos Caballero¹, Cristina Castejón Sisamón¹, Jesús Meneses Alonso¹ y Juan Carlos García Prada¹

Resumen

El objeto de este trabajo es el análisis modal de una rueda ferroviaria con grietas y el estudio de la evolución del comportamiento de los modos de vibración a fin de reducir el número de accidentes causados por ello. Se abordará el modelado realista, en PTC Creo 3.0, de una rueda ferroviaria, siguiendo las especificaciones de una rueda real, al que se le practicarán grietas de diferentes tamaños en las posiciones más propicias al fallo. Se consideran dos tipos de defectos: grietas radiales y grietas circunferenciales. Se analiza la evolución de las frecuencias naturales y se generan curvas de ajuste que describen la evolución de frecuencias como una función del área de la grieta. La metodología está basada en el análisis de las pendientes y los coeficientes de correlación asociados y permitiría especificar los modos más propicios, donde la evolución de la grieta ocasiona un comportamiento frecuencial más uniforme. Estos modos serían los elegidos para establecer el estado de la rueda ferroviaria y poder detectar la presencia de grieta y el tamaño de la misma.

Palabras clave

Frecuencias naturales, grietas de fatiga, metodología, rueda ferroviaria.

Abstract

This paper presents the development of a new methodology for fatigue cracks detection in railway wheels, analyzing the evolution of the eigenfrequencies as a function of crack size. Two types of defects are considered: radial cracks and circumferential cracks. The evolution of the natural frequencies is analyzed, and trend lines are generated, describing the evolution of the eigenfrequencies as a function of crack area. This methodology is based on the analysis of the slopes and associated correlation coefficients of the trend lines. This would allow for the determination of the favorable modes, in which the growth of the crack causes uniform variations in the values of the eigenfrequencies. These modes would be chosen to evaluate the structural integrity of the railway wheel and to detect the presence and size of the cracks.

Keywords

Eigenfrequencies, fatigue crack, methodology, railway wheel.

Recibido / received: 06.06.2018 Aceptado / accepted: 16.06.2018.

¹Universidad Carlos III de Madrid.

*Autor para correspondencia/corresponding autor: Zoser Kalengayi Tshilumbu (zoserkalengayi@gmail.com).

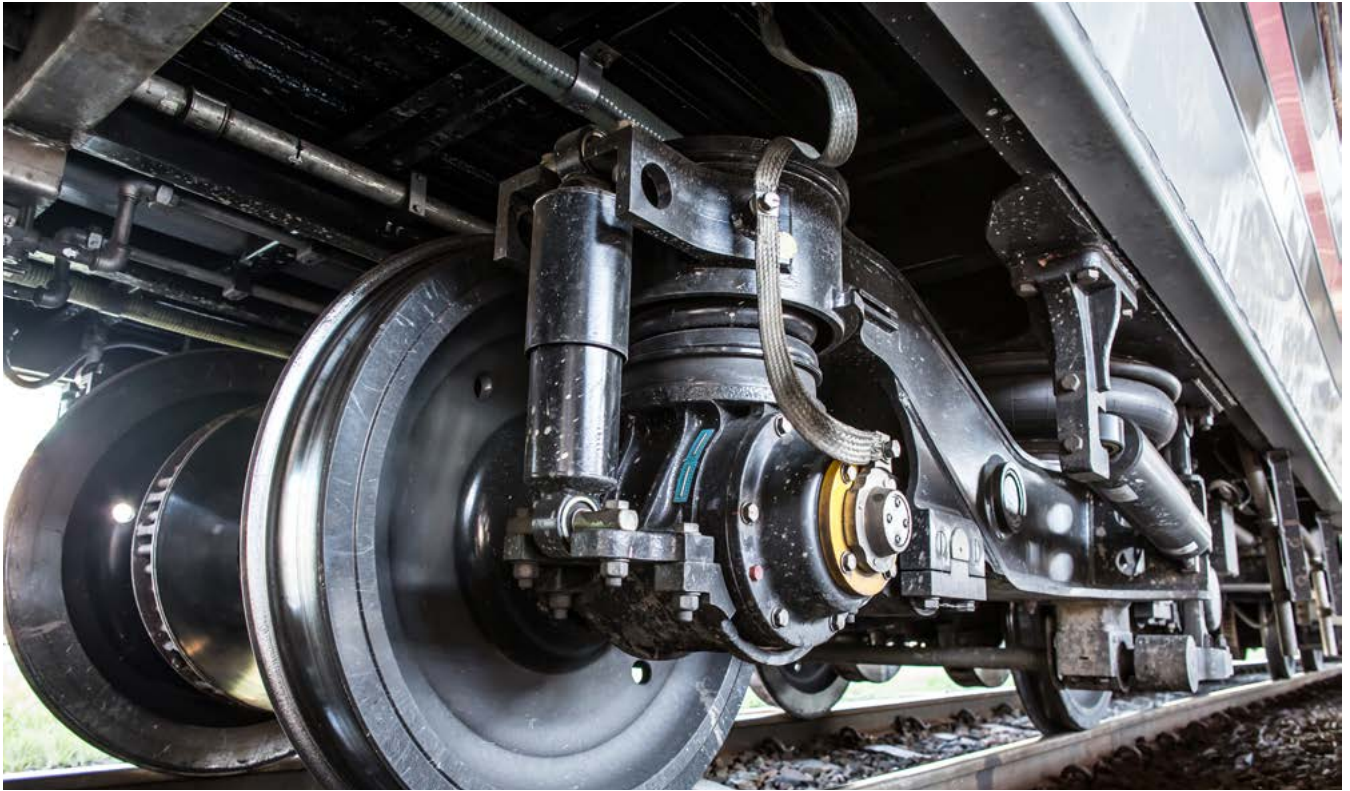


Foto: Shutterstock.

Introducción

Las ruedas ferroviarias son componentes mecánicos sometidos a altos niveles de carga estática y dinámica en condiciones normales de servicio. Esas cargas generan tensiones y deformaciones cíclicas responsables de la aparición de grietas por fatiga después de un determinado periodo de funcionamiento. Estas grietas alteran la integridad estructural, modifican las características vibratorias de las ruedas y producen una bajada de las frecuencias naturales y una modificación del comportamiento vibratorio. Las grietas generadas pueden propagarse hasta causar la rotura de la rueda en servicio, lo que puede causar un accidente catastrófico, con daños y pérdidas considerables. Es el caso del accidente que se produjo en Eschede, en el norte de Alemania en 1998 (Esslinger V. et al., 2004). Investigaciones posteriores demostraron que la rotura de una rueda fue la causa principal del accidente.

Debido a ese accidente y los que siguieron, se iniciaron los proyectos WIDEM (WIDEM Project, 2008) y EURAXLES (EURAXLES Project, 2010), pertenecientes al sexto y séptimo proyecto marco de la UE, respectivamente. Con el proyecto

EURAXLES, se pretende reducir el riesgo de fallo de los ejes montados a nivel mínimo, con los costes de mantenimiento en un nivel razonable y minimizando el riesgo de interrupción de servicio, de modo que no sea considerado una amenaza significativa para la operación segura del material rodante dentro del espacio europeo. En cuanto al proyecto WIDEM, el objetivo final era aumentar la competitividad, la capacidad y la disponibilidad del material rodante europeo, especialmente el de los ejes montados.

Del proyecto WIDEM se obtuvo, entre otros resultados, una nueva metodología de inspección no destructiva basada en la resonancia compensada. Se emplea la excitación artificial de los modos propios de un eje ferroviario en una banda de frecuencia definida (10-150 kHz) para detectar fallos mecánicos, en el laboratorio o en servicio (WIDEM Project, D2S International, 2008), analizando las frecuencias propias y los amortiguamientos modales. La metodología propuesta en el proyecto WIDEM se basa en el hecho de que cualquier defecto en un componente mecánico reduce su rigidez, provoca disminución de sus frecuencias naturales y altera sus modos de

vibración. Este cambio en las propiedades vibratorias está relacionado con la forma y el tamaño del defecto. Por tanto, detectando esa variación en los modos propios de vibración es posible determinar la condición de integridad estructural del elemento bajo estudio.

En este trabajo se plantea la aplicación a ruedas ferroviarias de una técnica original, basada en el mismo principio descrito anteriormente, que distribuye las frecuencias naturales en el ámbito de las vibraciones mecánicas (vibraciones medibles con un acelerómetro) en lugar de llegar hasta frecuencias ultrasónicas. De este modo, se pretende que la inspección pueda realizarse en servicio, midiendo solo las vibraciones, sin necesidad de desmontar la rueda ferroviaria, lo que garantizaría un mantenimiento más sencillo y rápido y menos costoso.

Metodología

Como planteamiento del problema, se debe decir que se pretende detectar la condición de integridad estructural de una rueda ferroviaria en servicio a partir del estudio de la evolución de sus frecuencias naturales según va creciendo un defecto incipiente. El objetivo primordial es diferenciar las ruedas

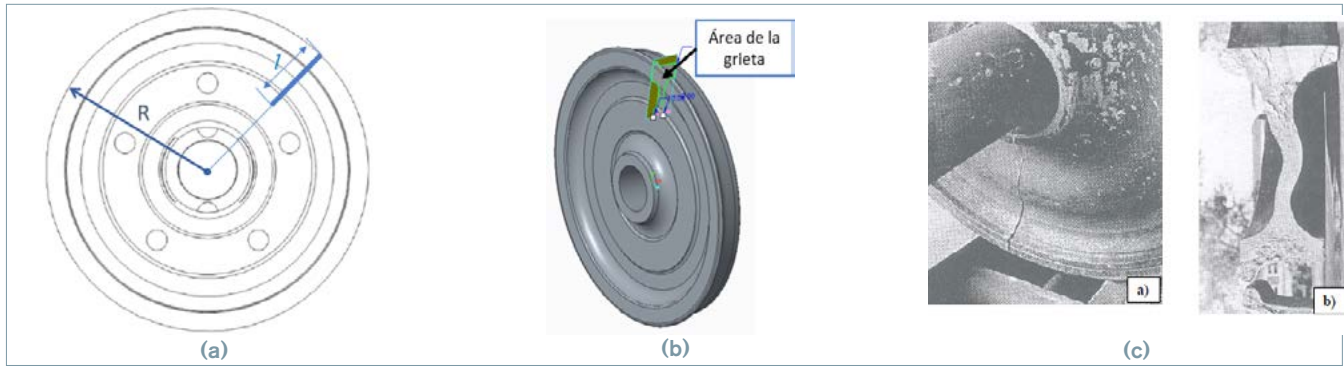


Figura 1. Parámetros de una grieta radial. (a) Parámetros de la grieta radial. (b) Área de la grieta radial. (c) Grieta radial en la rueda (Molina Sánchez, B. 2006).

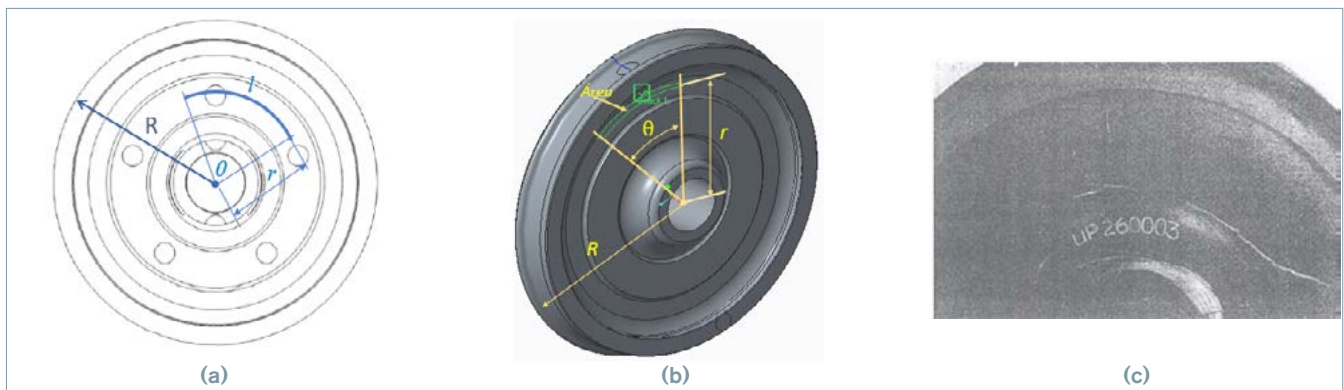


Figura 2. Parámetros de una grieta circunferencial o anular. (a) Parámetros de la grieta anular. (b) Área de la grieta anular. (c) Grieta anular en la rueda (Molina Sánchez, B., 2006).

defectuosas que podrían tener un fallo prematuro en servicio de aquellas que no tienen defectos analizando las frecuencias naturales.

El estudio y el análisis de las frecuencias naturales de la rueda defectuosa se lleva a cabo en las etapas siguientes: en primer lugar, se realiza un modelado completo de las ruedas ferroviarias. Se define la geometría de la pieza, el material que la constituye y los tipos de defectos que se quieren detectar. Las figuras 1 y 2 ilustran los dos tipos de defectos considerados en este trabajo: las grietas radiales y las grietas circunferenciales. En segundo lugar, se procede al mallado de los modelos y a la definición de las condiciones de contorno, se realizan las configuraciones del análisis modal y se ejecutan los análisis. Luego se extraen los datos de frecuencias obtenidos de las simulaciones y se preparan para un posprocesado mediante tablas Excel.

El procesado de datos se lleva a cabo comparando los resultados obtenidos para el caso de la rueda sana y los de las ruedas agrietadas. Se elaboran tablas y gráficas comparativas, calculando diferencias porcentuales que muestran la evolución de las frecuencias naturales

en función de los parámetros y posición de los defectos. Por regresión lineal, se determinan funciones lineales que permiten predecir la evolución de las frecuencias naturales en función del nivel de defecto, expresado como área de la grieta. Finalmente, se realiza un análisis de las pendientes y coeficientes de correlación para una discriminación y selección de los modos de vibración más fiables para la representación de defectos.

Modelado y generación de grietas

La rueda se modela en PTC CREO Parametric 3.0 según las formas y dimensiones de una rueda real. El material utilizado es el acero ER7 cuyas características vienen dadas en (UNE-EN 13979-1:2006 + A2:2011, 2011).

Las propiedades mecánicas son: densidad, límite elástico, Resistencia última a tracción, módulo de Young, coeficiente de Poisson. Las ruedas ferroviarias suelen presentar varios tipos de defectos (v. defectología descrita en Molina Sánchez, B., 2006). En este trabajo se examinan dos tipos de defectos: la grieta radial y la grieta circunferencial.

Las grietas radiales (Fig. 1) se inician en la banda de rodadura y se propagan hacia el interior de la rueda en dirección radial. Se supone que las grietas cubren toda la superficie desde una cara de la rueda hasta la cara opuesta. Las grietas circunferenciales (Fig. 2) aparecen en la zona de transición entre la llanta y el cubo. Es una zona peligrosa donde el momento de flexión alternado causa grietas de fatiga en el interior de la rueda. Se desarrollan circunferencialmente como se puede observar en la figura 2.

Como se puede observar en las figuras 1 y 2, los parámetros de la grieta radial son el radio de la rueda, la longitud de la grieta y la superficie de la grieta. En el caso de la grieta circunferencial, los parámetros son el ángulo central, la posición radial de la grieta, la longitud de la grieta igual al producto del ángulo central por la posición radial y la superficie de la grieta. Siguiendo las recomendaciones de (Cantini, S. y Beretta, S., 2011), se procede a calcular las superficies de las grietas. Es un parámetro que permite un estudio comparativo de los resultados de los análisis modales sin tener en cuenta la forma de la grieta. Las tablas

R = 655 mm	Parámetros de la grieta radial										
Nivel de defecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
% del radio de la Rueda	1%	2%	5%	10%	15%	25%	35%	45%	65%	75%	84%
[mm]	6,55	13,10	32,74	65,48	98,22	163,69	229,17	294,65	425,60	491,08	547,72
Superficie de la grieta [mm ²]	108,7	280,2	1261,7	5681,1	10160,8	13629,8	15596,5	18801,3	25627,6	32357,3	42653,9

Tabla 1. Parámetros de la grieta radial.

R = 655 mm	Parámetros de la grieta circunferencial (r = 325 mm)									
Nivel de defecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% circunferencia	1%	2%	4%	8%	16%	24%	35%	40%	45%	50%
Angulo central θ [°]	3,61	7,22	14,45	28,89	57,78	86,68	126,40	144,46	162,52	180,57
Longitud de la grieta [mm] r	21,05	42,10	84,19	168,39	336,78	505,17	736,70	841,95	947,19	1.052,44
Área de la grieta [mm ²]	1.183,4	2.366,8	4.736,8	9.470,4	18.940,8	2.8.414,4	41.435,5	47.355,2	53.275,4	59.005,5

Tabla 2. Parámetros de la grieta circunferencial.

1 y 2 muestran las variaciones de las superficies de las grietas en función de la porción del radio o de la circunferencia afectada por la grieta.

Se consideran un total de 11 longitudes para simular el avance de la grieta radial, desde una longitud de grieta correspondiente al 1% del radio, hasta el 84%. Para la grieta circunferencial, 10 longitudes son consideradas, del 1% al 50% de la circunferencia a la posición radial considerada.

Análisis modal

Una vez obtenidos los modelos, se procede a realizar el análisis modal. Las ruedas son consideradas libres, sin restricciones. Para el mallado, se consideran elementos tetraédricos de tamaño máximo de 50 mm. Se refinan las zonas de posible concentración de tensiones como los frentes de las grietas. Por cada modelo, se extraen los 40 primeros modos naturales.

Resultados

Se han realizado un total de 41 simulaciones: 11 simulaciones para el caso de la grieta radial, cada una representando un avance de grieta, y 30 simulaciones para el caso de la grieta circunferencial, considerando 3 posiciones de grietas y 10 avances para cada grieta. En este trabajo solo se presentan los resultados relativos a la posición radial. Por cada simulación, se extraen las 40 primeras frecuencias naturales. Se han

obtenido 1.640 datos de frecuencias. Hay que apuntar que los valores de 0 Hz de los 6 primeros modos de vibración corresponden a los 6 grados de libertad de la rueda en el espacio, por lo que se desestiman para el análisis de los resultados y conclusiones futuras.

Para los dos tipos de grietas, se presentan solo los resultados de algunos modos de vibración. Los demás resultados son muy similares para el resto de los casos y ubicaciones estudiados.

Las tablas 3 y 4 presentan los valores de las 25 primeras frecuencias naturales de la rueda sana y de las ruedas agrietadas. Se observa que a medida que aumenta el tamaño de la grieta disminuyen las frecuencias de vibración de los distintos modos como consecuencia de la reducción de la rigidez de la misma rueda, como lo predice la teoría.

A continuación, se procede a calcular las diferencias porcentuales de las frecuencias, para todos los casos, respecto al caso de la rueda sin defectos, según la ecuación (1).

$$\text{Dif. \%} = \frac{f_{\text{Rueda nueva}} - f_{\text{Rueda con fallo}}}{f_{\text{Rueda nueva}}} \times 100\% \quad (1)$$

Al realizar esta operación, se obtienen las tablas 5 y 6 que permiten apreciar las disminuciones de las frecuencias. El análisis detallado de esta tabla permite identificar los modos en los que se produce una mayor variación en la frecuencia, por lo tanto, los que se pueden

excitar durante los ensayos no destructivos con el fin de una fácil detección de grietas de fatiga.

Resultados de la grieta radial

De la tabla 5, se puede ver que la diferencia máxima se produce en modo 7 para el 100% del avance de grieta, con un valor de 53,77. En general se puede ver que a medida que la grieta se hace más profunda, las diferencias aumentan con respecto a los valores de la rueda sin fallo.

Otras diferencias altas se dan en el modo 10 y avance 100% (48,26), en el modo 14 y avance 100% (47,17), en el modo 11 y avance 100% (39,90), en el modo 15 y avance 100% (37,82), en el modo 17 y avance 100% (36,80), en el modo 16 y avance 100% (31,33), en el modo 8 y avance 100% (26,55), en el modo 20 y avance 100% (26,22).

Considerando los datos de la tabla 3, se representa la evolución de las frecuencias naturales de cada modo de vibración en función del avance de la grieta expresado como área de la grieta. Se definen líneas de tendencia para cada modo y se calcula los valores del coeficiente de correlación. Los valores de ofrecen la fiabilidad de las líneas de tendencias. Las pendientes de las líneas de tendencia reflejan la tendencia y la variación de las frecuencias respecto al nivel de defecto. Por ejemplo, en la figura 3 se muestra una representación de los modos 7, 14, 23, 30 y 40.

Frecuencias [Hz]												
Grietas	0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
Área de la grieta	0	108,67	280,25	1.261,68	5.681,1	10.160,8	13.629,8	15.596,5	18.801,3	25.627,6	32.357,3	42.653,9
Modo 7	236,18	236,17	236,17	236,00	234,51	227,28	199,64	184,98	177,42	148,69	146,20	109,19
Modo 8	236,24	236,19	236,20	236,14	235,14	230,76	199,80	196,75	195,23	191,16	191,10	173,52
Modo 9	328,31	328,26	328,26	328,07	327,03	323,14	312,90	311,84	310,52	304,07	303,14	289,88
Modo 10	580,74	580,67	580,67	580,24	576,53	549,15	466,95	406,37	383,30	331,91	328,99	300,48
Modo 11	580,83	580,73	580,75	580,73	580,26	573,30	482,18	477,11	474,61	469,04	468,99	349,08
Modo 12	594,82	594,70	594,72	594,17	589,98	584,11	576,31	569,64	567,46	558,44	555,78	443,60
Modo 13	594,95	594,96	594,94	594,72	591,90	585,67	584,38	584,41	584,08	580,47	579,51	467,21
Modo 14	1.081,85	1.081,80	1.081,77	1.080,80	1.068,40	1.013,28	834,82	759,23	737,11	693,35	670,79	571,51
Modo 15	1.085,81	1.085,80	1.085,65	1.084,73	1.079,79	1.048,21	924,03	917,64	915,53	755,60	690,50	675,15
Modo 16	1.086,15	1.086,00	1.086,14	1.085,96	1.083,11	1.082,76	1.080,69	1.075,10	1.013,80	916,76	915,67	745,82
Modo 17	1.196,10	1.196,00	1.196,02	1.195,54	1.193,31	1.186,68	1.160,38	1.112,79	1.078,82	976,62	963,98	755,95
Modo 18	1.196,22	1.196,04	1.196,11	1.195,99	1.193,94	1.189,29	1.185,15	1.172,89	1.092,23	1.080,09	1.077,90	898,29
Modo 19	1.368,70	1.368,52	1.368,51	1.367,68	1.362,98	1.350,22	1.312,62	1.184,22	1.182,19	1.174,74	1.174,65	981,20
Modo 20	1.368,93	1.368,71	1.368,75	1.368,62	1.367,87	1.364,66	1.332,03	1.253,06	1.244,78	1.239,57	1.230,62	1.028,01
Modo 21	1.522,32	1.522,29	1.522,38	1.522,23	1.521,93	1.521,42	1.356,75	1.330,25	1.330,18	1.317,76	1.238,22	1.123,19
Modo 22	1.522,39	1.522,32	1.522,45	1.522,35	1.522,34	1.522,35	1.366,32	1.347,79	1.343,52	1.322,61	1.319,74	1.249,35
Modo 23	1.663,83	1.663,55	1.663,65	1.663,18	1.649,95	1.589,51	1.519,18	1.506,55	1.482,94	1.342,06	1.331,02	1.287,03
Modo 24	1.664,06	1.663,77	1.663,89	1.663,61	1.652,75	1.601,89	1.522,19	1.521,32	1.520,35	1.450,73	1.440,66	1.320,25
Modo 25	1.667,79	1.667,61	1.667,41	1.666,79	1.664,56	1.662,65	1.551,38	1.549,30	1.544,53	1.509,90	1.505,33	1.363,15

Tabla 3. Frecuencias de la grieta radial

Frecuencias [Hz]											
Grietas	0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Área de la grieta	0	1.183,39	2.366,78	4.736,83	9.470,38	18.940,8	28.414,4	41.435,5	47.355,2	53.275,4	59.005,5
Modo 7	236,18	236,16	236,05	236,01	235,63	233,49	230,32	212,70	199,76	182,52	163,20
Modo 8	236,24	236,17	236,19	236,09	235,73	235,15	234,43	229,96	227,11	223,59	219,75
Modo 9	328,31	328,15	328,12	327,82	326,37	319,33	309,54	271,71	257,89	246,86	238,74
Modo 10	580,74	580,41	579,95	578,21	570,92	544,72	521,58	477,16	467,52	460,40	455,15
Modo 11	580,83	580,56	580,53	580,34	579,44	577,08	573,05	546,67	529,53	507,86	482,86
Modo 12	594,82	594,73	594,72	594,68	594,48	593,94	593,15	590,57	589,51	588,34	587,30
Modo 13	594,95	594,96	594,83	594,83	594,60	594,14	593,70	591,49	590,38	589,18	587,98
Modo 14	1.081,85	1.081,52	1.081,53	1.081,23	1.078,78	1.050,83	971,11	728,54	676,35	639,01	612,89
Modo 15	1.085,81	1.085,87	1.085,75	1.085,59	1.085,57	1.084,54	1.083,98	1.014,01	897,52	789,67	696,19
Modo 16	1.086,15	1.085,99	1.085,89	1.086,06	1.085,63	1.085,04	1.084,05	1.080,98	1.041,22	971,38	906,73
Modo 17	1.196,10	1.195,63	1.194,97	1.192,92	1.184,30	1.161,07	1.148,71	1.081,04	1.071,31	1.016,42	946,59
Modo 18	1.196,22	1.195,95	1.195,92	1.196,09	1.195,19	1.190,35	1.179,51	1.116,92	1.081,83	1.080,34	1.079,36
Modo 19	1.368,70	1.368,24	1.368,16	1.367,71	1.361,36	1.297,68	1.222,11	1.121,38	1.090,24	1.081,93	1.080,12
Modo 20	1.368,93	1.368,30	1.368,31	1.367,94	1.366,69	1.363,35	1.333,51	1.145,23	1.140,55	1.130,21	1.112,18
Modo 21	1.522,32	1.522,03	1.521,39	1.518,15	1.503,80	1.432,97	1.357,13	1.174,27	1.171,52	1.163,40	1.143,93
Modo 22	1.522,39	1.522,13	1.521,79	1.519,83	1.509,91	1.447,06	1.361,60	1.270,92	1.207,12	1.169,20	1.166,73
Modo 23	1.663,83	1.663,33	1.662,58	1.660,50	1.650,89	1.622,13	1.604,77	1.564,22	1.550,90	1.541,48	1.501,48
Modo 24	1.664,06	1.663,44	1.663,31	1.663,49	1.661,37	1.650,97	1.631,88	1.593,17	1.574,53	1.544,65	1.524,21
Modo 25	1.667,79	1.667,73	1.667,53	1.667,60	1.667,51	1.666,08	1.665,64	1.663,85	1.662,89	1.642,57	1.557,21

Tabla 4. Frecuencias de la grieta circunferencial

Para la selección de los ajustes más fiables, se dibujan sendos diagramas de barras representando la pendiente y el valor obtenidos para cada uno de los modos de vibración (ver Figura

4). Con el fin de diferenciar los ajustes más fiables, se establece un nivel mínimo de fiabilidad aceptable. Para la selección de las frecuencias con mayores caídas, se establece igualmente

un valor mínimo de la pendiente. En base a estos criterios se observa que los modos más fiables para conocer si la rueda se encuentra fisurado o no en el caso de la grieta radial son los mo-

Diferencias porcentuales de frecuencias [%], grieta radial											
Nivel de defecto	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
Área de la grieta	108,67	280,25	1.261,68	5.681,1	10.160,8	13.629,8	15.596,5	18.801,3	25.627,6	32.357,3	42.653,9
Modo 7	0,004	0,001	0,075	0,704	3,769	15,471	21,676	24,880	37,042	38,098	53,768
Modo 8	0,022	0,020	0,043	0,467	2,321	15,425	16,718	17,362	19,083	19,109	26,552
Modo 9	0,014	0,015	0,070	0,388	1,572	4,691	5,016	5,416	7,381	7,667	11,704
Modo 10	0,013	0,013	0,088	0,726	5,440	19,594	30,026	33,999	42,848	43,351	48,260
Modo 11	0,016	0,014	0,017	0,098	1,296	16,984	17,857	18,287	19,246	19,255	39,900
Modo 12	0,021	0,017	0,109	0,814	1,801	3,111	4,234	4,600	6,116	6,563	25,422
Modo 13	-0,002	0,002	0,039	0,513	1,560	1,777	1,773	1,827	2,435	2,595	21,471
Modo 14	0,005	0,008	0,097	1,244	6,339	22,835	29,821	31,866	35,910	37,996	47,173
Modo 15	0,001	0,015	0,099	0,555	3,463	14,900	15,488	15,682	30,411	36,407	37,821
Modo 16	0,014	0,001	0,018	0,281	0,313	0,503	1,017	6,661	15,596	15,696	31,334
Modo 17	0,008	0,006	0,047	0,233	0,787	2,986	6,965	9,805	18,349	19,406	36,798
Modo 18	0,015	0,009	0,020	0,191	0,579	0,925	1,950	8,694	9,708	9,891	24,906
Modo 19	0,013	0,014	0,075	0,418	1,350	4,098	13,479	13,627	14,171	14,178	28,312
Modo 20	0,016	0,013	0,023	0,077	0,312	2,696	8,464	9,069	9,450	10,103	24,904
Modo 21	0,002	-0,004	0,006	0,026	0,059	10,877	12,617	12,622	13,438	18,663	26,219
Modo 22	0,004	-0,004	0,003	0,003	0,003	10,251	11,469	11,749	13,123	13,311	17,935
Modo 23	0,017	0,011	0,039	0,834	4,467	8,694	9,453	10,872	19,339	20,003	22,646
Modo 24	0,018	0,010	0,027	0,680	3,736	8,526	8,578	8,637	12,820	13,425	20,661
Modo 25	0,011	0,023	0,060	0,194	0,308	6,980	7,105	7,391	9,467	9,741	18,266

Tabla 5. Diferencias porcentuales de frecuencias,

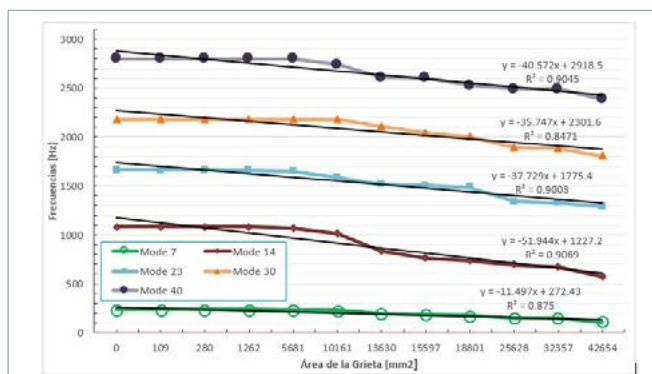


Figura 3. Variación de frecuencia de la grieta radial, según el nivel de defecto.

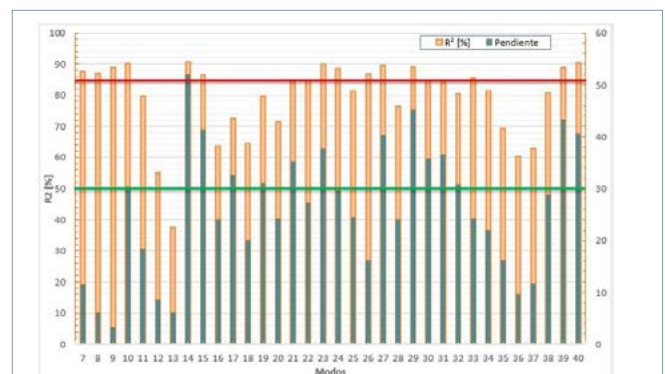


Figura 4. Diagrama de barras para R² y la pendiente p para la grieta radial.

dos 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 23, 24, 26, 27, 29, 33, 39 y 40. Sin embargo, los modos que presentan mayores caídas de frecuencias son los modos 10, 14, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 39, y 40.

Combinando los dos criterios, es decir y, se obtienen los modos de mayor fiabilidad y sensibilidad a los dos tipos de defectos estudiados. Una vez excitados, se garantiza una detección eficiente de defectos. Estos modos son, en caso de la grieta radial, los modos 14, 15, 23, 27, 39 y 40 (v. Fig. 4).

Resultados de la grieta circunferencial

Del mismo modo que en el caso anterior, se procede a analizar los resultados de la grieta circunferencial. De la tabla 6, se puede ver que la diferencia máxima se produce en el modo 14 para un avance de grieta correspondiente al 50% de la circunferencia, con una caída de frecuencia del 43,348% respecto al valor inicial.

La figura 5 muestra las variaciones de las frecuencias modales de la rueda como función de las superficies de las grietas.

Igual que en el caso de la grieta radial, se puede ver que a medida que la grieta se hace más larga, las diferencias porcentuales aumentan. Otras diferencias remarcables aparecen en los modos 15, avance 50% (35,88), 7 y avance 50% (30,90), en el modo 9 y avance 50% (27,28), en el modo 21 y avance 50% (24,86), en el modo 22 y avance 50% (23,36), en el modo 29 y avance 50% (22,28), en el modo 31 y avance 50% (22,73), en el modo 30 y avance 50% (21,92) y en el modo 19 y avance 50% (21,08).

Diferencias porcentuales de frecuencias [%], grieta circunferencial										
Nivel de Defecto	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Área de la grieta	1.183,39	2.366,78	4.736,83	9.470,38	18.940,8	28.414,4	41.435,5	47.355,2	53.275,4	59.005,5
Modo 7	0,008	0,052	0,072	0,230	1,137	2,479	9,941	15,418	22,719	30,900
Modo 8	0,030	0,022	0,065	0,217	0,461	0,768	2,658	3,866	5,357	6,982
Modo 9	0,046	0,056	0,146	0,588	2,732	5,715	17,237	21,450	24,807	27,281
Modo 10	0,058	0,137	0,436	1,692	6,203	10,188	17,837	19,497	20,722	21,626
Modo 11	0,046	0,051	0,084	0,239	0,645	1,339	5,882	8,832	12,563	16,868
Modo 12	0,016	0,017	0,024	0,057	0,148	0,281	0,714	0,893	1,090	1,265
Modo 13	-0,002	0,020	0,021	0,059	0,137	0,211	0,582	0,769	0,970	1,172
Modo 14	0,031	0,030	0,058	0,284	2,868	10,236	32,658	37,482	40,934	43,348
Modo 15	-0,006	0,005	0,021	0,022	0,117	0,169	6,613	17,341	27,274	35,883
Modo 16	0,015	0,024	0,009	0,048	0,103	0,194	0,476	4,137	10,567	16,519
Modo 17	0,039	0,094	0,266	0,986	2,929	3,962	9,620	10,433	15,022	20,860
Modo 18	0,023	0,026	0,011	0,086	0,491	1,397	6,629	9,563	9,687	9,769
Modo 19	0,034	0,040	0,072	0,536	5,189	10,710	18,070	20,345	20,952	21,085
Modo 20	0,046	0,045	0,072	0,164	0,408	2,588	16,341	16,683	17,438	18,756
Modo 21	0,019	0,061	0,274	1,217	5,869	10,851	22,863	23,044	23,578	24,856
Modo 22	0,017	0,039	0,168	0,819	4,948	10,562	16,518	20,709	23,199	23,362
Modo 23	0,030	0,075	0,200	0,778	2,507	3,550	5,987	6,787	7,353	9,758
Modo 24	0,038	0,045	0,034	0,162	0,787	1,934	4,260	5,381	7,176	8,405
Modo 25	0,004	0,016	0,012	0,017	0,103	0,129	0,236	0,294	1,512	6,631

Tabla 6. Diferencias porcentuales de frecuencias, grieta circunferencial.

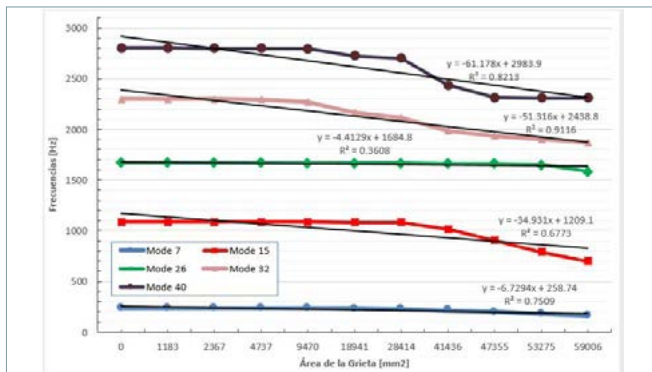


Figura 5. Variación de la frecuencia según el nivel de defecto. Grieta circunferencial.



Figura 6. Diagrama de barras para R² y la pendiente p para la grieta circunferencial.

Modos	Ec. Recta de ajuste	Pendiente	R² [%]	Grieta inicial y=0 [mm²]
14	$y = 5,2723x - 12,244$	5,2723	92,92	2,3223
15	$y = 4,2534x - 11,444$	4,2534	89,60	2,6906
23	$y = 2,5098x - 6,2974$	2,5098	92,83	2,5091
27	$y = 2,2363x - 3,9512$	2,2363	89,98	1,7668
39	$y = 1,6872x - 3,7309$	1,6872	90,57	2,2113
40	$y = 1,5959x - 3,8457$	1,5959	92,95	2,4097

Tabla 7. Tamaño de la grieta inicial, grieta radial.

Modos	Ec. Recta de ajuste	Pendiente	R² [%]	Grieta inicial y=0 [mm²]
19	$y = 3,002x - 6,8076$	3,002	90,19	2,3223
21	$y = 3,4662x - 7,8006$	3,4662	89,08	2,6906
22	$y = 3,1978x - 7,5537$	3,1978	92,14	2,5091
27	$y = 1,9882x - 4,6147$	1,9882	91,05	1,7668
28	$y = 1,8845x - 4,8405$	1,8845	89,66	2,2113
29	$y = 3,0327x - 6,5483$	3,0327	91,87	2,4097

Tabla 8. Tamaño de la grieta inicial, grieta circunferencial.

Del mismo modo que se hizo con los datos de la grieta radial, se procede a la representación de la evolución de las frecuencias naturales de cada modo de vibración en función del avance de la grieta. Se definen igualmente las líneas de tendencia para cada modo y se calculan los valores del coeficiente y los pendientes de las curvas de ajuste. Los modos más fiables son los modos 10, 12, 19, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 31, 32, 33, 38 y 39. En cambio, los modos en los que se aprecian una mayor caída de frecuencias son los modos 14, 15, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39 y 40 (v. Fig. 6).

Combinando los dos criterios (y), se determinan los modos a excitar para una detección eficiente de defectos. Son los modos 19, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 38 y 39.

Tamaño de la grieta inicial detectable mediante la metodología propuesta

Como se ha comentado anteriormente, la metodología propuesta radica en los cambios observados en el comportamiento vibratorio de la rueda debidos a la aparición de grietas de fatiga. En esta etapa de la investigación, se quiere determinar a partir de qué tamaño de grieta se aprecia una variación (disminución) en las frecuencias naturales.

Con los datos de las tablas 5 y 6, diferencias porcentuales, se determinan las curvas de variación de las diferencias porcentuales y las rectas de ajuste de los modos eficientes para la detección de las grietas. La sección de la grieta inicial se determina calculando el punto de intersección de la recta de

ajuste con el eje horizontal (). Las secciones de las grietas iniciales de los modos eficientes vienen dadas en las tablas 7 y 8, para la grieta radial y la grieta circunferencial respectivamente.

Conclusiones

En este trabajo se desarrolla y presenta una nueva metodología para la detección de grietas de fatiga en las ruedas ferroviarias, según las nuevas orientaciones técnicas descritas en el proyecto WIDEM y en la norma ASTM. En el desarrollo de este trabajo se han realizado un total de 41 análisis modales, de los cuales se ha obtenido un total de 1.640 datos de frecuencias para los dos tipos de grietas.

A tenor de los resultados obtenidos, es posible estudiar y conocer la integridad estructural de una rueda con fallo por grieta radial o circunferencial, a partir de un análisis de sus modos de vibración, comparándolos con los modos de una rueda sin defecto. Se ha demostrado que, ante fallo de fatiga, los modos vibración son perturbados y las frecuencias propias disminuyen debido a la pérdida de rigidez. Se ha logrado establecer una relación lineal entre el nivel del defecto y la frecuencia de vibración. El valor de ofrece una estimación de la fiabilidad de las funciones de las líneas de tendencia, mientras que la pendiente refleja la tendencia y variación de las frecuencias respecto al área de la grieta. Los dos parámetros permiten la selección de modos propios más sensibles y eficiente en la detección de defectos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo brindado por el Gobierno español para la financiación de este trabajo a través del proyecto MAQ-STATUS DPI2015-69325-C2-1-R.

Bibliografía

- Brizuela, J.D. (2010). Detección de planos en ruedas de tren por análisis ultrasónico del contacto rueda-carril en condiciones dinámicas. Tesis Doctoral en Ciencias Físicas. Facultad de Ciencias Físicas - Universidad Complutense de Madrid. 224p.
- Brunel, J.F. (2008). Etude vibro-acoustique du crissement des roues ferroviaires et de son atténuation par insertion d'éléments élastiques. Thèse Doctoral en Mécanique, faculté des sciences et Technologie - Université de Lille. Lille. 94 p.
- Cantini, S., Beretta, S. (2011). Structural reliability assessment of railway axles. Lucchini RS. Milano.
- Carboni, M., Beretta, S. (2007). Effect of probability of detection upon the definition of inspection intervals for railway axles. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. vol. 221, no. 3: 409-417.
- Edel, K.-O., Boudnitski, G. (1997). Fracture mechanical fatigue analysis of railway wheels with rolling defects. European Structural Integrity Society 22: 125-133.
- Esslinger, V., Kieselbach, R., Koller, R., Weisse, B. (2004). The railway accident of Eschede - Technical background. Engineering Failure Analysis, 11: 515-535.
- Euraxles Project. (2010). Concept and Objectives. Last view February, 2th 2017, at http://www.euraxles.eu/?page_id=6
- Kalengayi, Z., Caballero, A. B., Sisamón, C. C., Alonso, H. R., Meneses, J., García-Prada, J.C. (2016). Nueva metodología para el análisis de la evolución de las frecuencias naturales con el tamaño de la grieta en ruedas ferroviarias. XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. Elche, España, pp. 826-833.
- Leadley, G.L. (1975). Overview of current efforts to detect and prevent steel wheel failures. Natl Bur Stand Spec Publ. No. 436. 22nd Meet of Mechanical Failures Preventive Group, Vol 23-25, pp 261-288.
- Marin, G. L. (1995). La rupture des Roues Monobloc - L'expérience des FS. 11th International Wheelset Congress, 18-25 Juin 1995, Paris, France, Vol. 2, pp. 87-93.
- Molina Sánchez, B. (2006). Estudio de la creación, desarrollo y método de detección de grietas en ruedas ferroviarias. Tesis Doctoral en Ingeniería Industrial. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 241 p.
- Research Designs and Standards Organization. (2012). Procedure for visual & physical inspection of Wheel of 'on' track machines. Government of India - Ministry of railways (Report No. TM-170).
- UNE-EN 13979-1:2006+A2:2011 (2011). Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Ruedas monobloque. Procedimiento de aprobación técnica. Parte 1: Ruedas forjadas y laminadas. Asociación Española de Normalización, Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. Madrid.
- Widem Project, D2S International. (2008). D6.1 - Development of compensated resonance inspection prototype for wheelsets.
- Widem Project. (2008). Wheelset Integrated Design and Effective Maintenance. WIDEM's Strategic Objectives. Last view May, 2th 2017, at <http://www.widem.org/objectives.shtml>

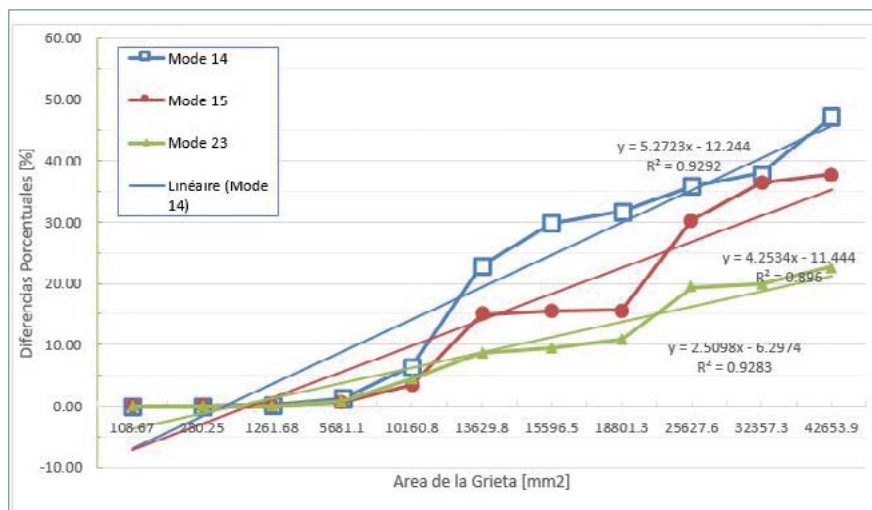


Figura 7. Variación de la diferencia porcentual según el nivel de defecto, grieta circunferencial.

'Input Shaping' para sistemas multicuero oscilatorios con dinámica descrita por DAE: Aplicación a sistemas mecánicos de transporte de piezas en cabeza

Input Shaping for Oscillatory Multibody Systems with Dynamics described by DAEs: Application to Overhead Cranes

Estela Souto Fernández^{1*}, Gerardo Peláez Lourido^{2*}, Higinio Rubio Alonso^{1*}

Resumen

Input Shaping es una tecnología de prealimentación cuya fiabilidad mejora la respuesta dinámica de los sistemas lineales descritos por ecuaciones diferenciales ordinarias (ODE) y modelos de partículas orientadas. Este trabajo se dedica a examinar el Input Shaping en sistemas oscilatorios multicuero con dinámica descrita por ecuaciones diferenciales algebraicas (DAE). Se ha elegido una grúa con carga en un péndulo doble, ya que presenta dinámica no lineal. Se han obtenido sus modos de vibración a partir de los autovalores de la matriz jacobiana del espacio de estados del sistema. Para verificar la fiabilidad de estos modos de vibración, se muestreó el tiempo de oscilación correspondiente a los ejes locales de cada link. Así, la transformada de Fourier (FFT) de ambas señales permite la estimación de las frecuencias naturales asociadas a ambos modos, que corresponden con la sintetizada analíticamente. Se calcularon input shapers para esos multimodos de vibración gracias a la convolución de los shapers SI específicos de cada modo. En todo caso, el filtrado funciona bien para este sistema.

Palabras clave

Grúas con carga en cabeza, DAE, método de proyección de la velocidad, matriz R, autovalores del sistema multicuero.

Abstract

Input Shaping is a feedforward technology whose reliability improves the dynamic response of linear systems described by Ordinary Differential Equations (ODEs). This work examines the issue of Input Shaping for multibody oscillatory systems whose dynamics is described by differential algebraic equations (DAEs). An overhead crane whose payload is a double link was chosen. This multimode system exhibits nonlinear dynamics and its modes of vibration have been obtained by carrying out the eigenvalues of the Jacobian matrix of the state-space equations system. Said modes of vibration were collected against each link's orientation and the FFT of the time signals allowed for the estimation of the system natural frequencies. Also Input Shapers were calculated for those modes of vibration by convolving specified insensitive IS-shapers for each mode. Filtering performed well in the end.

Keywords

Overhead cranes, DAEs, velocity projection method, R-matrix, Multibody System Eigenvalues.

Recibido / received: 15.05.2018. Aceptado / accepted: 18.06.2018.

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid. ²Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidade de Vigo.

*Autores para correspondencia/corresponding authors: Estela Souto Fernández (estela.souto@alumnos.uc3m.es); Gerardo Peláez Lourido (gpelaez@uvigo.es) e Higinio Rubio Alonso (hrubio@ing.uc3m.es).



Foto: Shutterstock.

Introducción

El número de grúas en uso se ha convertido en un indicador fiable del grado de desarrollo y crecimiento económico de un país. El estudio de este conjunto de máquinas ha recibido una atención significativa con el objetivo de mejorar su respuesta dinámica. El grupo de grúas objeto de este trabajo es el de sistemas de transporte de piezas en cabeza, utilizados en fábricas para alimentar componentes como tipos de piezas o cuerpos, en células de fabricación y almacenes intermedios. Las piezas se desplazan colgadas de ganchos a carritos que se trasladan en una guía. La oscilación respecto de la vertical que sufren las piezas en este tipo de sistemas de transporte representa una respuesta dinámica indeseada desde una perspectiva ingenieril.

El retorno de inversión económica en mejorar estos sistemas mecánicos es solo un argumento de los muchos que justifican por qué estudiar, analizar y tratar de mejorar la respuesta dinámica de estos sistemas.

Definición del problema

Las operaciones realizadas con grúas con carga en cabeza llevan asociadas cargas distribuidas multicuerpo en mo-

vimiento. Mitigando la influencia transitoria se evita la colisión entre tales cargas y sus alrededores. Si se cancela la vibración residual al final del movimiento, se facilitan las operaciones de carga y descarga; superar la flexibilidad beneficia la rapidez de ejecución y efectividad de las operaciones.

Se han encontrado trabajos, referenciados en la bibliografía, que han estudiado la forma de anticiparse a la respuesta dinámica de los sistemas subamortiguados denominada Posicast (Smith, 1957), que convierte un escalón de entrada en una escalera *shapeada*. Por desgracia, esta teoría era muy sensible a los errores en la identificación de las frecuencias naturales de vibración de los sistemas mecánicos.

Sin embargo, en 1989 dos ingenieros del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Singer y Seering (Neil, Warren y Seering, 1990), consiguieron minimizar la vibración de forma anticipada a la respuesta, por medio de la resolución del cálculo de filtro de retardo temporal, robustos frente a errores de identificación. Esta teoría se denominó *Input Shaping*, y creció y se conocen hoy en día variaciones de la misma (Book, 1993; Junkins y Kim, 1993). Sin embargo, falta el trabajo

relativo a la aplicación de los sistemas multicuerpo, cuya dinámica está descrita por ecuaciones diferenciales algebraicas (DAE), donde la identificación de las frecuencias naturales y las proporciones amortiguadas no son fáciles de obtener como en el caso de sistemas lineales descritos por Ordinary Differential Equations (ODE).

Para dar solución al problema de la mejora de la respuesta dinámica del sistema de transporte de piezas en cabeza mediante *Input Shaping* se ha limitado la vibración de la carga suspendida, dos piezas paralelepípedicas articuladas entre sí o *links* y la superior, a su vez, unida al carrito. Este sistema se modela mediante técnicas de sistemas multicuerpo.

El sistema multicuerpo construido en laboratorio simula el comportamiento de una grúa pórtico.

Análisis cinemático del modelo multicuerpo de grúas pórtico

El sistema multicuerpo de la figura 1 contiene tres cuerpos móviles: el carrito (1), el primer *link* (2) y el segundo *link* (3) de la carga. También se tiene un sistema x-y (0). El sistema de los tres cuerpos también se define, asumiendo que se conocen los centros de masa,

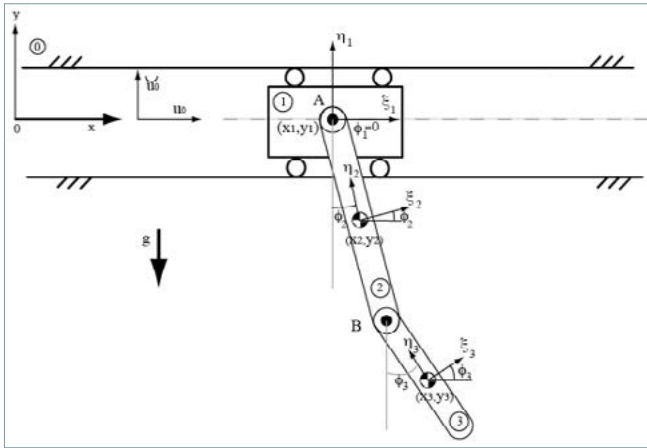


Figura 1. Grúa pórtico con el carrito y la carga formada por los dos links, modelado como un sistema multicuerpo.

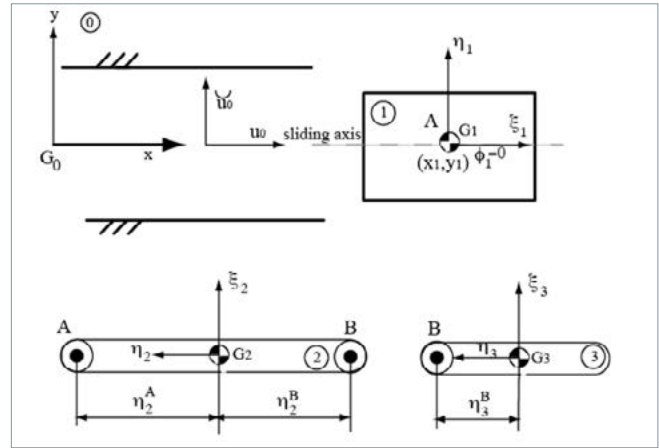


Figura 2. El sistema multicuerpo objeto de este estudio visto como un sistema sin restricciones.

que coinciden con los orígenes de los sistemas locales de cada cuerpo.

Las juntas de revolución están posicionadas con respecto a sus respectivos sistemas de referencia y, como muestra la figura 2, hay:

1. Una junta traslacional entre el cuerpo (1), el carrito y el sistema fijo.
2. Una junta de revolución entre el cuerpo (2), el primer link y el carrito (1).
3. Una junta de revolución entre el cuerpo (3), el segundo link y el primer link.

Los tres cuerpos móviles y el sistema fijo, sin considerar la existencia de juntas, forman un sistema sin restricciones como el que muestra la figura 2. Las coordenadas x e y del origen de cada eje ξ - η describen las coordenadas de ese cuerpo. El ángulo entre cada eje ξ y cada eje x describe la coordenada rotacional de cada cuerpo Φ . Estas coordenadas hacen un total de nueve variables, ya que cuando los cuerpos se mueven las coordenadas varían sus valores.

Si se fuerza la presencia de juntas cinemáticas, estas variables ya no serán independientes unas de otras. Teniendo en cuenta la figura 2, la ecuación de restricción para la junta de revolución A escrita en forma compacta es:

$${}^{(r,2)}\Phi = r_2^A - r_1^A = r_2 + s_2^A - r_1 - s_1^A = 0 \tag{1}$$

donde s_2^A y s_1^A establecen el vector que va desde el origen de los ejes locales hasta el punto. Dicho vector se obtiene como función de las coordenadas locales del punto A en los ejes locales del cuerpo (2), sin pérdida de la generalidad.

Según esto, la restricción expresada por la ecuación (1) puede ser representada en la siguiente forma matricial:

$$\begin{Bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \cos \Phi_2 & -\sin \Phi_2 \\ \sin \Phi_2 & \cos \Phi_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \xi_2^A \\ \eta_2^A \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \tag{2}$$

De la misma forma, la ecuación de restricción para la junta de revolución del punto B se escribe en forma compacta

$${}^{(r,2)}\Phi = r_3^B - r_2^B = 0 \tag{3}$$

Y se puede representar en forma matricial

$$\begin{Bmatrix} x_3 \\ y_3 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \cos \Phi_3 & -\sin \Phi_3 \\ \sin \Phi_3 & \cos \Phi_3 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \xi_3^B \\ \eta_3^B \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} \cos \Phi_2 & -\sin \Phi_2 \\ \sin \Phi_2 & \cos \Phi_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \xi_2^B \\ \eta_2^B \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \tag{4}$$

En los ejes de la junta deslizante se necesitan dos puntos y un vector unitario para establecer la ecuación de restricción en una expresión compacta como la siguiente:

$${}^{(t,2)}\Phi = \begin{Bmatrix} u_0 \cdot \vec{d} \\ \phi_1 \end{Bmatrix} = 0 \tag{5}$$

donde las coordenadas del vector $u_0 = \{1, 0\}$. Nótese que este vector unitario está referido a los ejes globales (x, y) , por lo que sus coordenadas locales coinciden con las globales. Los puntos O y A se usan para construir el vector $\vec{d} = r_1 - r_2 = \{x_1 - 0, y_1 - 0\}$. De acuerdo con (5), el valor del producto escalar entre rotado 90° , por el vector es cero, por tanto:

$${}^{(t,2)}\Phi = \begin{Bmatrix} -u_{0y}d_x + u_{0x}d_y \\ \phi_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -0 \cdot x_1 + 1 \cdot y_1 \\ \phi_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \tag{6}$$

La restricción de la junta deslizante resulta ser un valor constante cero para y_1 y el ángulo entre los ejes locales ξ_1 y el eje global x , es decir, el ángulo ϕ_1 , vale cero durante todo el movimiento. Además de las restricciones cinemáticas, también se considerarían las del *driver*, porque el movimiento del carrito, cuerpo (1), a lo largo de los ejes traslacionales está definido por dichas restricciones. Entonces, su posición depende del valor de una función dependiente del tiempo *shaped* $f_s(t)$ o *unshaped* $f_u(t)$. Esta restricción se puede expresar como:

$${}^{(d-x_{1,1})}\Phi = \{x_1 - f(t)\} = 0 \tag{7}$$

El carrito con los dos links y el sistema fijo, sin considerar la existencia de las juntas y el *driver*, forman un sistema sin restricción como el que se muestra en la figura 2. Las coordenadas x - e y - del origen de cada sistema ξ - η describen las coordenadas traslacionales del cuerpo. El ángulo entre cada eje- ξ y el eje- x describe, a su vez, las coordenadas rotacionales del doble link. En principio, estas coordenadas son representadas en tres matrices tales como:

$$c_1 = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ \emptyset_1 \end{pmatrix}, c_2 = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ \emptyset_2 \end{pmatrix}, c_3 = \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ \emptyset_3 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Estas nueve coordenadas son variables, por lo que, si los cuerpos se mueven libremente en el plano, las coordenadas pueden tener diferentes valores. Si se fuerza la presencia de juntas cinemáticas como las descritas anteriormente, estas variables dejan de ser independientes. Los grados de libertad de este sistema mecánico son tres, de acuerdo con la ecuación $DOF = n_v - n_c = 9 - 6 = 3$, sin tener en cuenta la coordenada del *driver*. Son seis ecuaciones de restricción correspondientes a las juntas cinemáticas. Juntando las n_v coordenadas dependientes definidas como c se tiene

$$c' = \{x_1 \ y_1 \ \emptyset_1 \ x_2 \ y_2 \ \emptyset_2 \ x_3 \ y_3 \ \emptyset_3\} \quad (9)$$

Las restricciones de posición introducidas en las ecuaciones (1) a (6) se pueden expresar, de forma general, como

$$\Phi(c) = 0 \quad (10)$$

cuya derivada del tiempo es

$$\dot{\Phi} = D \cdot \dot{c} = 0 \quad (11)$$

donde la matriz D representa la jacobiana de las ecuaciones de restricción (1) a (6). Este puede obtenerse derivando dichas ecuaciones. Así, la derivada del tiempo de la ecuación de restricción de la junta de revolución A en forma compacta es

$${}^{(r,2)}\dot{\Phi} = \dot{r}_2 + s_2^A \cdot \dot{\emptyset}_2 - \dot{r}_1 \quad (12)$$

En función de los ejes de referencia locales, esta ecuación se puede expandir para obtener el subjacobiano de la junta de revolución A.

$${}^{(r,2)}\dot{\Phi} = \begin{Bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -(\xi_2^A \sin \emptyset_2 + \eta_2^A \cos \emptyset_2) \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & (\xi_2^A \cos \emptyset_2 - \eta_2^A \sin \emptyset_2) \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{\emptyset}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{\emptyset}_2 \end{Bmatrix} \quad (13)$$

Se obtienen las mismas expresiones para la junta de revolución B:

$${}^{(r,2)}\dot{\Phi} = \dot{r}_3 + s_3^B \cdot \dot{\emptyset}_3 - \dot{r}_2 - s_2^B \cdot \dot{\emptyset}_2 \quad (14)$$

$$\dot{\Phi} = \begin{Bmatrix} -1 & 0 & (\xi_2^B \sin \emptyset_2 + \eta_2^B \cos \emptyset_2) & 1 & 0 & -(\xi_3^B \sin \emptyset_3 + \eta_3^B \cos \emptyset_3) \\ 0 & -1 & (-\xi_2^B \cos \emptyset_2 + \eta_2^B \sin \emptyset_2) & 0 & 1 & (\xi_3^B \cos \emptyset_3 - \eta_3^B \sin \emptyset_3) \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \dot{x}_2 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{\emptyset}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{y}_3 \\ \dot{\emptyset}_3 \end{Bmatrix} \quad (15)$$

Finalmente, las restricciones de la velocidad correspondientes a la junta traslacional son expresadas como

$${}^{(t,2)}\dot{\Phi} = \begin{Bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{\emptyset}_1 \end{Bmatrix} \quad (16)$$

Uniendo lo obtenido en las ecuaciones (12) a (16) se cons-

truyen todas las restricciones de la velocidad dadas por la matriz jacobiana del sistema que se multiplica por el vector de las variables dependientes.

$$\dot{\Phi} = \begin{Bmatrix} {}^{(t,2)}\dot{\Phi} & 0_{3 \times 2} & 0_{3 \times 2} \\ {}^{(r,2)}\dot{\Phi}_A & \dots & 0_{3 \times 2} \\ 0_{3 \times 2} & {}^{(r,2)}\dot{\Phi}_B & \dots \end{Bmatrix} \cdot \{\dot{c}\} = \{0_{1 \times 9}\} \quad (17)$$

También se puede escribir esta ecuación de una forma más compacta como en (11). Y, derivando de nuevo, la restricción de la aceleración queda como sigue:

$$\ddot{\Phi} = D \cdot \ddot{c} + \dot{D} \cdot \dot{c} = D \cdot \ddot{c} - \gamma = 0 \quad (18)$$

Las ecuaciones de movimiento del sistema de cuerpos sin restricciones mostradas en la figura 2 tienen la forma general

$$M\ddot{c} = h \quad (19)$$

Las ecuaciones de movimiento para el sistema de carga representado en la figura 1 deben incluir las fuerzas de contacto entre los cuerpos, que se pueden modelar con ayuda del jacobiano más los multiplicadores de Lagrange.

$$M\ddot{c} = h + D' \cdot \lambda \quad (20)$$

Estas ecuaciones representan la dinámica del conjunto de cuerpos con restricciones, transformadas en coordenadas de los cuerpos. Si las incógnitas son las aceleraciones \ddot{c} y los multiplicadores de Lagrange λ , estas ecuaciones se tratan como lineales algebraicas. Sin embargo, cuando las incógnitas son las coordenadas y las velocidades, esas mismas ecuaciones se tratan como diferenciales algebraicas de segundo orden (DAE). Las ecuaciones algebraicas en (20) deben ser resueltas para las aceleraciones. Pero hay más incógnitas que ecuaciones, por lo que se añaden las restricciones de las aceleraciones de las ecuaciones (18) a (20) y se reorganizan de la forma

$$\begin{bmatrix} M & -D' \\ D & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \ddot{c} \\ \lambda \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} h \\ \gamma \end{Bmatrix} \quad (21)$$

Estas ecuaciones algebraicas se pueden resolver para las incógnitas \ddot{c} y λ , y se pueden considerar ecuaciones de movimiento para un sistema multicuerpo arbitrario, con una masa representada por la matriz M : el jacobiano con las restricciones D que está sujeto al vector de fuerzas externas h .

Hay gran cantidad de herramientas computacionales para

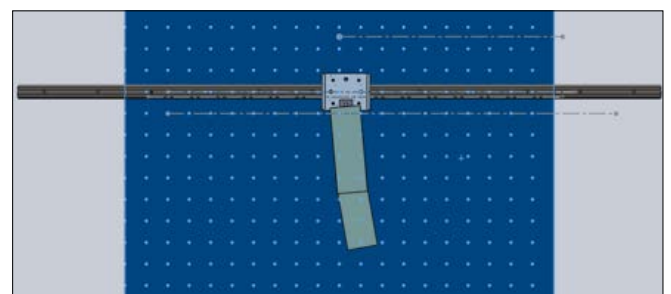


Figura 3. Esquema de una grúa pórtico en SolidWorks transferido como modelo relacional al módulo Simmechanics.

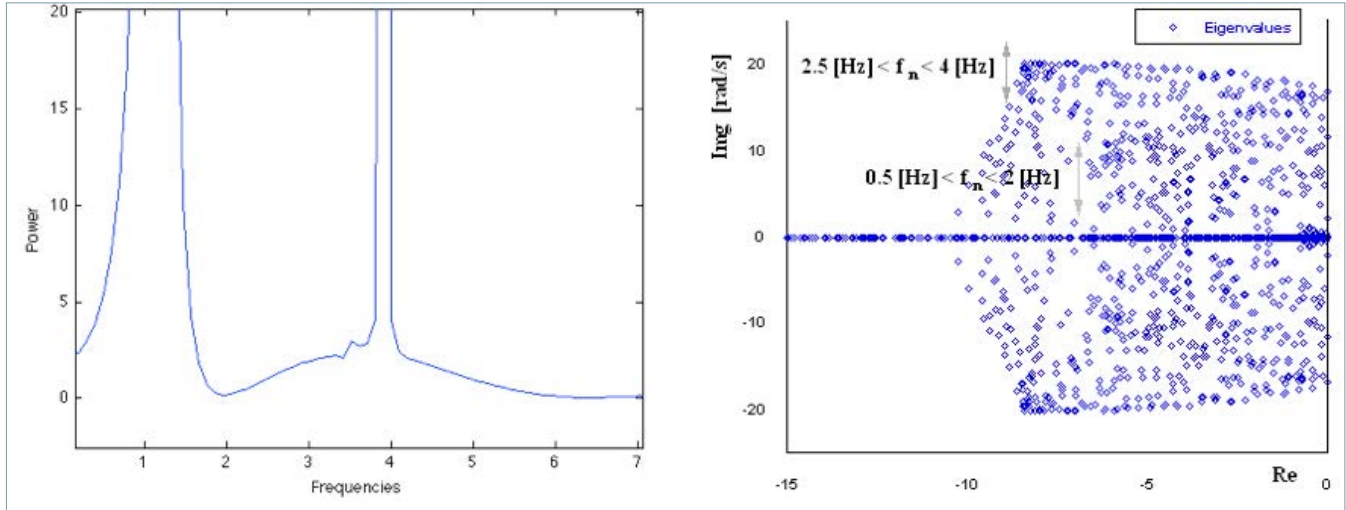


Figura 4. (a) Conjunto de autovalores correspondientes a los modos flexibles del sistema no lineal real. (b) Transformada de Fourier correspondiente al ángulo que forma el segundo link .

la integración numérica de (21). MBS3D es un recurso libre para la simulación de la dinámica de sistemas multicuerpo. Se programa como texto llano de Matlab y emplea un método muy eficiente y de testeo matemático desarrollado en García de Jalón y Bayo (1994).

Debido a su popularidad y facilidad de uso, se eligió un script de Matlab como lenguaje de programación para las rutinas que se desarrollan en cada capítulo del libro de texto de Nikravesh (2008).

Finalmente, gracias a la funcionalidad de SolidWorks de poder exportar ensamblajes como el de la figura 3, con restricciones relacionales, a formato .xml, se puede obtener un conjunto de bloques de Simulink lanzados a través del módulo Simmechanics, los cuales reproducen la dinámica del sistema multicuerpo real.

Análisis dinámico: estimación de los autovalores

Como en cada problema de modelado *shaping*, el primer paso consiste en estimar las frecuencias naturales del sistema multicuerpo. Basándose en el método de la proyección de la velocidad de la matriz R, método realizable con la ecuación (21) para obtener una ODE con dimensión para el sistema multicuerpo, igual al número real de grados de libertad, usando un conjunto de coordenadas independientes (García de Jalón y Bayo, 1994), es decir, la expresión del estado del sistema que permitirá estimar las frecuencias naturales de vibración llevando a cabo los autovalores de la matriz jacobiana A de estados. Inicialmente, se establecen los posibles movimientos que el sistema multicuerpo podría tener de acuerdo con las ecuaciones de restricción. De tal forma, el término movimientos debería ser, en realidad, velocidades.

Se considera el vector \dot{c} ($i = 1, 2, \dots, f$) un conjunto de f vectores linealmente independientes que constituye la base del espacio nulo de D , nulo porque $D \cdot \dot{c} = 0$. Cualquier vector de velocidad \dot{c} dependiente se puede expresar como combinación lineal de esta base como sigue:

$$\dot{c} = r_1 \cdot \dot{z}_1 + r_2 \cdot \dot{z}_2 + r_3 \cdot \dot{z}_3 + \dots + r_f \cdot \dot{z}_f \tag{22}$$

Teniendo una matriz $R_{n \times f}$ (22) se puede escribir

$$\dot{c} = R \cdot \dot{z} \tag{23}$$

Pero, como los vectores r_i son los componentes de una base del espacio nulo de la matriz jacobiana D , se verifica entonces que $D \cdot r_i = 0$ y $D \cdot R = 0$ y . La matriz R depende del vector de posición c y, por tanto, existe una matriz R diferente por cada posición del sistema multicuerpo. Así, la derivada del tiempo de la ecuación (23) resulta

$$\ddot{c} = R \cdot \ddot{z} + \dot{R} \cdot \dot{z} \tag{24}$$

El conjunto de coordenadas independientes z_i se eligió como $\dot{z}_1 = \dot{x}_1$, $\dot{z}_2 = \dot{\phi}_2$, $\dot{z}_3 = \dot{\phi}_3$. En este caso, la matriz R que expresa la dependencia como función de coordenadas independientes, se puede sintetizar escribiendo las velocidades de los centros de masas. Para el primer *link* la velocidad del centro de masas es

$$\vec{V}_{G2} = \vec{V}_A + \dot{\phi}_2 \hat{k} \times (\eta_2^A \cos \phi_2 t - \eta_2^A \sin \phi_2 t) \tag{25}$$

Que puede ser expresada en función de las variables dependientes

$$\dot{x}_2 t + \dot{y}_2 t = \dot{x}_1 t + \dot{\phi}_2 \hat{k} \times (\eta_2^A \sin \phi_2 t - \eta_2^A \cos \phi_2 t) \tag{26}$$

Para la junta de revolución B, estas ecuaciones quedan así:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_{G2} + \dot{\phi}_3 \hat{k} \times (-\eta_3^B \cos \phi_3 t + \eta_3^B \sin \phi_3 t) \tag{27}$$

$$\dot{x}_3 t + \dot{y}_3 t = \vec{V}_B + \dot{\phi}_3 \hat{k} \times (\eta_3^B \sin \phi_3 t - \eta_3^B \cos \phi_3 t) \tag{28}$$

De nuevo, esta ecuación puede usarse para obtener las velocidades, variables dependientes (\dot{x}_2, \dot{y}_2) , (\dot{x}_3, \dot{y}_3) , en función de las velocidades, variables dependientes $\dot{z}_1 = \dot{x}_1$, $\dot{z}_2 = \dot{\phi}_2$, $\dot{z}_3 = \dot{\phi}_3$.

Finalmente, si se unen las ecuaciones (25) a (28), la matriz R puede expresarse como

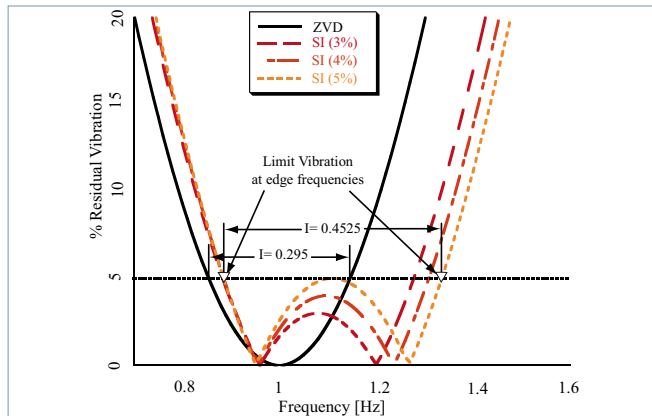


Figura 5. Curvas que representan la robustez del Input Shaper asociado al nivel tolerable de vibración residual.

$$\{\dot{c}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \eta_2^A \cos z_2 & 0 & 0 \\ 0 & \eta_2^A \sin z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & \eta_2^A \cos z_2 - \eta_2^B \cos z_2 & \eta_3^B \cos z_3 & 0 \\ 0 & \eta_2^A \sin z_2 - \eta_2^B \sin z_2 & \eta_3^B \sin z_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \\ \dot{z}_3 \end{pmatrix} \quad (29)$$

donde $\eta_2^A > 0$, $\eta_2^B < 0$, y $\eta_3^B > 0$.

Se sustituye aquí la ecuación (24) por (20), obteniendo

$$\mathbf{M} \cdot \mathbf{R} \cdot \ddot{\mathbf{z}} + \mathbf{M} \cdot \dot{\mathbf{R}} \cdot \dot{\mathbf{z}} - \mathbf{D}' \cdot \lambda = \mathbf{h} \quad (30)$$

Aplicando métodos de resolución matricial por trasposición y teniendo en cuenta que $\mathbf{D} \cdot \mathbf{R} = 0$

$$\mathbf{R}' \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{R} \cdot \ddot{\mathbf{z}} + \mathbf{R}' \cdot \mathbf{M} \cdot \dot{\mathbf{R}} \cdot \dot{\mathbf{z}} = \mathbf{R}' \cdot \mathbf{h} \quad (31)$$

De este modo, las ODE correspondientes a las variables independientes, extraídas de las DAE iniciales en variables dependientes son

$$\ddot{\mathbf{z}} = (\mathbf{R}' \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{R})^{-1} \cdot [\mathbf{R}' \cdot \mathbf{h} - \mathbf{R}' \cdot \mathbf{M} \cdot \dot{\mathbf{R}} \cdot \dot{\mathbf{z}}] \quad (32)$$

Aquí es factible obtener la matriz \mathbf{A} del espacio de estados:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ \frac{\partial(\mathbf{M}^{-1}\mathbf{Q})}{\partial \mathbf{z}} & \frac{\partial(\mathbf{M}^{-1}\mathbf{Q})}{\partial \dot{\mathbf{z}}} \end{pmatrix} \quad (33)$$

donde $\bar{\mathbf{M}} = \mathbf{R}'\mathbf{M}\mathbf{R}$ y $\bar{\mathbf{Q}}$ se igualan a la matriz resultante de la expresión que va entre paréntesis en la expresión (32). Ambas derivadas de (33) llevan consigo una serie de expresiones compactas. Sin embargo, Javier Cuadrado demostró en (Nikravesh et al., 2008) que se pueden aproximar por

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \quad (34)$$

Al considerarse despreciable la amortiguación y debido a la falta de muelles, se simplifica \mathbf{A} , que será 6×6 de acuerdo con el espacio de estados establecido. Se pueden encontrar

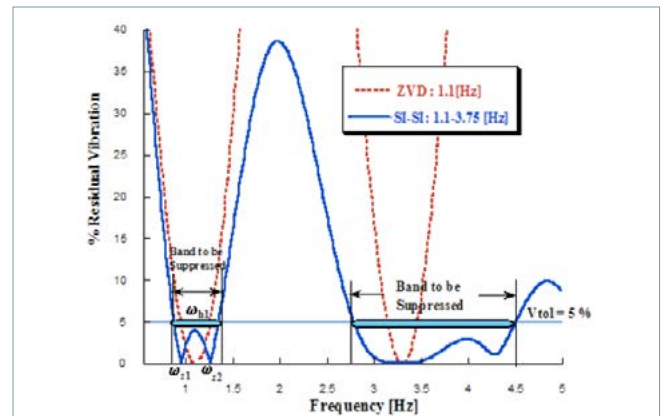


Figura 6. Incremento de la robustez del shaper SI-SI convolucionado.

dificultades en el cálculo de A_{22} , aunque R_q es el jacobiano de la matriz R calculada para las variables dependientes, es decir, una hipermatriz de rango $9 \times 3 \times 9$. Ambas matrices A_{21} y A_{22} resultan de rango 3×3 .

Los autovalores de A son obtenidos en la Figura 4 (a) mediante la representación por integración numérica de (21), cuando ambos *links* son colineales y se separan alrededor de 5 grados del punto vertical de equilibrio.

La figura 4 (b) muestra la transformada de Fourier de la señal correspondiente al ángulo \varnothing , durante la integración numérica.

En ambas figuras se han identificado dos bandas de frecuencias naturales con centros en 1,17 [Hz] y 3,8 [Hz]. La primera es $0,7 < f_n < 1,7$ [Hz], mientras que la segunda $2,5 < f_n < 4$ [Hz]. Esto reafirma la idea de que el procedimiento adoptado para llevar a cabo los autovalores de la matriz jacobiana A del espacio de estados es una herramienta muy útil para identificar las bandas de frecuencias naturales donde los *links* tienden a vibrar. Además, se aprecia que el sistema no oscila a frecuencias mayores de 4,5 [Hz].

Shaper robusto limitador de la vibración

El objetivo principal de este trabajo es la creación de un *Input Shaping* adecuado al control de las vibraciones autoinducidas en los sistemas con dinámica multicuerpo.

Al tratarse de un transporte con carga en cabeza, implica un comportamiento oscilatorio de las cargas, que es una manifestación de los modos subamortiguados, excitados por la señal de entrada del carrito. Así, se empleará una técnica de control que da forma a dicha señal en anticipación a la respuesta esperada. Si el sistema está bien modelado esta será muy próxima a la respuesta real.

Una vez identificado el rango de frecuencia donde la carga multicuerpo tiende a vibrar, el siguiente paso es calcular separadamente un filtro de retardo (*Input Shaper*) para cada modo/banda y, después, convolucionar ambos filtros juntos para generar un bucle abierto de perfiles de velocidad para el carrito que satisfaga el objetivo deseado.

La figura 5 muestra varias curvas de sensibilidad, donde la amplitud de la vibración residual es planteada en función de la frecuencia real. La curva negra corresponde al *shaper* ZVD. El eje vertical viene dado por la ecuación de la energía residual (35), mientras el horizontal es el rango de frecuencias correspondiente a la primera banda.

$$V_{tol} \geq e^{-\zeta\omega T_n} \cdot \sqrt{(C(\omega, \zeta))^2 + (S(\omega, \zeta))^2} \tag{35}$$

donde

$$C(\omega, \zeta) = \sum e^{-\zeta\omega T_i} \cdot A_i \cdot \cos(\omega\sqrt{1 - \delta^2 T_i}) \tag{36}$$

$$S(\omega, \zeta) = \sum e^{-\zeta\omega T_i} \cdot A_i \cdot \sin(\omega\sqrt{1 - \delta^2 T_i}) \tag{37}$$

Por otro lado, la robustez viene dada por el ancho de la curva en algún punto del nivel tolerable de vibración, parámetro denominado insensibilidad de frecuencia del *shaper* (I). Para conseguir una robustez mayor se debe seleccionar un *shaper Specified Insensitive* (SI) diseñado para mitigar la vibración en un rango de frecuencias específico y obtenido de forma sencilla por la técnica de la frecuencia muestreada (Cuadrado, Dopico, Pérez y Pastorino, 2012), que usa la ecuación (35) en cada una de las frecuencias contenidas en la banda de frecuencias dada.

Una estrategia alternativa para generar filtros SI implica parametrizar la curva de sensibilidad más los coeficientes del filtro y resolver mediante un gradiente (basado en un algoritmo de optimización de restricciones) los parámetros óptimos. En este caso, el filtro se puede parametrizar en términos de períodos de retardo y ganancias, por ejemplo:

$$IS = A_1\delta(t) + A_2\delta(t - T_{s2}) + A_3\delta(t - T_{s3}) \tag{38}$$

donde A_1, A_2, A_3 son las amplitudes de los impulsos del *Input Shaper*, mientras que T_{s2} y T_{s3} son los tiempos en los que se aplican los impulsos. El primer impulso se aplica en cero para minimizar el retardo inducido por el filtro, todos ellos parámetros por determinar, así como ω_{h1} o frecuencia a la cual el pico de la curva de sensibilidad tiene lugar y las frecuencias de contacto ω_{z1}, ω_{z2} donde el filtro de la curva de sensibilidad de SI debe ser cero entre la frecuencia ω_{h1} , donde la cresta de la curva de sensibilidad tiene lugar y la pendiente es cero.

En este punto en el que todos los parámetros han sido enumerados, se realiza un problema de optimización donde el objetivo es minimizar T_{s3} . Las restricciones han sido enumeradas anteriormente y, además, la suma de las amplitudes ha de sumar uno para que el comando *shaped* alcance el mismo punto final que en comando *unshaped* o sin filtrar.

La solución al problema de optimización es factible. Se obtiene un *shaper* SI con $I = 0,4$ y $V_{tol} = 0,5\%$, centrada en $f_{n1} = 1,1$ [Hz], y asumiendo los pequeños amortiguamientos despreciables, se tiene

$$IS_{1,1Hz} = 0,263\delta(t) + 0,475\delta(t - 0,455) + 0,263\delta(t - 0,909) \tag{39}$$

La robustez de este *shaper* es de alrededor del 20% del valor nominal $f_n = 1,1$ [Hz], correspondiente al rango de frecuencias de aproximadamente $0,88 < f_n < 1,32$ [Hz], similar al rango correspondiente a la primera banda donde, recuérdese, el multicuerpo tiende a vibrar.

Si se incrementa la insensibilidad I se puede encontrar una mejora de la robustez, pero esto se traduce en el aumento de la longitud del *shaper* a un número de impulsos mayor que tres.

Si se desarrolla el problema de optimización para el segundo modo a 3,75 [Hz], se obtiene el *shaper* SI

$$IS_{3,75Hz} = 0,263\delta(t) + 0,475\delta(t - 0,133) + 0,263\delta(t - 0,267) \tag{40}$$

Un *shaper* convolucionado tiene más impulsos que uno directo. La convolución total de los filtros de retardo temporal dados por (39) y (40) forman un *shaper* SI-SI descrito por una ecuación similar a estas, pero con muchos más sumandos, uno por cada impulso.

En la figura 6 se muestran las curvas de sensibilidad para el modo simple ZVD a 1,1 [Hz] y el modo doble SI-SI. Afortunadamente, la convolución total entre ambos *shapers* tiene efectos beneficiosos en cuanto a la robustez de la segunda banda de frecuencias. Los modos de vibración del sistema multicuerpo tienen los valores

comprendidos entre 2,75 y 4,5 [Hz], mientras que la vibración residual permanecerá por debajo del nivel tolerable de amplitud de vibración. La razón puede estar en la contribución del primer *shaper*, ya que los de modo simple suprimen la vibración en múltiplos impares de su frecuencia de diseño, como muestra la curva del *shaper* ZVD a la frecuencia de 1,1 [Hz]. Así, las propiedades de vibración del primer *shaper* $IS_{1,1}$ a múltiplos impares de frecuencias más altas son transmitidas al *shaper* SI-SI resultante.

De cualquier modo, entre 1,5 y 2,75 [Hz] el SI-SI convolucionado no mitiga la amplitud de la vibración residual, pero cuando se compara con el de la figura 4, el sistema multicuerpo no tiende a vibrar en dicha banda de frecuencias, así que el *shaper* SI-SI convolucionado atenúa la vibración en las bandas necesarias, lo que se corresponde con la filosofía de *Input Shaping*, que no tiene en cuenta el resto de las bandas de frecuencia en las que el sistema flexible no tiende a vibrar. Esta es la base de su superioridad cuando se compara con filtros de paso bajo o alto demostrados en (Singer et al, 1992).

Simulación y puesta en marcha de resultados experimentales

Los resultados de simulación de la fi-

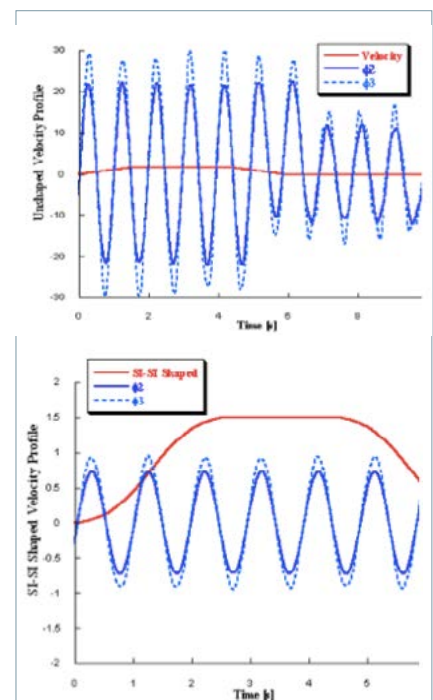


Figura 7. (a) Perfil de velocidades unshaped para \varnothing_2 y \varnothing_3 . (b) Perfil de velocidades shaped para \varnothing_2 y \varnothing_3 .



Figura 8. Montaje del prototipo MUTO en laboratorio.

gura 7 muestran una duración de 1,75 [s] para el *shaper* SI-SI. Sin embargo, el tiempo de subida de la rampa es 1,44 [s], es decir, 0,267 [s] más largo que la longitud del *shaper* SI-SI. Entonces, estos datos garantizan que la convolución total es matemáticamente viable, eficiente y eficaz.

La figura 7 (a) muestra las respuestas de las deflexiones angulares de los dos *links* (\varnothing_2 y \varnothing_3) cuando el carrito trabaja bajo un perfil de velocidades *unshaped*. Hay una vibración significativa para las respuestas de ambos *links*. También la figura 7 (b) muestra las respuestas cuando el perfil de velocidades es conformado con el *shaper* SI-SI.

Nótese que, como se esperaba para el mismo rango de parámetros cinemáticos, la vibración residual en modo *shaped* siempre es pequeña. Si la amplitud de vibración en modo *shaped* se divide entre la vibración en modo *unshaped*, el porcentaje resultante de vibración es menor que el 5% para la deflexión angular de cada *link*.

Para reforzar este resultado, se presentan a continuación las respuestas del prototipo real. Los experimentos fueron llevados a cabo en una minigrúa pórtico (MUTO: *Multibody Two-link payload Overhead crane*), representada en la figura 8. MUTO se compone de un patín fijado a una guía lineal, cuyo carrito está comandado por un servomotor unido, a su vez, al carrito por una placa de polipropileno y una estructura formada por perfiles de aluminio. El eje del servomotor tiene en su extremo un engranaje.

A mayores, se acopló un potenciómetro rotativo, actuando como unión del primer *link* con el carrito, sensor que mide la deflexión \varnothing_2 . El segundo *link* está conectado al primero por una segunda junta de revolución, esta vez sin potenciómetro acoplado, debido a que se añadiría una masa que falsearía los parámetros inerciales.

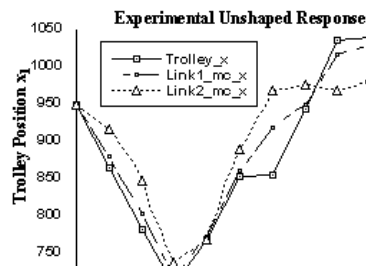
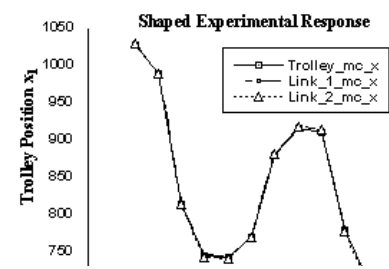


Figura 9. (a) Posición x- de los centros de masas frente al tiempo en comando unshaped. (b) Posición x- de los centros de masas frente al tiempo en comando shaped.



El *driver* del servomotor se conectó a un microcontrolador Mbed con un convertidor D/A. La señal de la velocidad es generada por ese Mbed. Además, MUTO puede moverse a distancia empleando un *joystick* cuyas órdenes alimentan a la Mbed.

Finalmente, la convolución total es llevada a cabo en tiempo real gracias a la introducción del *shaper* SI-SI en el programa C de la Mbed.

MUTO se hizo mover durante más de 10 [s] a través de su espacio de operaciones. Se recogieron los datos de las deflexiones \varnothing_2 y \varnothing_3 y se filmó, al mismo tiempo, la trayectoria de los centros de masas de ambos *links* (Fig. 8) de forma que se conociera la posición de los mismos frente al tiempo transcurrido. A pesar de optar por una frecuencia de muestreo limitada de alrededor de 30 [Hz], las respuestas a las órdenes filtradas y no filtradas (*shaped* y *unshaped*) se obtuvieron resultados que permiten afirmar que la orden no filtrada causa desviaciones significativas de la posición x- del centro de masas de los *links* con respecto a la posición x- del carrito, mientras que la orden filtrada SI-SI elimina tal desviación entre los centros de masas, como se puede apreciar en la figura 9 (b).

Paralelamente, se analizaron las posiciones y- de los centros de masas. Aparecieron pequeñas vibraciones que no merecen un estudio más profundo, ya que pueden deberse a ciertas incertidumbres en la medida.

Conclusiones

Pese a haberse encontrado inicialmente dificultades a la hora de encontrar un método para obtener los autovalores, el jacobiano del espacio de estados ha permitido obtener las bandas de frecuencias de vibración del sistema multicuerpo.

La relación entre las DAE en variables dependientes correspondientes a

las ODE en variables independientes se establece con ayuda del método de proyección de la matriz R para las velocidades. Entonces, se extrae la frecuencia natural circular por el método de integración hacia delante, a partir del modelo multicuerpo analítico de la grúa pórtico. Gracias a esto, se ha podido aplicar un filtro apropiado para conseguir obtener el objetivo que era la mitigación de vibración residual.

Para reforzar los resultados y la fiabilidad del análisis de los autovalores, se comprobó experimentalmente la deflexión experimental para las respuestas *shaped* y *unshaped* y se ha demostrado el efecto beneficioso de aplicar *Input Shaping* al generador de órdenes de una grúa pórtico.

Referencias

- Book, W. (1993). *Controlled Motion in an Elastic World*, ASME J. Dyn. Sys., Meas., and Control, 115(2), June 1993.
- Cuadrado, Javier; Dopico, Daniel; Pérez, José A.; Pastorino, Roland (2012).. *Automotive observers based on multibody models and the extended Kalman filter*, Multibody Syst. Dyn. 27:319 DOI 10.1007/s11044-011-9251-1.
- García de Jalón, Javier; Bayo, Eduardo (1994). *Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems: The Real-Time challenge*. Springer-Verlag, New York. ISBN 0-387-94096-0, 440 págs.
- Junkins, J.L.; Kim, Y. (1993). *Introduction to Dynamics and Control of Flexible Structures*. AIAA, Washington D.C.
- Neil, C.; Warren, P.; Seering, W.P. (1990). *Preshaping command inputs to reduce system vibration*. J. of Dynamics Sys., Measurement, and Control Vol. 112, pág. 7682.
- Nikravesh, Parviz E. (2008). *Planar Multibody Dynamics: Formulaion Programming and Applications*. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Singer, N.C.; Seering, W.P. (1992). *An extension of Command Shaping Methods for Controlling Residual Vibration Using Frequency Sampling*, IEEE International Conference on Robotics and Automation. Nice, Francia, págs. 800-805.
- Singhose, William E.; Vaughan, Josua (2011). *Reducing Vibration by Digital Filtering and Input Shaping*, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 19, No 6, Noviembre.
- Smith, O.J.M. (1957). *Posicast control of damped oscillatory systems*. Proceedings of the IRE, págs. 1249-1255.

Renovación de trenes de laminación: mejoras en los cilindros de trabajo para velocidades extremas

Sorin Tudor

Introducción y visión del mercado

Los propietarios de los trenes de laminación están sometidos a una presión constante para reducir sus costes de producción en el contexto de un mercado global variable. Aumentar la productividad de la planta es una forma habitual de lograr costes competitivos. Se puede obtener una mayor productividad aumentando la velocidad de la línea de producción, definida como la velocidad de laminación (m/min) de la banda que pasa a través de la caja del laminador cuarto (4-HI) (figura 1). Sin embargo, los laminadores actuales no pueden aplicar una velocidad de funcionamiento mayor, ya que se corre el riesgo de que se produzca un desgaste rápido del cilindro o daños en los rodamientos. Es posible que aparezcan otras restricciones debido al límite de velocidad de la transmisión (motores, cajas de engranajes y piñones).

La velocidad rotacional de los cilindros de trabajo se calcula a partir de la velocidad de la línea de producción y es una función del diámetro del cilindro. A

una determinada velocidad de laminación, los cilindros de trabajo presentan una velocidad rotacional mayor que los cilindros de apoyo debido a que el diámetro del cilindro es menor. Por tanto, esta velocidad rotacional mayor de los cilindros de trabajo se debe evaluar cuidadosamente tomando como referencia el rendimiento máximo del tren de laminación. Los propietarios de laminadores con frecuencia necesitan ayuda para la "renovación" de los cilindros de trabajo a velocidades de funcionamiento extremas.

Consideraciones teóricas

Selección, diseño y aspectos dimensionales en relación con los rodamientos de cuello de cilindro de trabajo

Inicialmente, los rodamientos de cuello de cilindro de trabajo no se seleccionan por su carga, como sí ocurre con la mayoría de aplicaciones de rodamientos. En su lugar, es el fabricante de los trenes el que impone los principales parámetros de selección (figura 2) que se tienen en

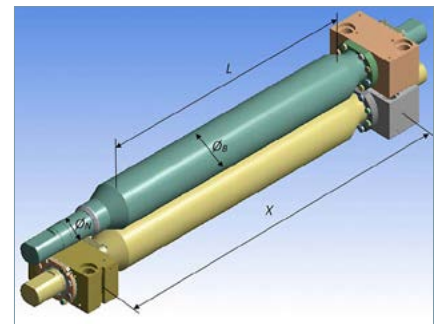


Figura 2. Parámetros de los cilindros de trabajo. En la parte superior izquierda se ha retirado la ampuesa para poder mostrar el diámetro del cuello de los cilindros de trabajo.

cuenta para los rodamientos:

- Diámetro del cilindro – \varnothing_B (nominal y mínimo)
- Diámetro del cuello – \varnothing_N
- Longitud del cilindro – L
- Distancia entre centros de rodamientos – X

Estas consideraciones son las que determinan el espacio restante mínimo (envoltura) que debe quedar en los rodamientos y las ampuestas. Los ingenieros de aplicaciones para rodamientos empiezan por la búsqueda de rodamientos existentes que cumplan los criterios de geometría. A continuación, de entre los rodamientos que cumplen dichos criterios, el ingeniero selecciona aquellos que respetan la vida a fatiga del rodamiento L10 que solicita el cliente. Además, la geometría interna del rodamiento se evalúa a partir de la carga máxima de diseño y la velocidad de rotación máxima de los cilindros de trabajo. Se puede actualizar la geometría interna del rodamiento o diseñar un nuevo rodamiento si no hay ninguno que satisfaga las necesidades del cliente.

Montaje con holgura

Debido a los frecuentes cambios de los

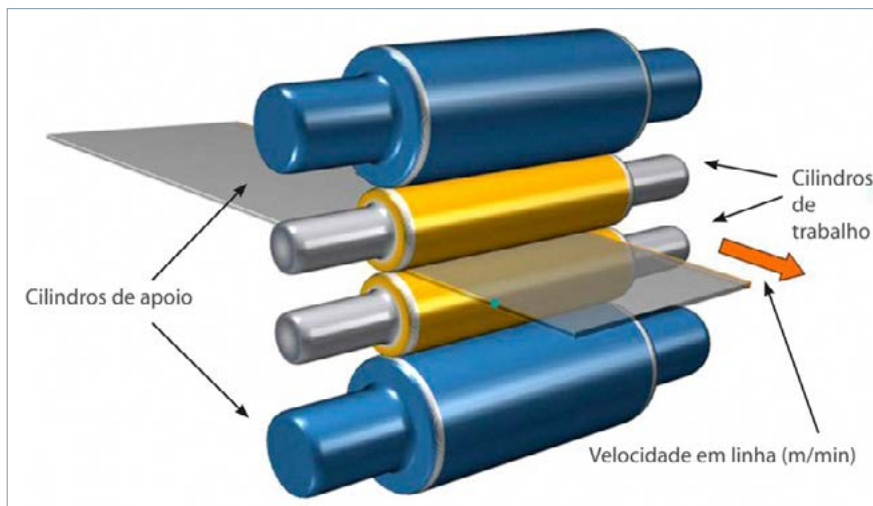


Figura 1. Caja de laminador cuarto.

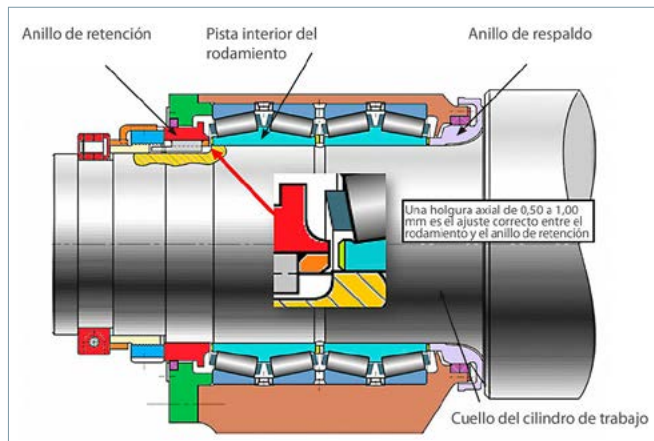


Figura 3. Montaje con holgura.

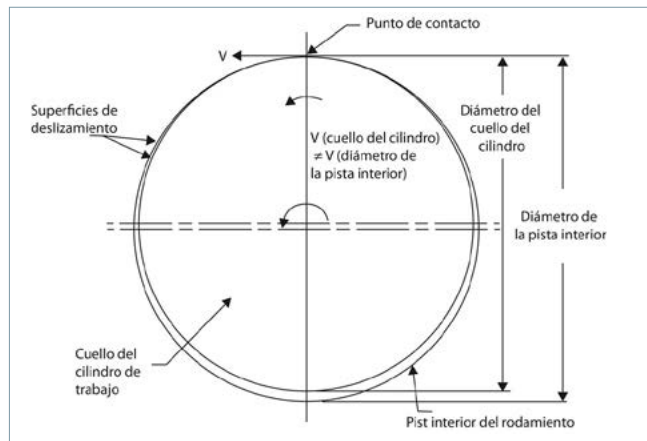


Figura 4. Movimiento relativo del cuello de los cilindros de trabajo y los anillos interiores del rodamiento.

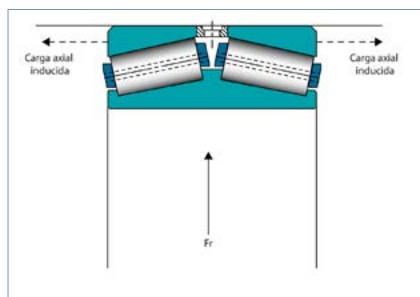


Figura 5. Disposiciones de montaje directo.



Figura 6. Desgaste en la cara del anillo interior del rodamiento.

cilindros de trabajo, es necesario poder montar y retirar de forma rápida el sistema de rodamientos y ampuestas. Por esta razón, disponer de holgura entre las cuatro hileras de los rodamientos de rodillos cónicos y el cuello del cilindro se considera una práctica habitual en las disposiciones de los cilindros de trabajo, con independencia de la velocidad de rodadura. Los anillos exteriores deben estar bloqueados en la ampuesa y las pistas interiores deben montarse con un valor de holgura axial de entre 0,5 y 1 mm con respecto a la cara del anillo de retención (figura 3).

Dado que el diámetro del cuello del cilindro es más pequeño que el diámetro del anillo interior, los anillos interiores de los rodamientos tenderán de manera natural a moverse en forma orbital con respecto al cuello del cilindro. Este y el diámetro del anillo interior tendrán básicamente la misma velocidad lineal cuando estén en contacto entre sí. La velocidad de rotación del anillo interior es ligeramente inferior que la velocidad de rotación del cuello del cilindro, como se ilustra en la figura 4, debido a una pequeña diferencia de diámetro entre el cuello del cilindro y el diámetro del anillo

interior. Por tanto, es fundamental:

- Seguir las directrices mínimas para el diámetro del cuello del cilindro con el objetivo de evitar un desgaste excesivo del cuello debido a este movimiento relativo.
- Ofrecer una holgura axial entre los anillos interiores y las caras adyacentes de los anillos de retención y de respaldo de los cilindros de trabajo para permitir que los dos anillos interiores se muevan sin dificultad y así minimizar el desgaste en servicio.

Disposición en montaje directo

El tipo más común de rodamiento de cuello de cilindro está diseñado a partir del concepto de montaje directo (figura 5).

Los anillos interiores están montados con un ajuste con holgura, que varía desde 0,050 mm como mínimo hasta 0,600 mm como máximo según el tamaño del diámetro. El diseño del rodamiento de "montaje directo" requiere que los anillos exteriores se bloqueen en su sitio para soportar la carga axial inducida por la carga radial F_r dentro del rodamiento, así como para mantener el juego axial interno proporcionado por el separador de anillos exteriores.

Este diseño de "montaje directo" permite que los anillos interiores permanezcan flotantes, lo que resulta necesario para permitir que los anillos interiores se muevan de forma orbital con respecto al cuello del cilindro.

Límites de velocidad

La limitación de tal disposición es la combinación de la velocidad con la carga de laminación. Durante décadas, se han seleccionado y aplicado conjuntos de tipo TQOW con ajuste holgado (ver figura 13 para configuraciones de rodamientos de tipo TQOW) con resultados satisfactorios en todos los tipos de cuellos de cilindros de laminadores que funcionan a velocidades entre bajas y medias. La mayoría de estos trenes, en función de las cargas aplicadas y sus condiciones ambientales, están operando a velocidades de laminación de hasta 800 m/min. El autor también tiene experiencia con laminadores que funcionan a velocidades de laminación de hasta 1.000 m/min.

Sin embargo, cuando aumentan las velocidades operativas, la fricción y el desgaste entre los anillos internos de los rodamientos y las caras adyacentes de los anillos de retención y respaldo de los cilindros de trabajo pueden provocar un desgaste importante en la cara del anillo interior del rodamiento (figura 6). Aquí aparecen signos de corrosión por picadura profunda. Las grietas por calor comienzan a propagarse desde la cara frontal del anillo interior, a través del diámetro interior, seguidas por la fractura del anillo interior. Si el tren de laminación no se detiene y se sustituye el rodamiento, este se dañará por completo. El tiempo de mantenimiento y los costes de sustitución de los rodamientos pueden

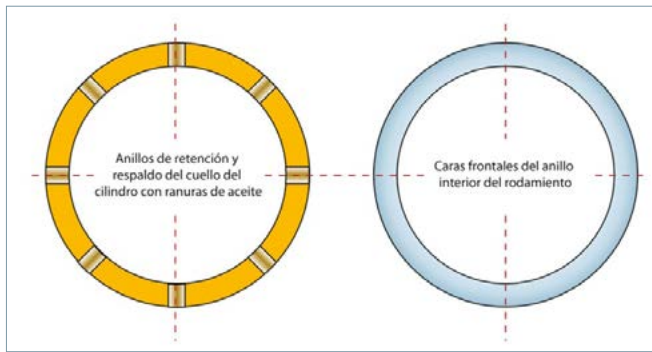


Figura 7. Ranuras de aceite de las caras en los anillos de retención y respaldo del cuello de cilindro.

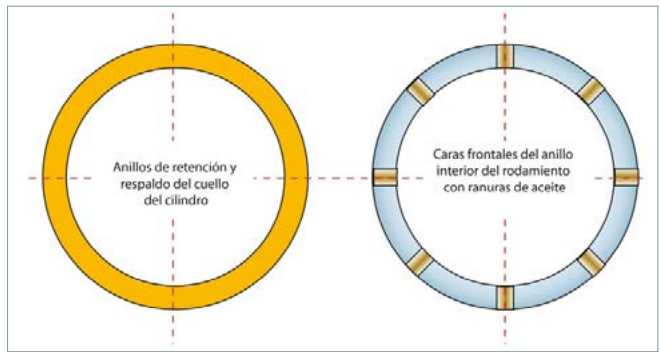


Figura 9. Ranuras de aceite en la cara frontal del anillo interior del rodamiento

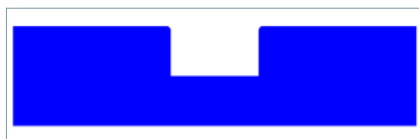


Figura 8. Perfil común de las ranuras de aceite detectado en las caras de las cintas y en los anillos de retención de los laminadores más antiguas.

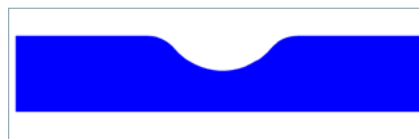


Figura 10. Perfil de las ranuras de aceite proporcionado por Timken en la cara frontal del anillo interior del rodamiento.

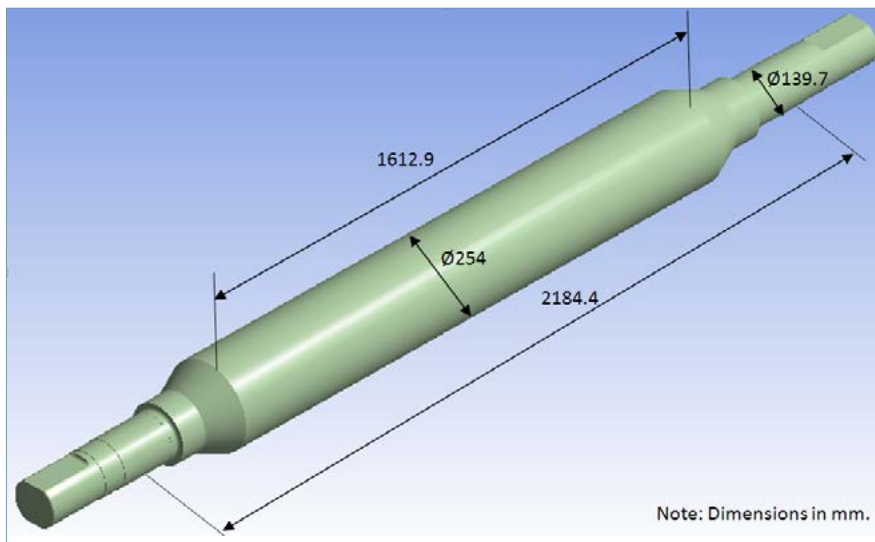


Figura 11. Diseño de rodillo de trabajo; vista isométrica

convertirse en parámetros de limitación del rendimiento de los laminadores.

Soluciones de Timken para renovar los rodillos de trabajo que funcionan a altas velocidades

Hay varias medidas que sugiere Timken para evitar un desgaste excesivo entre los anillos internos de los rodamientos y las caras adyacentes de los anillos de retención y respaldo de los rodillos de trabajo que funcionan a altas velocidades.

1. Se establece un espacio axial que va de 0,5 a 1 mm, en función del tamaño del rodamiento, entre la cara del anillo interior y el conjunto de bloqueo (ver figura 3). Esta separación evita el desgaste de

las caras adyacentes al deslizarse por el cuello del cilindro.

2. El diámetro de apoyo del anillo interior debe ser lo más amplio posible. El diámetro exterior de los conjuntos de bloqueo (anillos de retención y respaldo) debe situarse en el punto de tangencia del radio de acuerdo del anillo interior.

3. El anillo de retención y respaldo del cuello del cilindro de los laminadores más antiguos suelen incluir ranuras de aceite en las caras. En estos casos, los anillos interiores dobles de los rodamientos no necesitan ranuras de aceite en las caras (figura 7). El perfil común de las ranuras de aceite detectado en las caras de los respaldos y en los anillos de re-

tención de los laminadores más antiguos se muestra en la figura 8. Timken puede evaluar las ranuras de aceite existentes y ofrecer su número y geometría cuando los rodillos de trabajo funcionan a altas velocidades.

4. En los nuevos laminadores, el estándar establece que las ranuras de aceite estén situadas en las caras frontales del anillo interior del rodamiento. Esto permite una lubricación de contacto entre el anillo interior y las caras adyacentes (figura 9).

Las ranuras de aceite en los rodamientos Timken se encuentran en las caras frontales del anillo interior del rodamiento, como se muestra en la figura 10. El borde entre la ranura y la cara está bien redondeado con el objetivo de minimizar el desgaste con respecto al conjunto de bloqueo.

5. El anillo de respaldo y el anillo de retención deben tener una dureza mínima de 50 HRC y una dureza recomendada de entre 55 y 58 HRC.

6. Debe lubricarse la superficie de contacto entre la cara frontal del anillo interior del rodamiento y los conjuntos de bloqueo del cuello del cilindro.

Supuesto práctico. Descripción del problema y solución existente

Esta aplicación se lleva a cabo en los rodillos de trabajo de los laminadores Cuarto.

Atributos de diseño del laminador

- Tipo de laminador: laminador Cuarto.
- Diámetro nominal del cilindro de trabajo: 254 mm.
- Diámetro mínimo del cilindro de trabajo: 228,6 mm.
- Longitud del cilindro: 1.612,9 mm.
- Diámetro del cuello del cilindro: 139,7 mm.

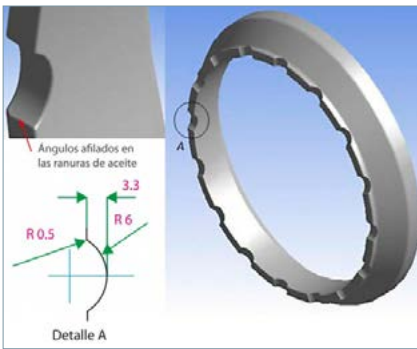


Figura 12. Anillo de respaldo del cuello del cilindro; vista isométrica.

Relación cilindro-cuello del cilindro: 55%.

Distancia entre centros: 2.184,4 mm.

La vista isométrica del rodillo de trabajo se muestra en la figura 11.

Condiciones de funcionamiento del rodillo de trabajo

Carga de flexión máxima: 167,4 kN (por flexión).

Carga axial máxima: 60 kN.

Velocidad de laminación máxima: 1036 m/min (= 1.443 rpm velocidad de rodadura con diámetro de cilindro mínimo).

Anillo de respaldo del cuello del cilindro

Material de anillo y el cuello acero.

Dureza de 58-60 HRC (comparable con la dureza del rodamiento).

Lubricación

Sistema aire-aceite

La vista isométrica del anillo de respaldo del cuello se muestra en la figura 12. El diseño actual del anillo de respaldo presenta ángulos afilados en las ranuras de aceite (radio de 0,5 mm) (véase el detalle A).

Rodamiento de Timken

La figura 13 muestra la propuesta de diseño del rodamiento de cilindro de trabajo utilizado en la aplicación: TQOGW 48680DGW-902A3 cónico de cuatro filas.

Geometría: 139,700 x 200,025 x 160,340 (DI x DE x ancho en mm).

Capacidad de carga Timken: C90(4) = 240 kN.

Modelo computarizado

La aplicación modelada por ordenador se muestra en la figura 14.

El modelo computarizado es equivalente a las condiciones límite de los cilindros de trabajo descritas anteriormente.

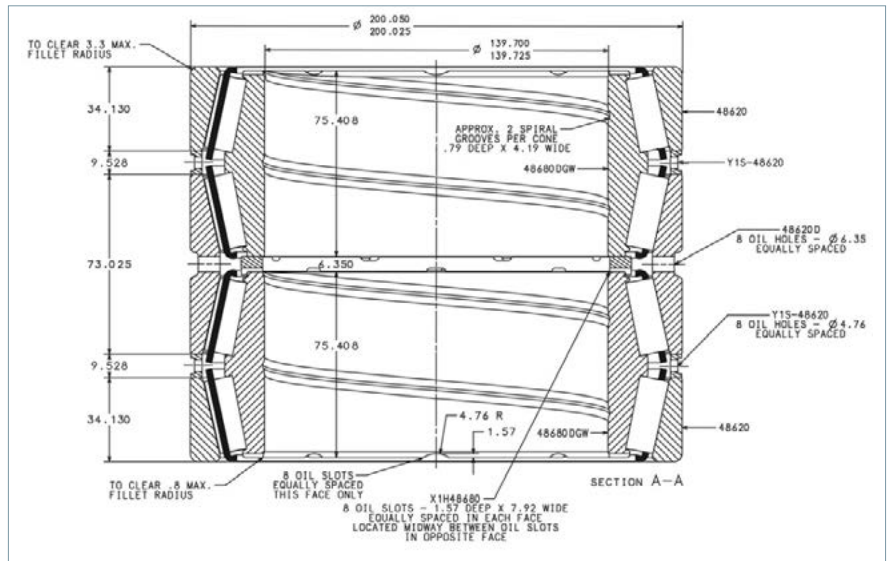


Figura 13. Propuesta de diseño del rodamiento TQOGW 48680DGW-902A3 cónico de cuatro hileras.

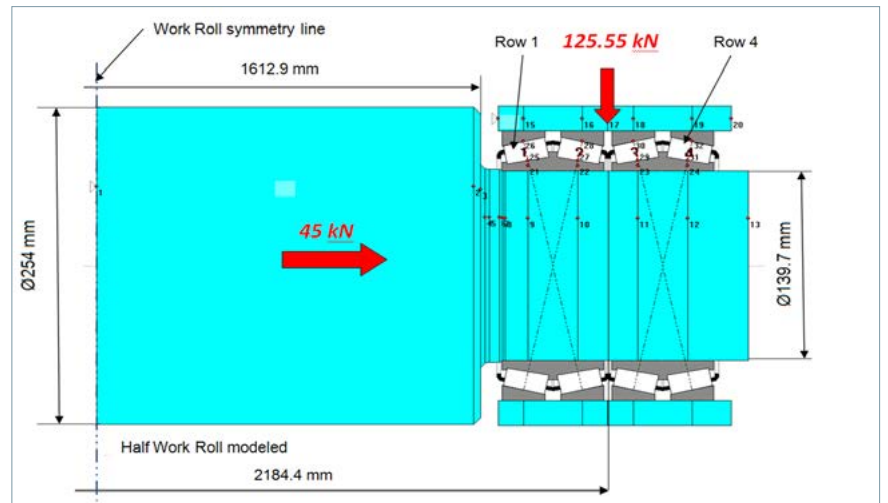


Figura 14. Aplicación modelada por ordenador.

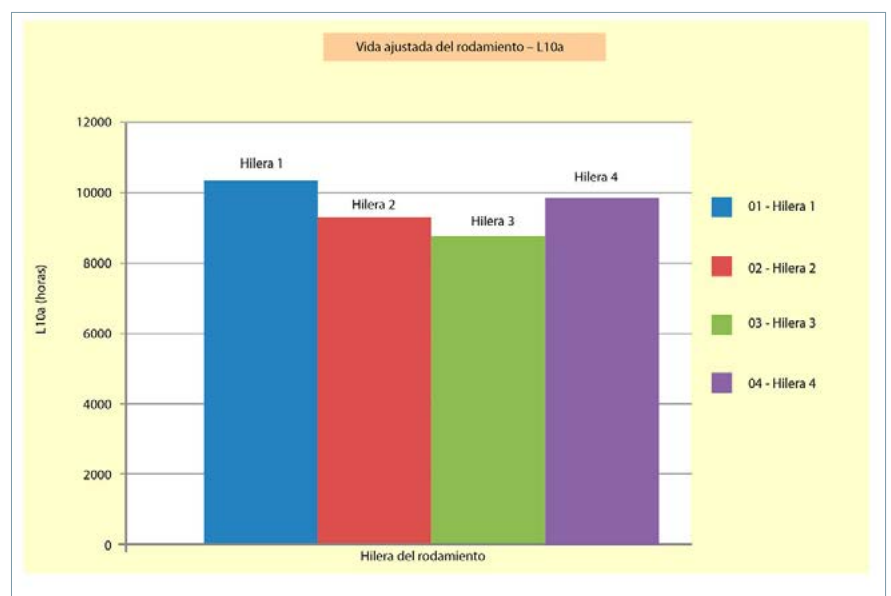


Figura 15. Vista de la vida a fatiga ajustada del rodamiento L10a.

Los cálculos de la vida útil L10 se llevan a cabo para condiciones de funcionamiento del 75% de carga máxima y 75%

velocidad máxima:
Carga de *bending*: $0,75 \times 167,4 \text{ kN} = 125,55 \text{ kN}$.

Carga axial: $0,75 \times 60 \text{ kN} = 45 \text{ kN}$.
Velocidad del cilindro de trabajo: $0,75 \times 1.443 \text{ rpm} = 1.082,3 \text{ rpm}$.

La vida a fatiga ajustada del rodamiento L10a de la hilera 3 (hilera 3) con carga máxima que aparece en la figura 15 es de 8.800 horas. Se calcula para condiciones de funcionamiento que tengan el 75% de la carga máxima y utilicen el 75% de la velocidad máxima. Además, se presenta para la carga axial en ambas direcciones. Debido principalmente a la flexión del cuello del cilindro, la carga compartida y, por tanto, la vida útil no serán la misma en las cuatro hileras.

Descripción del problema: desgaste acelerado de las caras del anillo interior del rodamiento

Al aumentar la velocidad de laminación el 20% para mejorar la productividad de los laminadores, el cliente aceleró también el problema de los rodamientos. Una velocidad de laminación aumentada como en este ejemplo, sin otros cambios ni mejoras en los laminadores, desgasta las caras del anillo interior, como se muestra en la figura 16. El cliente pidió ayuda al ingeniero de servicio de Timken. No se notificó ningún otro problema con respecto al rendimiento existente de los rodamientos.

Las áreas de la máxima tensión de von Mises (figura 17) se indican en la superficie de contacto del anillo de respaldo (valores locales superiores a 150 MPa). Estas se calculan utilizando las máximas condiciones de funcionamiento (carga de *bending* máxima de 167,4 kN y carga axial máxima de 60 kN).



Figura 16. Profundo desgaste en el anillo interior del rodamiento. Picaduras profundas, grietas por calor y adhesión pronunciada.

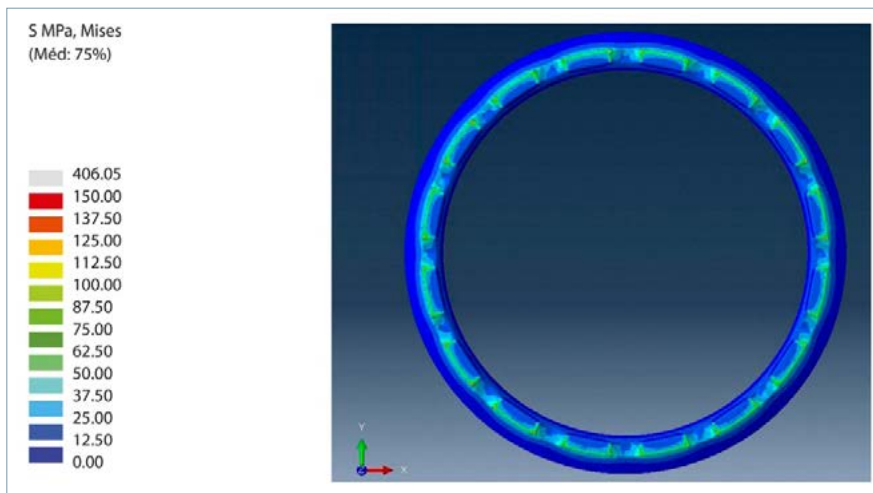


Figura 17. Tensión de von Mises del anillo de la cinta del cuello del cilindro antes de su renovación.

Estudio de caso: solución de renovación del rodillo de trabajo de Timken

Se ha realizado una renovación del laminador siguiendo las mejoras técnicas recomendadas por Timken:

1. Diseñar ranuras de aceite en la cara del anillo interior del rodamiento (figura 18). Usar el diseño de Timken de bordes redondeados para las ranuras de aceite de la cara del anillo interior (radio de acuerdo de la cara de 3 mm) para minimizar el desgaste con respecto al conjunto de bloqueo. Reducir a la mitad el número de ranuras de aceite (8 ranuras en el anillo interior del rodamiento en comparación con las 16 del anillo de apoyo del cuello) para disminuir la presión de contacto en las caras adyacentes. La disminución del número

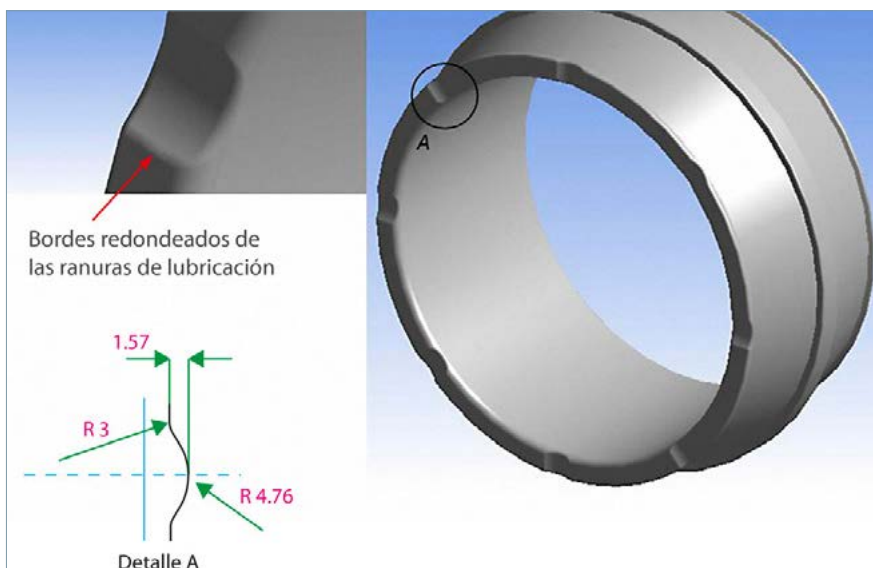


Figura 18. Ranuras de aceite redondeadas en las caras del anillo interior del rodamiento

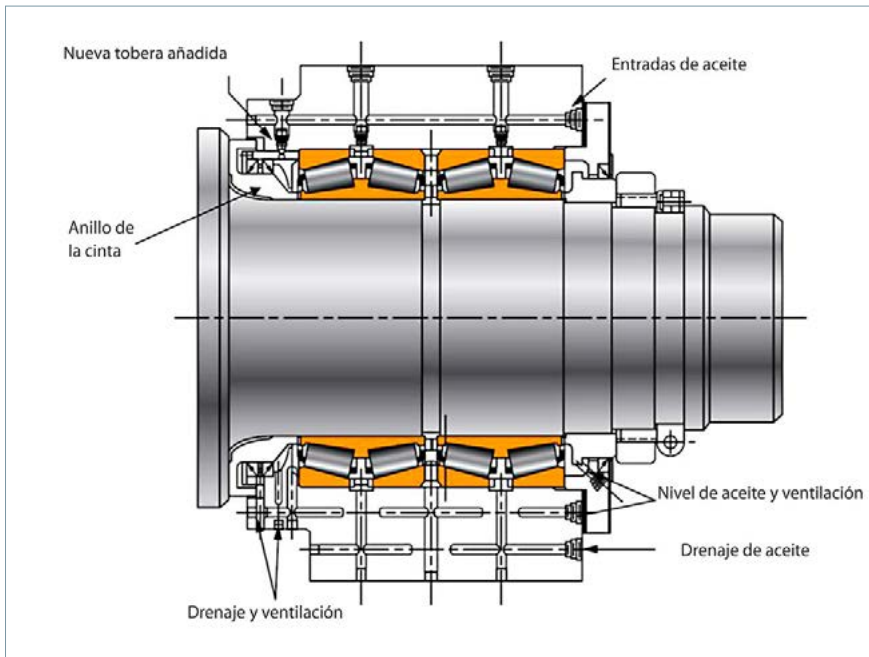


Figura 19. Agregar una nueva boquilla de lubricación.

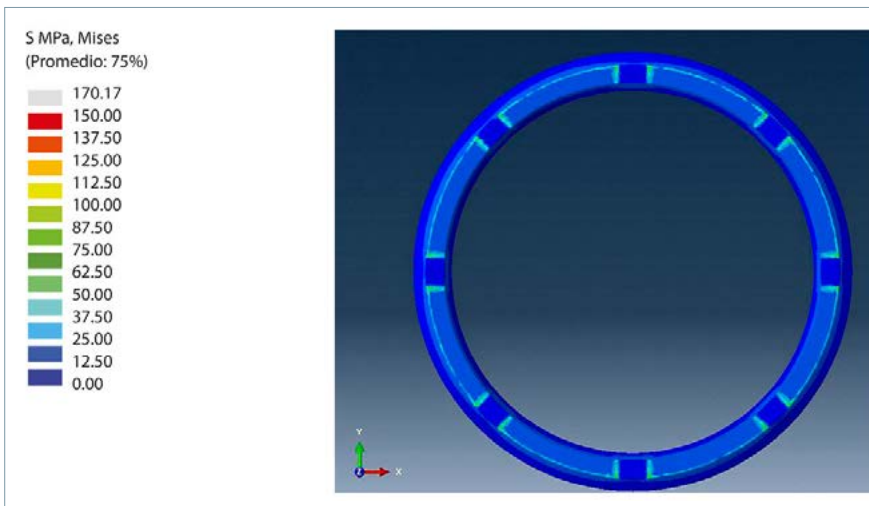


Figura 20. Tensión de von Mises del anillo de la cinta del cuello del cilindro después de su renovación.

de ranuras de aceite se basa en los estándares internos de Timken.

2. Retirar las ranuras de aceite de la cara del anillo de respaldo del cuello del cilindro y aumentar el diámetro de apoyo hasta alcanzar la máxima amplitud posible.

3. Reducir la dureza del anillo de respaldo del cuello del cilindro de 58-60 HRC a 55-58 HRC (por debajo de la dureza del rodamiento).

4. Agregar una nueva boquilla para lubricar el contacto entre la cara del anillo interior y el anillo de respaldo adyacente (figura 19).

5. Aumentar la viscosidad cinemática de ISOVG220 a ISOVG320.

La tensión de von Mises máxima después de esta renovación es de 60 MPa, aproximadamente, tanto en el anillo de respaldo del cuello del cilindro (figura 20) como en el anillo interior del rodamiento. Se ha calculado utilizando las mismas cargas de la figura 17.

Resultados de la actualización del rodillo de trabajo para altas velocidades

1. Se ha disminuido la tensión máxima de contacto entre los anillos internos de los rodamientos y las caras adyacentes del anillo de respaldo de 150 MPa a 60 MPa, lo que supone una disminución del 60%.

2. El desgaste de la cara del anillo

interior del rodamiento se ha disminuido considerablemente tras seguir las recomendaciones de Timken. El cliente solo tuvo que cambiar seis rodamientos en el año de la renovación, en lugar de los 25 que tuvo que reemplazar el año anterior a este proceso.

3. El laminador ha conseguido aumentar un 20% la productividad de los trenes de laminación, según lo previsto.

Resumen y conclusiones

Los propietarios de los laminadores deben ser competitivos en el contexto de un mercado global variable y aumentar la velocidad de las líneas de producción. Este aumento incluye problemas técnicos que se deben resolver. The Timken Company cuenta con una gran experiencia y ofrece tanto asistencia de ingeniería para la optimización del diseño de los laminadores como rodamientos con funciones mejoradas para soportar velocidades elevadas. Dichas medidas garantizan el correcto funcionamiento de los laminadores en las condiciones operativas más exigentes.

Nota

Este material se centra en abordar la cuestión del desgaste que se produce entre el anillo interior del rodamiento y los conjuntos de bloqueo (anillos de respaldo y de retención). Al seleccionar y validar los rodamientos de los cilindros de trabajo, se deben tener en cuenta también otros aspectos, como el desgaste del cuello del cilindro.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a la compañía Timken el permiso para la publicación de este estudio, realizado con la colaboración de Konnerth Octavian, jefe de servicio en Timken Europe.

Bibliografía

- Association of Iron and Steel Engineers (1985), *The Making, Shaping and Treating of Steel*, 10ª edición.
- Harris, T. y Kotzalas, M. (2007). *Rolling Bearing Analysis - Advanced Concepts of Bearing Technology*.
- ISO 281 (2007), *Rolling Bearings - Dynamic Load Ratings and Rating Life*.
- The Metals Society (1978). *Flat Rolling: A Comparison of Rolling Mill Types*.
- Timken Engineering Manual - Metals Industry Edition (2013) (manual sobre la industria del metal). The Timken Company / Pedido número 10688.
- Timken Metals Product Catalog* (2014) (catálogo de productos relacionados con el metal) The Timken Company / Pedido número: 10675.
- Zygmunt Wusatowski (1969), *Fundamentals of Rolling*.

Sorin Tudor es ingeniero principal de aplicaciones en Timken Europe.

Innovación de producto y procesos industriales

Colaboración del Colegio de Bizkaia

Juan José Lizuain Ibarrola y Mireia Muñiz Maira

En un entorno industrial cada vez más competitivo y globalizado, el desarrollo de proyectos de innovación para la mejora continua de procesos y productos supone prácticamente un hecho obligatorio con el que mantener la competitividad en un mercado cada vez más cambiante y tecnológico. Algunas técnicas creativas y metodologías Lean Manufacturing pueden ayudar en el objetivo de innovar en estos dos ámbitos de producto y proceso.

La innovación en la industria consiste en generar ideas que sean convertibles en un producto, servicio o proceso que suponga un valor para los clientes, de manera que se consigan unos resultados (económicos y sociales) sostenibles en el tiempo. ¿Pero cómo desarrollar la innovación en una empresa industrial? ¿Cómo en un sector tan tradicional y a la vez cambiante pueden llevarse a cabo nuevos proyectos, ahorrar costes, mejorar los procesos o proponer algo realmente disruptivo?

Nos han enseñado que innovar ocurre a modo de sorpresa y que las ideas emergen de la cabeza de algún directivo al grito de “eureka” provenientes de una inspiración prácticamente divina. Nada más lejos de la realidad. La innovación, en ocasiones, requiere de ideas brillantes, pero siempre de un gran esfuerzo, conocimiento y técnica.

A día de hoy sabemos que los comúnmente llamados “bombillazos” son fruto de un trabajo cerebral imperceptible para nuestro yo consciente, que comúnmente toman presencia en acciones denominadas patrones (en la ducha, durante la conducción, haciendo deporte...) y son debidos a la involucración, el esfuerzo y la motivación de personas que buscan incesantemente nuevas soluciones a determinados problemas.

Para que la innovación se desarrolle en la empresa industrial de manera sistémica, es decir, de manera recurrente y como un proceso más dentro de la compañía, hay dos aspectos clave: identificar retos en los que innovar y, obviamente, trabajar en ellos.

La innovación sistémica supone establecer una serie de reglas, pasos y roles que nos van a permitir enunciar retos y

resolverlos, a veces de manera lineal a través del uso de la lógica, y otras veces de manera más creativa (figura 1).

Una estrategia de innovación transversal nos permite crear un espacio en el que desarrollar y emplear el talento de todas las personas que componen la compañía. La innovación está en todas partes y cualquier ámbito. Pensar que la innovación solo se desarrolla en el mercado (*marketing*) o en el diseño de un determinado producto es una visión muy sesgada de todas las posibilidades y ámbitos en los que podemos aplicar mejoras sustanciales y nuevas maneras de ver y hacer.

Sin embargo, hay determinados ámbitos en los que la empresa industrial mantiene el foco en el momento de desarrollar nuevas iniciativas: la innovación en producto y la innovación en proceso.

Innovación en producto

La innovación en producto supone aplicar un cambio, discreto o sustancial a un producto existente, o bien crear uno totalmente nuevo, con la finalidad de ofrecer algo novedoso al mercado.

¿Pero cómo ser capaces de concebir nuevas modificaciones? ¿Cuál es el punto de partida? ¿A quién pongo a pensar? ¿Cómo lo va a aceptar el mercado?

La innovación en producto requiere de una serie de pasos que nos permitan contrastar la dirección correcta y, pese a todo, siempre encontramos intrínseco en el proceso, el riesgo y la incertidumbre de la respuesta del mercado a cualquier nuevo lanzamiento. Pero no nos engañemos, a día de hoy, el riesgo a no cambiar también supone una variable lo suficientemente sólida como para llegar a pensar que no hacer nada también es tomar decisiones. Si el mercado cambia y noso-

tros no, el liderazgo lo abanderan otros.

Para el desarrollo de nuevos productos, hay metodologías y modelos que nos van a permitir ver a través de una visión empática y crítica, siendo capaces de construir nuevas propuestas de productos o variaciones respecto al actual con alto impacto en el cliente. Algunas de ellas se detallan a continuación.

Design thinking: la base del *design thinking* es establecer una conexión directa con el cliente para identificar sus necesidades ya que él será el centro de nuestra inspiración. Este modelo supone el desarrollo de 3 fases:

- Observar, analizar y comprender las oportunidades que nos permiten adentrarnos en nuestro cliente, a través de un proceso de acompañamiento continuado durante un determinado periodo de tiempo en el que utiliza y maneja nuestro producto.

- Identificar ventanas de oportunidad definiendo ideas que den respuesta y prototipando una solución.

- Validar el prototipo en cooperación con el cliente contestando a las preguntas ¿realmente mejora el actual? ¿en qué grado? ¿valdría la pena pagar algo más por ello?

Microdibujos: técnica asociada a la conceptualización de nuevas herramientas que permitan desarrollar una determinada funcionalidad de una manera radicalmente diferente a la actual, tanto en forma como en técnica. Confeccionar el diseño de una determinada herramienta a partir de unas formas fijas obliga al cerebro a construir nuevos mecanismos y maneras de conseguir una determinada funcionalidad con un concepto diferente y, en consecuencia, con usos y propiedades distintos al anterior. Esta técnica



Figura 1. Sesión de generación de ideas..



Figura 2. Material de aplicación de técnica creativa.

puede ser una buena herramienta para diversificar y descubrir nuevos y sorprendentes útiles.

Analogías: sistemática que fuerza a la identificación en otros sectores, ámbitos, empresas e incluso en la naturaleza (biónica) de otras maneras con las que resolver una determinada disyuntiva técnica o ejecutar una determinada funcionalidad. Las analogías nos pueden servir, por ejemplo, para encontrar nuevas fórmulas de apertura y cierre, por ejemplo, de un cartón de leche. En la industria, la producción desea minimizar el coste. Todas aquellas alternativas que nos permitan abrir, cerrar, subir o bajar, de una forma más económica y rápida supondrán una mejora de la rentabilidad del proceso y del producto.

Triz: método para la resolución de problemas de carácter puramente técnico, especialmente interesante cuando intervienen elementos químicos y físicos. Fue desarrollada por Genrich S. Altshuller (científico, ingeniero y analista de patentes). Su Algoritmo para la Resolución de Problemas Inventivos (ARIZ 85) permite acceder a soluciones técnicas basadas en el estudio de patentes con las que reconducir al equipo hacia nuevas visiones y resultados. Este modelo resulta muy inspirador para equipos de investigación, especialmente en el caso de materiales y la fabricación de productos de componente químico.

Listado de atributos: el listado de atributos es una técnica creativa que persigue la generación de ideas para la conceptualización o modificación de un producto. El método consiste en identificar todas las características y partes del producto y reinventar cada una de ellas. Las clasificaciones que pueden hacerse

son múltiples: materiales, disección en partes, mecanismos técnicos, circuitos... El objetivo es poner en duda cada una de las partes en las que poder diseccionar nuestro producto, previamente seleccionando los llamados atributos esenciales, y entre ellos, aquellos claramente mejorables. A continuación, se inicia una fase de exploración con el objetivo de estudiar todas las formas posibles de modificar estos atributos, y posteriormente se valora cada una de ellas y se toman conclusiones respecto al desarrollo y la implementación.

Innovación en procesos de producción

Innovar no tiene por qué ser inventar sistemas muy complejos o desarrollar tecnologías muy sofisticadas, sino ser mucho más eficiente en los procesos de producción y ser diferentes en el valor final que aportamos al producto. Desde el punto de vista del modelo de organización de la empresa, eso significa que toda la gestión, ya sea en recursos, mercados o productos, debe ser una gestión en clave de innovación y, por tanto, que hay que innovar desde el diseño, desde la producción y desde la relación con nuestros clientes.

En ese empeño por innovar en nuevas técnicas organizativas y en procesos de producción que permitan a las empresas industriales ser más productivas y, por tanto, competitivas, la filosofía de trabajo conocido como Lean Manufacturing, constituye una alternativa innovadora y consolidada. Su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración por todos los niveles de la organización.

La clave reside en la **productividad**. Es la variable que mide lo que se genera en una compañía a partir de los recursos

(materiales, máquinas y personas) de los que se dispone. En términos puramente técnicos, productividad es igual a lo producido (*output* o salida) dividido por lo necesario para producirlo (*input* o entrada).

El Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción TPS desarrollado en la década de 1950 por la empresa automovilística Toyota en Japón. Puede decirse que el objetivo del Lean Manufacturing es la mejora de la productividad mediante la reducción o eliminación del despilfarro en los procesos de fabricación mediante la aplicación sistemática y regular de un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas. La orientación al **cliente** es el objetivo.

El punto de partida de esta filosofía es que despilfarro (muda) es cualquier actividad que no añade valor para nuestros clientes, alarga los tiempos de proceso y consume más recursos de los estrictamente necesarios (maquinaria, materiales y personas). La clave de este modelo está en generar una nueva mentalidad en las personas, una nueva cultura que permita aplicar mejoras en los procesos de fabricación de cualquier planta, y todo ello en contacto directo con los problemas del día a día existentes, para lo cual se consideran básicos la cooperación, el respeto y comunicación plena entre la dirección y los trabajadores. La **confianza** entre todos es clave.

La curiosidad por el Lean Manufacturing está aumentando en los últimos años, aunque todavía hay una gran ignorancia sobre este modelo, particularmente entre las pymes. Sin embargo, muchas empresas están aplicando técnicas Lean sin ser plenamente conscientes de ello.



Figura 3. Línea de montaje de vehículos.



Figura 4. Casa del Lean Manufacturing.

Acciones relacionadas con la organización, el orden y la limpieza de los puestos de trabajo, la reducción de tiempos, la optimización de distribución en planta (*lay out*), la estandarización de procesos y la aplicación de la calidad total son, a fin de cuentas, acciones Lean.

Las **principales metodologías** que utiliza la filosofía Lean son:

- Implantación de las 5S. Consiste en mantener y mejorar las condiciones de organización, orden y limpieza en los puestos de trabajo.
- Mantenimiento productivo total (TPM). Consiste en maximizar la efectividad de los equipos productivos (OEE) y minimizar el coste en los que incurren los equipos durante todo su ciclo de vida.
- Estandarización de procesos. Consiste en establecer estándares y trabajar de acuerdo a ellos (instrucciones de trabajo, normas de seguridad, instrucciones de inspección de calidad, procedimientos de limpieza...).
- Producción Just In Time (JIT). Consiste en fabricar lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita; utilizando el mínimo de materiales, mano de obra y espacio.
- Implantación de SMED para reducir radicalmente los tiempos de preparación en una máquina o célula de fabricación para pasar de producir una referencia a otra distinta.
- Equilibrado y nivelado de la producción (Heijunka). Consiste en ajustar los volúmenes y secuencia de productos que se van a fabricar según la demanda del cliente.
- Autonomatización (Jidoka). Consiste en la separación de la persona de la máquina (automatización) y la detención de

la máquina cuando se produce una anomalía (autonomía).

- Cartografía de la cadena de Valor (VSM). Consiste en analizar y mejorar el flujo de información y materiales de los procesos de cualquier organización.

Todas las metodologías Lean mencionadas deben desarrollarse en un entorno de mejora continua (Kaizen) con la implicación de toda la organización para que de su puesta en escena se obtengan los resultados esperados. Los programas de mejora más conocidos y utilizados en la mayoría de los sectores son:

- Ciclo de Deming o Ciclo PDCA. Consta de cuatro etapas: Plan (planificar), Do (hacer), Check (comprobar) y Act (actuar).
- Six Sigma o DMAIC. Consta de cinco etapas: Define (definir), Measure (medir), Analyze (analizar), Improve (mejorar) y Control (controlar).

Ambos enfoques pretenden la mejora de la eficiencia productiva mediante la detección y eliminación de las causas responsables de los defectos de **calidad** en los procesos de fabricación.

Por otro lado, es innegable que la innovación impulsará el desarrollo de la Industria 4.0 o fabricación avanzada como estrategia para reducir costes de producción mediante la completa digitalización de las cadenas de valor; es decir, a través de la integración de tecnologías de procesamiento de datos y *software* inteligentes; desde los proveedores hasta los clientes para poder predecir, controlar, planear y producir de forma inteligente, lo que genera mayor valor a toda la cadena productiva. No es algo que se esté implantando de forma masiva, pero ya se deja notar en el ambiente industrial.

Integra diferentes tecnologías como IloT (*Industrial Internet of Things*), Big Data (datos masivos, datos a gran escala), robótica colaborativa, cibernética, visión artificial, fabricación aditiva (3D), etcétera.

En definitiva, en el actual escenario en el que la industria se ve reducida a una batalla de precios, diferenciarse, ya sea para encontrar nuevas fórmulas productivas, ofrecer nuevos servicios, o reducir costes, resulta una tarea imprescindible para garantizar nuestra competitividad en el mercado y ser capaces de canalizar el talento organizativo a través de nuevas fórmulas a favor de la innovación con las que obtener el máximo potencial de nuestra empresa. Como diría Victor Hugo, "lo que conduce y arrastra al mundo no son las máquinas, sino las ideas".

Juan José Lizuain Ibarrola es ingeniero técnico industrial, especialidad en mecánica por la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, y máster en Dirección de Producción y Black Belt en programas de Mejora Seis Sigma. Es director técnico de la empresa LZN Ingeniería, consultoría de producción para el desarrollo de proyectos de formación e implantación de metodologías para la mejora de la productividad en términos de Lean Manufacturing. jj.lizuain@lzn ingenieria.es; www.lzn ingenieria.com

Mireia Muñoz Mairal es ingeniera técnica de telecomunicaciones, especializada en sistemas por La Universidad de La Salle Bonanova de Barcelona; máster en Administración de empresas por el Manhattan College of New York de Nueva York y La Salle Business & Engineering School de Barcelona. Es directora en Mi Innovación, formación y consultoría en innovación y creatividad empresarial, implantando sistemáticas y procesos de innovación sistemática en empresas, liderando sesiones de generación de ideas con equipos de alto rendimiento y promoviendo y capacitando en el pensamiento creativo en todo tipo de organizaciones. mireia@miinnovacion.com; www.miinnovacion.com

técnica **undación industrial**

La Fundación "Técnica Industrial" es una organización sin ánimo de lucro, creada por el COGITI y la UAITIE, cuyo patrimonio se halla afecto, de forma permanente, a la realización de fines de interés general, como son el impulso y desarrollo, a nivel profesional e institucional, de la Ingeniería Técnica Industrial y la formación permanente de los Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales.

El constante cambio y transformación de las tecnologías que demanda la actual sociedad del conocimiento en su entorno globalizado hacen necesaria una especial atención a los beneficiarios de la

Fundación y a tal fin esta orienta su objeto primordial "la formación y desarrollo cultural de los Ingenieros Técnicos Industriales", editando la Revista "Técnica Industrial", colaborando con los distintos Colegios que componen el Patronato en la realización de publicaciones, seminarios, conferencias y cuantas actividades se consideran necesarias para la mejor formación de los colegiados, dotándolos del oportuno y adecuado fondo documental que les permita afrontar los retos que el nuevo milenio ofrece en los distintos sectores en que desarrollan su actividad profesional.



Premios y Becas Fundación Técnica Industrial



Publicaciones y Normas UNE



Revista "Técnica Industrial"

Acceda a www.fundaciontindustrial.es e infórmese

Entrega de premios a los ganadores del concurso de iniciación a la investigación tecnológica de la UAITIE

El Auditorio Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid acogió el 31 de mayo la entrega de los Premios 2018 del Concurso Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica para estudiantes de ESO y bachillerato organizado por la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE).

Los alumnos han vuelto a demostrar grandes dosis de ingenio y creatividad en sus trabajos de “gran calidad”, según el jurado calificador del concurso, que tiene como objetivo fomentar las vocaciones y el interés de los alumnos preuniversitarios por los estudios de ingenierías de la rama industrial, mediante la práctica de actividades de iniciación a la investigación tecnológica; así como la potenciación de las asignaturas de tecnología, y la concienciación de la sociedad, en general, sobre el papel de los ingenieros en los procesos de investigación e innovación de la tecnología y la industria.

En esta tercera edición, han resultado premiados los alumnos de los institutos de enseñanza secundaria Joaquín Romero Murube de Los Palacios y Villafranca (Sevilla), y Margarita Salas de Majadahonda (Madrid), en las categorías ESO y bachillerato, respectivamente. Además, a los estudiantes del Instituto Benlliure, de Valencia, se les ha otorgado un accésit en la categoría de bachillerato, por el alto nivel de su proyecto. Una representación de los alumnos premiados de los tres centros educativos mostró sus trabajos en el acto de entrega de premios, ante los invitados, entre los que se encontraban representantes institucionales y de la profesión, miembros del jurado calificador, los profesores que les han ayudado en la realización de los proyectos, familiares y amigos. De este modo, los futuros talentos dieron a conocer con ingenio y habilidad sus sistemas de mejora de investigación e innovación de la tecnología y la industria.

Trabajos premiados

El proyecto ganador en la categoría ESO es una cunita cuidabebés (<https://www.premionacionaluaitie.com/2018-proyecto-1>) de aplicación en el entorno doméstico y pensado especialmente para personas con alguna discapacidad que tienen un bebé a su cargo, aunque su uso también puede extenderse a cualquier persona. Los alumnos del I.E.S. Joaquín Romero Murube (Sevilla) explicaron que la cuna funciona de forma autónoma, de tal manera que si detecta que el bebé se



Alumnos sevillanos autores del proyecto de cunita para cuidar bebés en el acto de entrega de premios.

ha puesto a llorar, comenzará a mecerlo e incluso sonará una nana. También se podrá conectar a un teléfono móvil desde el cual podrán controlarse las mecidas, las canciones que queremos que suenen e incluso ver al bebé a través de la pantalla.

En lo que respecta a la categoría de bachillerato, el trabajo premiado lleva por título Estudio experimental de la mejora de la eficiencia energética e inercia térmica en edificios mediante el uso de materiales de cambio de fase (PCM) (<https://www.premionacionaluaitie.com/2018-proyecto-8>) del I.E.S. Margarita Salas (Madrid). En este caso, el proyecto está motivado por la escasez, dependencia y dispersión de los recursos energéticos provenientes de fuentes no renovables, que está obligando a investigar y desarrollar nuevas tecnologías sostenibles capaces de almacenar energía de forma pasiva en el momento en que está disponible, y de liberarla cuando sea requerida, desfasando en el tiempo la generación energética de su consumo. Para ello, se diseñó una maqueta en la que se incluyó el material PCM. Se realizaron diferentes experimentos sometiendo a esta a ciclos de temperatura externos forzados con un sistema de control diseñado con Arduino y programado con el lenguaje de programación C, o a ciclos reales, a temperatura ambiente. Los resultados obtenidos fueron procesados mediante Python, y el análisis de estos datos permitió concluir que es posible mejorar la eficiencia y la inercia térmica en

habitáculos mediante el uso de materiales PCM, reduciendo la necesidad de uso de sistemas activos de climatización.

En esta edición se decidió otorgar, además, un accésit en la categoría de bachillerato, por el alto nivel del proyecto, desarrollado por el I.E.S. Benlliure de Valencia, denominado Jampi-Bot (www.premionacionaluaitie.com/2018-proyecto-6). Se trata de un robot dispensador de medicamentos en forma de grageas. Su nombre proviene de la palabra jampi, medicina o medicamento en quechua, y bot terminación de robot. El proyecto pretende fomentar la autonomía en personas en situación de dependencia o con capacidades reducidas (personas mayores con pérdidas de memoria y personas con problemas de movilidad). También está indicado para motivar a los niños/as a tomar la medicación de forma entretenida. Tras muchas pruebas, el dispensador se diseñó en forma de cilindro dividido en 10 partes, donde se colocan distintos depósitos en forma de quesitos de diferentes colores, con rampas y con distintas salidas, según la forma de la pastilla. La UAITIE entregó 4.000 euros en premios, repartidos entre los impulsores del proyecto y los centros educativos.

Gran calidad de los trabajos

“Quiero felicitar a los profesores que han coordinado estos trabajos tan excepcionales que estamos viendo hoy aquí, y a los alumnos, que habéis conseguido lle-

var a la práctica todo ese ingenio, trabajo y dedicación; y sobre todo una cualidad que es muy destacable como es el trabajo en equipo. Por ello, deseo transmitir el espíritu de tratar de solucionar los problemas, donde no cabe ni la resignación ni el desaliento”, expresó José Antonio Galdón Ruiz, presidente de UAITIE-Cogiti, que concluyó: “De vosotros se espera que tengáis mucho éxito, porque ese será el éxito de la sociedad”.

Trabajo del profesorado

El acto estuvo presidido por Juan María Vázquez Rojas, secretario general de Ciencia e Innovación, quien dio las gracias a la UAITIE por la iniciativa y le animó a seguir celebrando estos premios por muchos años más. Asimismo, destacó el gran trabajo que hacen los profesores, y que “tiene su recompensa en quienes después terminan siendo el futuro de la sociedad, y que generan bienestar para todos”. También felicitó a los alumnos “por demostrar la creatividad y el ingenio que les ha permitido recoger este premio. Lo importante es estar en esta rama de la tecnología que tanto necesitamos, y es que vivimos una época propia del Renacimiento: inteligencia artificial, *big data*, sensorización, *blockchain*, la impresión 3D, etc. Un teléfono móvil tiene más tecnología que toda la que se utilizó para lanzar el Apolo. Y todo esto lo tenemos al alcance de la mano, y está llamado a cambiar el modo de vida. Nos va a ofrecer una mejor sociedad, ya que lo que generan estas nuevas tecnologías es bienestar social”.

Por todo ello, se dirigió a los alumnos para pedirles que no abandonen nunca la senda de las denominadas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), pues “el futuro es tecnológico”.

Por su parte, José Javier Rodríguez,

subdirector general de Innovación del Ayuntamiento de Madrid, aseguró: “Este es uno de los eventos a los que más me apetece venir todos los años. A nosotros, que trabajamos con la innovación, siempre nos encanta ver el talento, la creatividad, y el esfuerzo. Todos ellos son factores muy importantes para triunfar y hacer cosas interesantes en la vida. La tecnología es un campo maravilloso, y vosotros tenéis mucho que aportar”.

José Luis Belinchón, gerente de Innovación Tecnológica (Dirección General de Universidades e Investigación, Consejería de Educación e Investigación de la Comunidad de Madrid) subrayó también la gran calidad de los trabajos presentados al concurso. “Cada vez se me hace más difícil hacer una evaluación correcta, por la calidad de todos los proyectos”. A lo que añadió: “Sin educación y sin investigación no hay futuro. Por ello, os animo a todos a continuar con nuevas ediciones de los premios”.

También pronunció unas palabras Luis Manso, tesorero de la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías de Ámbito Industrial (AERRAITI), que fue miembro del jurado calificador de los premios. Destacó lo mucho que le habían gustado todos los proyectos y animó a los alumnos de bachillerato y de la ESO allí presentes a estudiar algún grado en ingeniería, “ya que es una profesión apasionante, y el futuro está en vuestras manos”.

Por último, intervino Sara Gómez, consejera de la Real Academia de la Ingeniería (RAI), que dio la enhorabuena a todos los participantes, “por el altísimo nivel de los trabajos presentados, que incluso podrían pasar por un simulacro de tesis doctoral”. “A mí me llena de esperanza ver que los alumnos tienen interés por realizar estos trabajos de tecnología, teniendo en cuenta que cada vez hay menos chicos y

chicas que están interesados en la ingeniería. Y un país sin ingeniería y sin tecnología es un país muerto. Por eso, creo que con alumnos como vosotros, podemos decir que hay futuro”, expresó.

El acto de entrega de premios contó también con Miguel Ángel Morales y Sergio Pera, representantes de Caja de Ingenieros (entidad patrocinadora de los premios); y lamentándolo mucho, Juan José Domínguez, presidente de la Conferencia de Directores de Escuelas de Ingenierías de ámbito industrial, que también estaba invitado al acto, finalmente no pudo asistir por causas imprevistas. También se ha contado con la colaboración de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Jurado calificador

El veredicto de los premios fue emitido por un jurado multidisciplinar constituido por: José Antonio Galdón, presidente de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE); Ester Micó, presidenta de la Plataforma Estatal de Asociaciones del Profesorado de Tecnología (PEAPT); Sara Gómez, consejera de la Real Academia de la Ingeniería (RAI); Manuel Islán, doctor de la Universidad Politécnica de Madrid; José Luis Belinchón, gerente de Innovación Tecnológica (Dirección General de Universidades e Investigación, Consejería de Educación e Investigación de la Comunidad de Madrid); Luis Manso, tesorero de la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías del Ámbito Industrial (AERRAITI); José Javier Rodríguez, subdirector general de Innovación del Ayuntamiento de Madrid, y Juan José Domínguez, presidente de la Conferencia de Directores de Escuelas de Ámbito Industrial.



Proyecto de robot dispensador de pastillas.



Proyecto de estudio experimental sobre eficiencia energética.

La CNMC advierte a la Administración que impedir a los ingenieros hacer evaluaciones de edificios vulnera la ley

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (Cogiti), José Antonio Galdón Ruiz, pide a las diferentes Administraciones que dejen de poner barreras al ejercicio profesional de los ingenieros, y se dediquen a fomentar la competitividad que permita, a su vez, mejores servicios para los ciudadanos.

La Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) ha emitido dos informes, dentro de las actuaciones que ha llevado a cabo en aplicación de la Ley de la Garantía de la Unidad de Mercado (LGUM) durante el mes mayo, en los que vuelve a pronunciarse en contra de la reserva de actividad a favor de los arquitectos y arquitectos técnicos en los informes de evaluación de edificios.

Según ha publicado la CNMC en una nota de prensa, el primer informe hace referencia a la actuación de la que tuvo conocimiento. El Ayuntamiento de Karrantza estaba difundiendo publicidad en la que afirmaba explícitamente que las inspecciones técnicas de edificios (ITE) solo podían ser redactadas por arquitectos, aparejadores y arquitectos técnicos, en perjuicio de otros profesionales técnicos. En este sentido, la CNMC señala: "Esta publicidad vulnera los principios de necesidad y proporcionalidad contenidos en los artículos 5 y 9.1 LGUM. Por un lado, porque la normativa autonómica en vigor en materia de ITE no prevé expresamente dicha restricción. Y, por otro lado, porque debería haberse razonado su proporcionalidad en relación con la razón imperiosa de interés general invocada, justificándose la inexistencia de otro medio menos restrictivo o distorsionador para la actividad afectada".

La postura de la CNMC está en consonancia con anteriores informes de SECUM y CNMC en materia de ITES, así como con la recomendación de 8 de junio de 2016 de la Autoridad Vasca de la Competencia/Lehiaren Euskal Agintaritz.

Por su parte, el segundo informe de la CNMC se refiere al informe de evaluación de edificios (IEE) de uso residencial de vivienda y su registro autonómico en la Comunidad Valenciana. La Conselleria d'Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori de la Comunitat Valenciana publica el Decreto 53/2018, cuyo artículo 8.1 prevé que los IEE solo puedan ser redactados por arquitectos, aparejadores y arquitectos técnicos. Dicho precepto presenta claras similitudes con otro impugnado por la CNMC perte-



ciente a otra Administración: el artículo 7.4 del Decreto 67/2015 de la Generalitat catalana.

Barreras al ejercicio profesional de los ingenieros

De este modo, la CNMC vuelve a emitir una información favorable a las tesis que siempre han defendido tanto el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (Cogiti), como los colegios de graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales en relación con los IEE.

Por todo ello, el presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, pide a las diferentes Administraciones que dejen de poner barreras al ejercicio profesional de los ingenieros, y que se dediquen a fomentar la competitividad que permita a su vez mejores servicios para los ciudadanos. Asimismo, lamenta que las prácticas restrictivas que se están llevando a cabo supongan un verdadero freno a los objetivos que se persiguen con la realización de los IEE, que no es otro que el de mejorar la accesibilidad, la eficiencia energética y la seguridad del parque residencial en España, por lo que invita a los diferentes responsables a una reflexión seria, dejando a un lado intereses particulares o corporativistas.

Al mismo tiempo, el presidente quiere trasladar a la sociedad el enorme compromiso del Cogiti y todos los colegios en esta materia, para la que han desarrollado numerosas acciones formativas es-

pecíficas, y que culminan con la máxima preparación y garantías de los ingenieros técnicos industriales para realizar los IEE.

Eliminación de la reserva de actividad

A través de la elaboración de varios informes, la CNMC ha pedido que se elimine la reserva de actividad para arquitectos y arquitectos técnicos en la realización de los IEE.

Los citados informes publicados ahora vienen a sumarse a otros documentos emitidos anteriormente por dicha organización, en los que ha mantenido la misma línea argumental, autorizando la redacción de IEE a los ingenieros técnicos industriales, frente a las tesis de las diferentes Administraciones públicas; y reflejando de este modo las reivindicaciones que se llevan realizando por el Cogiti y otras ingenierías desde la promulgación de la Ley 8/2013, dado que la desafortunada interpretación de la misma por parte de algunas Administraciones, ha estado generando una gran problemática para los profesionales de la ingeniería, que de forma sistemática veían frustradas sus posibilidades de realizar los citados trabajos.

Asimismo, cabe recordar la sentencia nº 2765/2016 del Tribunal Supremo en la que daba la razón a los ingenieros técnicos e ingenieros en su capacidad legal para la realización de los IEE.

Más información: cogiti.es y www.cnmc.es/node/368648.

Nueva convocatoria para certificar verificadores de líneas de alta tensión y centros de transformación

El Cogiti llevó a cabo, el pasado sábado 28 de abril, una nueva prueba enmarcada en la Convocatoria del Servicio de Certificación de Personas para Verificadores de Líneas de Alta Tensión hasta 30 kV, acorde a la norma UNE-ES ISO IEC 17024. Es la única entidad que realiza esta certificación en España.



La última convocatoria se celebró el sábado 28 de abril, en la sede del Cogiti.

La última convocatoria se celebró el sábado 28 de abril, en la sede del Cogiti. Al igual que en los anteriores exámenes realizados (el último se llevó a cabo el pasado sábado 11 de noviembre de 2017), la prueba celebrada en la sede del Cogiti, constaba de una parte teórica y de dos supuestos prácticos, y estaba dirigida a todos aquellos profesionales que estuvieran interesados y contaran con los requisitos para optar a ella.

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (Cogiti) ha obtenido la acreditación de Enac (Entidad Nacional de Acreditación) como Entidad Certificadora de Personas en Líneas de Alta Tensión, cuyo objetivo final es emitir un certificado de la capacitación profesional acorde con las normas establecidas para el desempeño de ciertas actividades.

La convocatoria del pasado 28 de abril era la séptima que lleva a cabo el Cogiti, y en la actualidad ya hay numerosos expertos verificadores de LAT hasta 30 kV certificados por la institución. Los candidatos deben acreditar fehacientemente experiencia suficiente en este ámbito y someterse a un examen de evaluación diseñado por expertos en la materia, que actúan con total independencia, y que garantizan, por tanto, la fiabilidad y transparencia del proceso de evaluación.

La figura de entidad certificadora de personas está definida tanto en la ley de industria, como en el Real Decreto de

Seguridad y Calidad Industrial. La certificación de personas se entiende como el proceso a través del cual una entidad independiente, en este caso el Cogiti, asegura que una persona cumple con unos requisitos específicos contenidos en un esquema de certificación. Se trata, por tanto, de un reconocimiento de las competencias del profesional a nivel nacional o internacional, y supone una garantía para las organizaciones en cuanto a la competencia del profesional.

Para ello, es necesario cumplir con la norma UNE EN ISO/IEC 17024:2012, que establece unos criterios que hay que satisfacer para ser entidad certificadora de personas, ya que estas “deberán actuar con imparcialidad y llevar a cabo sus funciones con solvencia técnica”.

Convocatoria de verificadores de centros de transformación

Por otra parte, el Servicio de Certificación de Personas, en su mejora continua, y como consecuencia de las peticiones de muchos compañeros, está realizando los trámites necesarios con Enac para ampliar la acreditación existente de Verificadores de Líneas de Alta Tensión no superior a 30 kV (LAT), añadiendo la de Centros de Transformación (CCTT), todo ello acorde a la norma UNE-EN ISO IEC 17024.

El proceso de acreditación con Enac está en su fase final; y como parte del proceso, y para satisfacer las solicitudes recibidas, se ha llevado a cabo la primera

convocatoria para las pruebas de evaluación, con el fin de obtener la certificación en Centros de Transformación. Esta convocatoria es exclusiva para aquellos técnicos que, disponiendo de la Certificación como Verificadores de Líneas de Alta Tensión no superior a 30 kV, quieran ampliar la misma con la de Centros de Transformación.

El formato de la prueba es similar a la de verificadores LAT, y se ha realizado de forma conjunta con la convocatoria de líneas de alta tensión no superior a 30 kV, del pasado 28 de abril. Para fomentar la participación en esta evaluación de los técnicos ya certificados en LAT, excepcionalmente, las tarifas han tenido un descuento del 50% sobre el importe de las tarifas establecidas.

¿Por qué es necesaria esta certificación?

Respecto a la realización de inspecciones, el RD 223/2008, en su ITC-05, establece, en uno de sus apartados, lo siguiente: 3.Verificación e inspección de las líneas eléctricas que no sean propiedad de empresas de transporte y distribución de energía eléctrica.

Todas las líneas deben ser objeto de una verificación previa a la puesta en servicio y de una inspección periódica, al menos cada tres años. Para las líneas de tensión nominal menor o igual a 30 kV, la inspección periódica puede ser sustituida por una verificación periódica.

Las verificaciones periódicas de líneas eléctricas de tensión nominal no superior a 30 kV podrán ser realizadas por técnicos titulados con competencias en este ámbito que dispongan de un certificado de cualificación individual, expedido por una entidad de certificación de personas acreditada, de acuerdo con el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, y según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17024. De este modo, todas las líneas de alta tensión no superiores a 30 kV podrán ser verificadas por personas certificadas según la norma UNE 17024.

Más información en cogiti.es y www.certificaciondepersonas.cogiti.es.

El TSJM respalda al Cogiti y vuelve a dar la razón a los graduados en ingeniería de la rama industrial

El Tribunal Superior de Justicia de Madrid (TSJM) ha fallado a favor del Cogiti y permite a los graduados en ingeniería de la rama industrial acceder al Cuerpo de Ingenieros Industriales de la Escala de Oficiales del Ministerio de Defensa. Esta sentencia se suma a la del Tribunal Supremo de 2016 y a las actuaciones que diferentes Administraciones ya están realizando y permitiendo.



El Tribunal Superior de Justicia de Madrid ha vuelto a dar la razón a los graduados en ingeniería de la rama industrial, en línea con las tesis defendidas desde siempre por el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España.

El presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, manifiesta su satisfacción por la nueva sentencia que "recoge nuevamente los derechos que nos asisten a los graduados, y pide que el resto de Administraciones, estatal, autonómicas y locales apliquen la legislación y la jurisprudencia al respecto". Además, lamenta que desde algunas Administraciones se siga poniendo freno a la evolución de las titulaciones por cuestiones meramente corporativas, que dificultan la verdadera evolución de las ingenierías en España.

Por otro lado, se muestra totalmente satisfecho porque la sentencia no solo recoge los fundamentos de la sentencia del Tribunal Supremo de 9 de marzo de 2016, sino que además hace especial hincapié en desterrar el anterior sistema basado únicamente en el número de años de carrera académica y, sin embargo, potencia la carrera profesional, basándose en el desarrollo profesional y la experiencia, en consonancia con el modelo que el Cogiti está llevando a cabo desde hace mucho tiempo.

La sentencia del TSJM defiende, por tanto, la misma tesis que la establecida por el TS, en 2016, en la que quedaba en evidencia el que se requiera una titu-

lación específica para ocupar un determinado puesto de trabajo en la Administración pública, dado que se requieren otras capacidades y competencias que son objeto de la oposición, y quedaba completamente claro que la titulación de graduados/a es la única que se puede exigir para optar al Grupo A (A1 o A2) de la función pública, siempre y cuando no hay una ley que exija otra titulación diferente, para lo que deberá hacer una justificación de la misma.

Marginación a los nuevos titulados

Hasta la fecha, las diferentes Administraciones, en la mayoría de los casos, estaban optando por continuar con las denominaciones y titulaciones anteriores a Bolonia para la definición de la oferta de empleo público, con lo que se estaba marginando a los nuevos titulados de grado de las universidades, a los que se les impedía por sistema optar al Grupo A1 de la función pública, en contra de lo que indica de forma clara y concisa el art. 76 del Estatuto Básico del Empleado Público.

Por otra parte, en referencia a las Administraciones, en noviembre de 2016, la Junta de Castilla y León tuvo que subsanar el error cometido con los graduados en ingeniería de la rama industrial a los que excluyó en la convocatoria de una oposición al cuerpo de ingenieros superiores industriales. Varios graduados en ingeniería de la rama industrial formaliza-

ron su inscripción en este proceso selectivo y fueron excluidos de la lista provisional por el motivo 07, que identifica la carencia de titulación adecuada.

Al ser conscientes de la discriminación injustificada de la que estaban siendo objeto, fueron respaldados y asesorados por los colegios profesionales donde ambos están colegiados, y siguiendo las tesis jurídicas defendidas por el Cogiti, presentaron las alegaciones pertinentes a la Administración competente.

Otro ejemplo reciente lo encontramos en el Ayuntamiento de Madrid, que sumándose a otras Administraciones que ya lo han hecho, y acogiendo a la legislación vigente y a la referida Sentencia del Tribunal Supremo, ha admitido a los graduados para presentarse a las plazas de ingeniero superior industrial. También han seguido estos pasos la Administración Pública de la Comunidad Autónoma de Canarias (resolución de 21 de noviembre de 2017, por la que se convocan pruebas selectivas para ingresar, por el sistema general de acceso libre, en el Cuerpo Superior Facultativo, Escala de Ingenieros y Arquitectos, especialidad Ingenieros Industriales – Grupo A, Subgrupo A1); el Ayuntamiento de Burgos (proceso selectivo para cubrir una plaza de jefe del servicio de extinción de incendios y salvamento perteneciente a la escala de administración especial, subescala B, servicios especiales, clase de cometidos especiales, grupo A, subgrupo A1 de titulación), el Ayuntamiento de Vigo (convocatoria de selección de personal para la formación de una bolsa de empleo de Ingeniero Industrial), el Consell Comarcal de Osona (selección de una plaza de Ingeniero Superior), y el Ayuntamiento de Salt (bolsa de trabajo para cubrir necesidades temporales de personal de diversas categorías, entre las que se encontraba la de ingeniero superior).

Algunas de estas Administraciones han rectificado tras los requerimientos presentados por los colegios de graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales.

Más información: cogiti.es.

La asamblea de Unión Profesional celebrada en la sede del Cogiti elige presidenta a Victoria Ortega

La sede del Cogiti acogió, el pasado 10 de abril, la asamblea general de Unión Profesional, que estuvo presidida por José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Cogiti, en calidad de presidente en funciones de UP. Era la primera vez que el Cogiti acogía la celebración de una asamblea general de Unión Profesional liderada, además, por el presidente de la institución.

En primer lugar, Galdón informó a la asamblea general acerca de las actuaciones que había llevado a cabo como presidente en funciones de UP desde el pasado 25 de enero, cuando asumió el cargo; y, a continuación se celebraron las novenas elecciones a la presidencia de la entidad estatal, que agrupa a 33 consejos generales y colegios estatales. De este modo, la asamblea general eligió por aclamación a Victoria Ortega Benito, presidenta del Consejo General de la Abogacía.

Es la primera vez que esta institución, que cumple 38 años, es presidida por una mujer. Victoria Ortega, hasta este momento, vicepresidenta de UP, enfatizó en el perfil social de UP, así como en trabajar conjuntamente por fortalecer aspectos propios de las profesiones colegiadas, como la deontología y la formación continua (Desarrollo Profesional Continuo y Validación Periódica de la Colegiación), tanto en el ámbito nacional, como en el internacional. "Unión Profesional debe mantenerse en la sociedad como una institución sólida y de confianza", señaló la nueva presidenta de UP, convencida de los aspectos comunes y transversales que unen a las profesiones y del compromiso de las mismas con la ciudadanía.

"Somos instituciones que estamos colaborando y no compitiendo", fueron unas de las primeras palabras de Or-



José Antonio Galdón preside la Asamblea General de Unión Profesional.

ttega, con las que estuvo de acuerdo el también candidato en estas elecciones, Serafín Romero, presidente del Consejo General de Médicos (CGCOM), quien se retiró del proceso electoral en favor

de la unidad y por el bien global de las profesiones, ya que como manifestó "solo se llega antes, pero juntos se llega más lejos".

Más información: cogiti.es

El Boletín Oficial del Estado publica los nuevos estatutos del Cogiti y los colegios

El Boletín Oficial del Estado (BOE) número 100, de 25 de abril de 2018, ha publicado los nuevos Estatutos de los Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales y de su Consejo General, que previamente habían sido aprobados por el Consejo de Ministros, el pasado 16 de marzo.

De esta forma, se adaptan los Estatutos que estaban vigentes en la actua-

lidad a las normas y prescripciones en materia de libertad de ejercicio profesional, así como de competitividad, de mercado único, de transparencia y de garantías a consumidores y usuarios.

El citado Real Decreto viene a dar cumplimiento a los objetivos de la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio y de la Ley 25/2009,

de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

Asimismo, con la aprobación de estos estatutos, se da cumplimiento a la realidad actual de las nuevas titulaciones universitarias creadas en el Marco del Espacio Europeo de Educación Superior.

Entregados los premios del concurso de diseño industrial de la ETSIDI patrocinado por el Cogiti

El pasado 21 de marzo, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) acogía la entrega de los premios de este II Concurso, organizado por el Grupo de Investigación de la UPM: Diseño y Tecnología Industrial, y dirigido tanto a estudiantes como a profesionales del diseño.



Invitados al acto de entrega de premios junto a los alumnos premiados.

El Cogiti, que ha participado en el concurso, <https://disenoindustrialconcursoupm.wordpress.com/>, como institución patrocinadora, ha obsequiado a los tres proyectos ganadores con un programa de formación de 100 horas de cursos de la plataforma de formación e-learning del Cogiti, valorados en 400 euros cada uno. El concurso tenía por objeto realizar proyectos de diseño industrial de cualquier tipo, basados en diseño orgánico y optimización estructural, que fueran susceptibles de fabricación, total o parcial, por procesos de fabricación aditiva. Un jurado compuesto por profesionales de reconocido prestigio y procedentes de diferentes ámbitos fue el encargado de seleccionar los proyectos ganadores, si bien, todos han coincidido en la calidad e innovación de los mismos.

El primer premio ha recaído en Eduardo Bajo Ortiz, que también recibió el Premio Especial de la Real Academia de Ingeniería; el segundo ha sido para Ander Jubera Josa, y el tercero lo ha recibido Lucas Esteban González. El acto de entrega de los premios comenzó con la intervención de Fernando Blaya, director del concurso y profesor de la ETSIDI (además de miembro de la junta ejecutiva del Cogiti), que agradeció todos los apoyos recibidos por parte de los colaboradores, el jurado y los patrocinadores. Asimismo, el jurado decidió hacer un reconocimiento a un cuarto proyecto,

de Francisco Echeverría, que por residir en el extranjero no pudo asistir al acto, y en su lugar recogió el obsequio un compañero (diploma acreditativo, y bono de formación del Cogiti).

La mesa presidencial estuvo formada por José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Cogiti; José Luis Belinchón, gerente de Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, y miembro del jurado de los premios; Emilio Gómez, director de la ETSIDI; Guillermo Cisneros, rector de la Universidad Politécnica de Madrid; Mar Coteló, diputada en el Congreso y portavoz adjunta de la Comisión de Economía, Industria y Competitividad del GPP; Manuel Blanco, presidente de jurado, y director de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, y Sara Gómez, directora del grupo de investigación Diseño y Tecnología Industrial.

José Antonio Galdón felicitó a los premiados y destacó la gran labor realizada tanto por la escuela, al convocar este interesante concurso, que espera que cada vez se vaya afianzando más, como por los alumnos que han participado en el concurso, a quienes animó a seguir innovando. También les recordó que siempre podrán contar con el apoyo y la colaboración del Cogiti.

Por su parte, Emilio Gómez se refirió a la materia sobre la que giraba el concurso, la fabricación aditiva, a la que se refirió como una "auténtica revolución" y la im-

portancia de incorporarla tanto al mundo empresarial como a la docencia.

Sara Gómez manifestó la necesidad de poner en valor el talento de los alumnos y la idea de que para lograr una mayor eficiencia es fundamental invertir en talento y formación.

El rector de la UPM fue el encargado de cerrar el acto de entrega de premios. Señaló la necesidad de invertir en investigación e innovación, y para ello "tiene que haber una apuesta pública y realizar inversiones a medio y largo plazo". Además, dio la enhorabuena a la escuela por los retos conseguidos y por su "constante ascensión", y felicitó a todos aquellos que han hecho posible la celebración del II Concurso Internacional de Diseño Industrial de la ETSIDI: equipo organizador, profesores, miembros del jurado, patrocinadores y alumnos participantes.

En cuanto a los premios, el primero estaba valorado en 8.000 euros una licencia profesional de software solidThinking Suite con módulo motion valorada en 6.500 euros, de un año de validez, por solidThinking y su distribuidor oficial en España 3dSOFT-IDAERO; 500 euros de Caja de Ingenieros; bono de formación Cogiti para profesionales valorado en 400 euros (www.cogitiformacion.es); beca para viaje al evento internacional de Diseño Converge 2018, en región del ganador (América, Europa o Asia) para exponer el proyecto ganador, que incluye billetes de avión y alojamiento (valoración aproximada de 800 euros), y una impresora bq Hephestos 2, valorada en 1.000 euros.

El segundo premio, valorado en 700 euros, consistía en 300 euros de Caja de Ingenieros, y el bono de formación Cogiti. El tercer premio estaba valorado en 600 euros: 200 euros de Caja de Ingenieros, y el bono de formación Cogiti para profesionales.

Por último, se entregó un premio especial de la Real Academia de Ingeniería, de 500 euros, a través de su proyecto Mujer e Ingeniería, que valora el concepto de igualdad de género en el ámbito de la ingeniería y la tecnología.

Más información: cogiti.es.

FCC Medio Ambiente y Cogiti firman un convenio de colaboración en materia de formación y empleo

Este convenio ha sido firmado en las oficinas de FCC en Las Tablas por el director de Recursos Humanos del área de servicios medioambientales, Luis Suárez Zarcos, y por el presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España, José Antonio Galdón Ruiz.

El Cogiti pone a disposición de FCC Medio Ambiente una selección de cursos técnicos especializados en modalidad de teleformación, a través de su plataforma de formación e-learning (www.cogitiformacion.es). Los programas formativos, 100% bonificables para los empleados de FCC, giran en torno a PLC (Programación Lineal y Estructurada – Step 7 Siemens), gestión integral del mantenimiento y mejora de la eficiencia energética en instalaciones eléctricas industriales de baja tensión. Así mismo, Cogiti cuenta con un portal de empleo (www.proempleoingenieros.es) que actúa como herramienta para el reclutamiento de ingenieros técnicos industriales e ingenieros de grado para las empresas. FCC Medio Ambiente podrá publicar las ofertas de empleo disponibles para integrar nuevos profesionales cualificados. En la actualidad, el portal Proempleoingenieros dispone de un to-



El director de RRHH del área de servicios medioambientales de FCC, Luis Suárez Zarcos, y el presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, tras la firma del convenio de colaboración.

tal de 13.700 ingenieros inscritos y algo más de 1.200 empresas registradas.

Esta alianza refuerza el objetivo de la compañía por incorporar talento y contribuir al desarrollo profesional de todos sus empleados. La disciplina de

formación de la plantilla es uno de los objetivos estratégicos de FCC Medio Ambiente, enfocado a la mejora de la productividad de los trabajadores y la seguridad y salud laboral.

Más información: cogiti.es.

Convenio de formación con el Colexio Oficial de Enxeñeiras e Enxeñeiros Químicos de Galicia

La firma del convenio tuvo lugar el pasado 24 de abril en la sede de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Santiago de Compostela. Los firmantes del convenio fueron José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Cogiti, Macario Yebra Lemos, presidente del Consejo Gallego de Ingenieros Técnicos Industriales (CGETI), y Yolanda Moldes Diz, presidenta de COEQGa

De ese modo, los miembros de COEQGa podrán beneficiarse de las mismas oportunidades y condiciones ventajosas de las que disfrutaban los ingenieros técnicos industriales y graduados en ingeniería de la rama industrial que estén colegiados, en la plataforma de formación e-learning del Cogiti (www.cogitiformacion.es).

La firma del acuerdo se enmarca en el interés de ambas instituciones por ofre-



Macario Yebra, José Antonio Galdón, y Yolanda Moldes (de izquierda a derecha).

cer al colectivo de los ingenieros una formación completamente actualizada y adaptada a sus necesidades formativas. La necesidad de un reciclaje profesional continuo, y la gran diversidad de tareas

en las que puede verse implicado un ingeniero hacen de la formación continua una de las principales demandas de estos profesionales.

Más información: cogiti.es.

Cogiti y Ackermann firman un acuerdo para colaborar en el fomento del empleo de ingenieros

El presidente del Cogiti, José Antonio Galdón, y el socio director de Ackermann International, grupo multinacional especializado en *executive search*, selección de profesionales cualificados y consultoría de RRHH, José Antonio García, han firmado un convenio de colaboración por el que ambas entidades establecen sinergias para el fomento del empleo de ingenieros.

Para ello, el Cogiti cuenta con el Portal Proempleoingenieros (www.proempleoingenieros.es), la primera plataforma integral de servicios para el empleo dedicada a ingenieros técnicos industriales y graduados en ingeniería de la rama industrial en España, donde las empresas pueden publicar, de forma gratuita, sus ofertas de empleo y encontrar de forma rápida, eficaz y con las máximas garantías el perfil que más se adapta a su demanda. En la actualidad, tiene 13.700 ingenieros inscritos y algo más de 1.200 empresas registradas.

El convenio facilita a Ackermann International el uso del portal y el acceso a los candidatos y usuarios allí registrados. Asimismo, el Cogiti pone a disposición de la firma de búsqueda de directivos y profesionales cualificados otro destacado servicio como es la Acreditación DPC Ingenieros (www.acreditacioncogitidpc.es). Se trata de una herramienta competitiva que otorga un sello de garantía avalado por el Cogiti, que aporta una certificación de la formación y la experiencia a lo largo de la vida profesional.



José Antonio Galdón y José Antonio García.

El presidente de Cogiti mostró su satisfacción por la firma de este acuerdo para compartir servicios y sinergias, que redundarán de forma directa en la competitividad de profesionales y empresas y, por tanto, de la sociedad. En la misma línea se manifestó José Antonio García, quien destacó la importancia de poder disponer de una base de candidatos acreditados, ya que para Ackermann International la calidad de los procesos de búsqueda y de los profesionales que ellos participan es una de las garantías que ofrecen.

Otro de los servicios que el Cogiti pone a disposición de Ackermann International es la revista *Técnica Industrial*, publicación cuatrimestral, de carácter científico y tecnológico con las últimas novedades en el ámbito de la innovación y el progreso (www.tecnicaindustrial.es). A su vez, en virtud de este convenio, el Cogiti podrá contar con el *expertise* y *know how* de Ackermann International y su equipo de expertos para asesorar y apoyar el desarrollo profesional de sus colegiados.

Más información: cogiti.es

José Antonio García

Socio director general de Ackermann Solutions

“La transformación del mercado laboral va a dibujar un escenario con un desajuste entre oferta y demanda”

Mónica Ramirez

José Antonio García es el socio director general de Ackermann Solutions, la firma del Grupo Ackermann International que integra los servicios de búsqueda y selección de profesionales cualificados, *recruitment process outsourcing* y consultoría de recursos humanos. Cuenta con más de 25 años de experiencia en el mercado internacional de búsqueda de ejecutivos, en el que ha liderado proyectos nacionales e internacionales para una amplia

variedad de roles, industrias y compañías. En cuanto a su formación, destacamos el Programa de Alta Dirección de Empresas del IESE, Máster en Gestión de Recursos Humanos (Universidad Complutense de Madrid), Máster en Calidad Total (Cámara de Comercio de Madrid) y es licenciado en ciencias políticas y sociología por la Universidad Complutense de Madrid.

¿Cuáles son las fortalezas de Ackermann International?

Ackermann International es un grupo internacional de origen español especializado en *executive search*, selección y consultoría de recursos humanos. Actualmente contamos con 36 oficinas en 4 continentes y un equipo de más de 200 consultores. Nuestras fortalezas son la calidad de los servicios que prestamos, la agilidad y flexibilidad con las que atendemos las necesidades de talento de las organizaciones y la cercanía y la transparencia con las que nos relacionamos con clientes y

candidatos. En Ackermann International no nos limitamos a lo cómodo ni a lo obvio. No nos conformamos con cumplir con lo que el cliente quiere, sino que tratamos de ayudarlo a descubrir qué es lo que realmente necesita y lo que es mejor para él. Y con los candidatos sucede lo mismo, nuestro objetivo es servirles de apoyo en el desarrollo de sus carreras profesionales. El "mejor" candidato para un proyecto no siempre coincide con el profesional "más" caro del mercado, ni el mejor proyecto para un candidato es siempre aquel que le ofrece la compañía más grande del mercado. Hay un gran talento trabajando más allá de las grandes compañías, y hay grandes proyectos que pueden suponer un buen paso para un profesional más allá de las grandes multinacionales. Nuestra labor consiste en ir un paso más allá de lo obvio y en la búsqueda de lo realmente valioso para ambas partes.

En lo que respecta al sector de la ingeniería, ¿cómo valora la situación actual del mercado laboral para los ingenieros de la rama industrial?

Es uno de los colectivos con mejores perspectivas por su calidad profesional y tremenda versatilidad. El mercado para ellos brinda interesantes oportunidades tanto en la faceta técnica (por la recuperación de la actividad industrial tras la crisis y como consecuencia del desarrollo y encarecimiento de costes en las economías emergentes, y por la necesidad de avanzar en el desarrollo de la industria 4.0, entre otros), como en la faceta comercial, por la internacionalización de las empresas y el incremento de las exportaciones. También en la faceta de gestión, y es uno de los perfiles más valorados para puestos de alta responsabilidad.

¿Cuáles son los perfiles más demandados?

La mayor demanda se concentra en el perfil de ingeniero comercial. Es un perfil que escasea en el mercado. Resulta difícil encontrar profesionales que aúnen los conocimientos técnicos con las habilidades comerciales, y su demanda no deja de crecer.

¿Cómo pueden atraer "talento" las compañías?

Son varios los factores que movilizan y atraen talento y que las compañías han de cuidar. En primer lugar, el buen talento se estimula con retos; busca desafíos que le permitan ponerse a prueba y que le hagan



José Antonio García.

superarse, y proyectos que le permitan vivir diferentes experiencias y aprender de todas ellas. El equipo sería otro driver fundamental para atraer buen talento. Como dicen, el talento atrae talento, así que disponer de un equipo diverso y a ser posible multinacional, además de fuente de riqueza para la propia compañía, constituye un elemento de atracción hacia el proyecto para nuevos profesionales. Disponer de una cultura que fomente el sentido de participación, empodere a los colaboradores, reconozca el esfuerzo y el grado de contribución y fomente la cercanía y la transparencia, es otro factor de peso. Por tanto, mi consejo para que las compañías mejoren su atractivo de cara a la atracción de talento es que conformen una oferta en la que se brinde a los profesionales retos, cultura y un buen equipo.

¿Cómo se imagina la situación laboral dentro de 10 o 15 años?

El mercado laboral está sufriendo importantes transformaciones y esto es algo que no ha hecho más que comenzar. El envejecimiento de la población y la reducción de la población activa, la transformación de la economía y el tejido productivo como consecuencia de los avances tecnológicos, la introducción de la inteligencia artificial y la automatización... van a dibujar un escenario laboral muy diferente marcado, entre otros, por un desajuste entre oferta y demanda y no solo en términos cuantitativos, sino también cualitativos, ya que la escasez de talento (nuevas profesiones, perfiles muy demandados...) irá

a más en un contexto en el que muchas profesiones serán automatizadas. También por el cambio en los modelos de relación empresa-profesional y en el propio concepto de trabajo... Y también por el cambio en el propio concepto de talento, en el que aspectos como la creatividad, la capacidad estratégica, la inteligencia emocional y las habilidades sociales serán las que lo determinen.

Y los procedimientos de selección y gestión de personas cualificadas, ¿cree que cambiarán de forma considerable?

Los avances tecnológicos lo están revolucionando todo y el campo de la selección de talento no va a quedar al margen. Creo que aportará numerosos beneficios, por ejemplo, desde el punto de vista de facilitar el acceso y la identificación de potenciales candidatos en un mundo global y tremendamente dinámico y competitivo, el manejo de la información y los datos, el rediseño de los procesos para ganar en agilidad... Pero con el talento convertido en el principal factor de competitividad y en un bien escaso, y con un concepto de talento diferente en el que variables como la formación, el conocimiento y la experiencia pasada no van a resultar tan relevantes, la identificación, selección y gestión del mismo se va a complicar y sofisticar, convirtiéndola en un arte en el que las personas y no las máquinas seguiremos teniendo mucho que decir.

¿Qué opina de iniciativas como el sistema de Acreditación DPC (Desarrollo Profesional Continuo) del Cogiti?

La existencia de un certificado emitido por un órgano de prestigio como el Cogiti que acredita la formación y la experiencia de un profesional sin duda es una garantía adicional y un valor añadido para aquellos que nos dedicamos a la selección de profesionales.

¿Cuáles son los próximos retos de Ackermann International?

Nuestro mayor reto es seguir ayudando a las compañías a dar respuesta a sus necesidades de talento y de transformación en un mundo cada vez más complejo y competitivo. Sus requerimientos son cada vez más urgentes, diversos y complicados, y eso nos exige disponer de un conocimiento muy intenso del mercado, unos procesos internos ágiles, flexibles y eficaces, un equipo top de profesionales y un alcance global. Así que nuestros retos son seguir creciendo, innovando y mejorando.

El Cogiti y COIGT firman un convenio de colaboración para establecer sinergias en materia de formación

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (Cogiti) y el Colegio de Ingeniería Geomática y Topografía (COIGT) han firmado un convenio de colaboración con el objetivo de ofrecer a los profesionales la mejor y más amplia oferta formativa a través de sus respectivas plataformas de formación.

A través del acuerdo, ambas instituciones establecen una interrelación para proporcionar, de forma directa o través de sus plataformas, toda la información actualizada sobre sus respectivos cursos de formación. De este modo, difundirán entre sus colectivos la oferta formativa de ambas plataformas y contribuirán con la aportación de todos los interesados de su organización que deseen realizar cualquiera de los cursos activos ofertados. El convenio fue suscrito por los presidentes del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, y del COIGT, Andrés Díez Galilea, en la sede del Cogiti, el pasado 10 de abril.

La firma del acuerdo se enmarca en el interés de ambas instituciones por ofrecer al colectivo de los ingenieros una formación completamente actualizada y adaptada a sus necesidades formativas. La necesidad de un reciclaje profesional continuo y la variedad de tareas de un ingeniero hacen de la formación continua una de las principales demandas de estos profesionales.



José Antonio Galdón Ruiz y Andrés Díez Galilea firman el convenio de colaboración, en la sede del Cogiti.

Conscientes de ello, en el año 2012 se puso en marcha la plataforma de formación e-learning del Cogiti y los colegios de graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales (www.cogitiformacion.es).

Los precios de los cursos organizados por una u otra parte estarán expuestos

en sus respectivas plataformas o páginas web. Pueden variar en función del perfil del alumno, y ambas instituciones se comprometen a poner a disposición de la otra parte la realización de los cursos en las mismas condiciones preferentes para sus colegiados.

Más información: cogiti.es

El Cogiti y la Asociación de Trabajadores Autónomos exploran vías de colaboración

El presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz, se reunió el pasado 14 de marzo con el presidente de la Asociación de Trabajadores Autónomos (ATA), Lorenzo Amor Acedo, para tratar sobre asuntos que pueden ser de interés común para ambas organizaciones. Además de tratar asuntos de interés común para Cogiti y la ATA, se estudió la posibilidad de mantener posibles colaboraciones y se analizaron las problemáticas particulares de los profesionales colegiados autónomos, integrados en el Cogiti, que suman unos 18.000, con relación a la nueva Ley 6/2017, de 24 de octubre, de Reformas Urgentes del Trabajo Autónomo, de cara a buscar posibles soluciones.

En la reunión, Galdón estuvo acompa-

ñado por el decano del Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Girona, Jordi Fabrellas Payret, y por parte de ATA también asistieron Celia

Ferrero Romero, vicepresidenta ejecutiva, y Francisco José de Palacio, director de Relaciones Institucionales.

Más información: cogiti.es.



De izquierda a derecha, Celia Ferrero, Lorenzo Amor, José Antonio Galdón, Jordi Fabrellas y Francisco de Palacio.

El Consejo General se incorpora a la European Young Engineers para promocionar a los ingenieros júnior

El Cogiti se ha incorporado a la asociación internacional European Young Engineers (EYE), compuesta por 24 entidades de 16 países europeos que representan a más de 240.000 profesionales, que comprenden desde grupos de estudiantes y asociaciones de jóvenes ingenieros hasta algunos de los sindicatos profesionales de ingeniería más grandes de Europa.

La EYE o European Young Engineers (www.eyengineers.eu/es) es una red europea de jóvenes profesionales de ingeniería y estudiantes, fundada en 1994, que comparten conocimientos, fomentan la movilidad y desarrollan habilidades personales y profesionales, al mismo tiempo que desarrollan la identidad profesional de los ingenieros. Se trata, por tanto, de un foro en el que los jóvenes ingenieros intercambian ideas e inquietudes para la promoción de los estudios de ingeniería y de la profesión, en líneas generales.

La adhesión definitiva del Cogiti a la Asociación de Jóvenes Ingenieros Europeos (European Young Engineers) se produjo en el transcurso de la Asamblea General, que el consejo de EYE celebró los pasados días 18 y 19 de mayo en Sofía (Bulgaria). En esta reunión los representantes de las asociaciones e instituciones que lo componen votaron a favor de su incorporación, así como la de la asociación checa Czech Association of Scientific and Technical Societies.

Aprovechando la Asamblea General de EYE, se celebró también en Sofía la European Young Engineers Conference on

Sustainable Engineering, en el marco de las reuniones que periódicamente llevan a cabo por las diferentes ciudades europeas. En esta ocasión, las sesiones plenarias y mesas de trabajo giraron en torno al tema central de ingeniería sostenible, en las que por parte del Cogiti participó el director de la Oficina Europea Cogiti-UAI-TIE, Gerardo Arroyo Herranz.

El Cogiti representa a la ingeniería técnica industrial de España, e integra a 49 colegios de graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales, que a su vez aglutinan a más de 80.000 profesionales colegiados. De estos cerca de 20.000 son ingenieros júnior (tienen entre 22 y 30 años), como explicó el presidente de la institución, José Antonio Galdón Ruiz, por vía telemática.

El Cogiti también integra alrededor de 2.000 estudiantes de todas las universidades españolas, en calidad de preasociados, ya que todavía no se han graduado. En su apuesta por los jóvenes ingenieros, el Cogiti trabaja muy de cerca con la organización de ingeniería de estudiantes españoles Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingeniería del

ámbito industrial (AERRAITI), desarrollando numerosas actividades y eventos y poniendo especialmente el foco de atención en la empleabilidad de los ingenieros y su desarrollo profesional.

“En el Cogiti pensamos que el talento joven es el combustible del futuro para la profesión de ingeniero. Por tanto, apoyamos firmemente todos los incentivos de las instituciones destinados a proporcionar la red necesaria, las habilidades y las oportunidades para expresar sus pensamientos, deseos y aspiraciones”, expresó Galdón. Cogiti comparte, además, con EYE la importancia del intercambio de experiencias entre los jóvenes profesionales, representantes de las asociaciones de ingenieros europeos. “Esta es la forma correcta de lograr la internacionalización de la profesión de ingeniería, y la creación de un auténtico mercado único que permita la movilidad de jóvenes ingenieros a través de las fronteras”, manifestó.

EYE lleva a cabo dos conferencias al año, de tres días de duración cada una, y la próxima conferencia europea tendrá lugar en Malta el próximo mes de octubre.

Más información: cogiti.es.



Gerardo Arroyo Herranz, director de la Oficina Europea del Cogiti, interviene en la Conferencia Europea de EYE, en Sofía (Bulgaria).

La Escuela de Béjar celebra el acto de graduación de los estudiantes e inaugura una escultura

Un año más, la E.T.S. de Ingeniería Industrial de Béjar (Universidad de Salamanca) celebró, el pasado sábado 21 de abril, el acto de imposición de insignias a los estudiantes que finalizan sus estudios en el curso académico 2017-18.

En este acto, que se ha convertido en una tradición desde hace más de 40 años, se llevó a cabo la entrega de las insignias por parte de los correspondientes colegios profesionales de ingenieros técnicos industriales, profesión para la que habilitan las titulaciones impartidas en la escuela: grados en electricidad, mecánica y electrónica industrial y automática.

Según explica la escuela, "esta jornada es un reflejo de la filosofía de nuestro centro: formar ingenieros cuyo principal objetivo es participar en el desarrollo industrial y económico de la sociedad española del siglo XXI". En este acto, la comunidad universitaria compartió con los colegios profesionales que integran a los ingenieros formados en este centro, así como con el Ayuntamiento de Béjar, el reconocimiento al esfuerzo realizado por los estudiantes y por sus familias a lo largo de su carrera.

También se agradeció a los colegios su defensa de los intereses profesionales de los futuros egresados, cuando ejerzan la profesión de ingeniería técnica industrial,

cuyo trabajo repercute en beneficio de la sociedad, "sin olvidar el papel tanto del personal docente como de administración y servicios de la escuela, que canaliza, siempre con la mejor voluntad posible, todo ese esfuerzo".

El acto de graduación contó con la presencia de distintas autoridades, como el rector de la Universidad de Salamanca, Ricardo Rivero Ortega; el vicerrector de Promoción y Coordinación, Enrique Cabero; el director de la Escuela Superior de Ingeniería Industrial, Javier Ramón Sánchez Martín; el alcalde de Béjar, Alejo Riñones Rico, así como el presidente de Cogiti-UAITIE, José Antonio Galdón, y los decanos de los colegios y asociaciones de Salamanca (José Luis Martín Sánchez), Cáceres (Fernando Doncel Blázquez), Ávila (Fernando Martín Fernández) y Zamora (José Luis Hernández Merchán), entre otros representantes del entorno institucional. Por su parte, Galdón felicitó a los alumnos egresados, y a la escuela, por su importante labor realizada a lo largo de todos estos años.

Donación de una escultura

Tras el acto de graduación de los estudiantes, la comitiva se desplazó a la plaza de España de Béjar, conocida como La

Corredera, para inaugurar una escultura de homenaje a la ciudad, donada por las Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales de Salamanca, Cáceres y Ávila, que quisieron homenajear de esta manera la labor de la Escuela, que lleva en activo más de 165 años, así como agradecer al municipio "su continuo apoyo a la formación de nuestros ingenieros", como se indica en la placa conmemorativa. La escultura representa la ingeniería técnica industrial.

Además, en este acto se entregó al alcalde de Béjar, como recuerdo, una miniatura de la escultura en señal de gratitud. Este, a su vez, dedicó unas palabras de agradecimiento, e hizo un repaso a la historia de la escuela de ingenieros recordando la importancia de este espacio educativo y resaltando el beneficio mutuo que existe entre Béjar y sus estudiantes universitarios.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar es la segunda escuela de ingeniería más antigua de España. Se fundó en 1852 como Escuela de Artes y Oficios dirigida por el filósofo y matemático Nicomedes Martín Mateos y se impartían las disciplinas de textil y mecánica.

Más información: cogiti.es.



Autoridades y representantes del colectivo junto al monumento a la ingeniería inaugurado en la ciudad de Béjar.

Unión Profesional firma un protocolo con la Agencia Española de Protección de Datos

La Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) y Unión Profesional (UP) suscribieron, el 14 de marzo, un protocolo general de actuación con la finalidad de apoyar y facilitar el cumplimiento de la nueva normativa sobre protección de datos tanto a los consejos y colegios profesionales como a sus colegiados.

La AEPD pondrá a disposición de UP los materiales realizados para facilitar el cumplimiento del nuevo Reglamento General de Protección de Datos, aplicable desde el 25 de mayo, por parte de las organizaciones de UP. Por su parte, UP, consciente de la incidencia que tiene sobre el sector el principio de responsabilidad activa establecido en el reglamento, difundirá esos materiales entre las corporaciones colegiales y los profesionales colegiados adscritos a la misma para fomentar su cumplimiento entre más de un millón y medio de profesionales.



José Antonio Galdón, presidente en funciones de UP, firma el protocolo con Mar España, directora de la AEPD.

El protocolo también recoge que UP promoverá entre las organizaciones asociadas el establecimiento de cauces apropiados para dar respuesta a las cuestiones relativas a la aplicación de la normativa de protección de datos que planteen los profesionales colegiados

de cada una de ellas. Para ello, impulsará en su seno la creación de un servicio de atención a las consultas que planteen tanto los consejos y colegios profesionales adheridos como sus colegiados, canalizadas a su vez, por sus respectivos colegios profesionales.



Edificación

- CIEBT: Instalaciones Eléctricas BT
- VIVI: Instalaciones Eléctricas en Edificios de Viviendas
- IPCI: Protección contra Incendios por agua
- FONTA: Fontanería: Agua fría y agua caliente sanitaria
- SANEA: Instalaciones de Saneamiento
- GASCOMB: Instalaciones Receptoras de Gases Combustibles
- AIRECOMP: Aire Comprimido y Gases Industriales
- CATE: Cargas Térmicas de Invierno y Verano
- CONDUCTOS: Conductos de Aire para Ventilación y Climatización
- RSF: Radiadores, Suelo Radiante y Fancoils
- SOLTE: Energía Solar Térmica
- REFRI: Cálculo de tuberías y equipos de expansión directa

Urbanización

- ALP: Redes de Alumbrado Público
- REDBT: Redes Eléctricas de Distribución BT
- CMBT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas BT
- REDAT: Redes Eléctricas de Distribución AT
- CMAT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas AT
- CT: Centros de Transformación de Interior e Intemperie
- ABAST: Redes de Abastecimiento de Agua y Riego
- ALCAN: Redes de Alcantarillado
- RENOVABLES: Energías Renovables: Fotovoltaica y Eólica



SENCILLEZ EN EL MANEJO, POTENCIA EN EL CÁLCULO

A pesar de nuestras universidades

Colaboración del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Santa Cruz de Tenerife

Antonio Miguel Rodríguez Hernández



Foto: Shutterstock.

Formamos parte de un colectivo profesional que tiene su origen como titulación universitaria que es en las escuelas técnicas de las distintas universidades españolas. Lo tuvieron los peritos industriales, los ingenieros técnicos industriales y ahora los graduados en las distintas especialidades de la rama industrial. Esto hace que por defecto le tengamos el normal cariño adonde nos formamos, y nos hicimos con el título que amamos y nos permite desarrollarnos profesionalmente.

Por eso nos duele que, al amparo de la autonomía universitaria, se permitan situaciones que denotan cierta desconexión con la realidad y hasta con el sentido común. Un ejemplo de estas situaciones pasa por tener una oferta formativa global, que incluye multitud de titulaciones con nombres en muchos casos casi surrealistas, nada prácticos y, sobre todo, sin atribuciones profesionales para el ejercicio de la profesión de ingeniero. Con esto, no se hace otra cosa que confundir a los futuros alumnos, y engañarlos a ellos y a sus familias.

En nuestro ámbito provincial, hay que decir que nuestra universidad pública de referencia ha sido coherente en la

oferta de títulos de grado en ingeniería de la rama industrial.

De ahí que nuestra implicación desde el colegio con la citada universidad haya sido y sea de hecho máxima desde los inicios de los estudios de ingeniería técnica industrial hace algo más de una década, aportando fondos para equipar aulas informáticas, participando en las comisiones técnicas de diseño de títulos, organizando jornadas anuales divulgativas, convocando anualmente premios a los mejores proyectos fin de carrera, ahora trabajos fin de grado, acudiendo a charlas informativas para a los alumnos, etc.

Sería deseable que la implicación de la propia universidad con sus escuelas técnicas, donde se imparten los estudios de grado en ingeniería, fuera igual de intensa. Porque a pesar de tener normalmente altos índices de matriculación en las carreras que conducen a nuestros títulos, descenso de vocaciones incluidas, se tiene la sensación de que las escuelas técnicas son como *hermanas pobres* dentro del contexto de la oferta formativa universitaria.

Y no es un problema de personas, al menos de las que están en primera línea, porque ahí lo que se encuentra es trabajo

duro, implicación máxima, comprensión, colaboración, ayuda, etc.

Es un problema estructural en virtud del cual, y como ejemplo, en vez de aprovechar el caudal de experiencia y formación que nuestro colectivo profesional acumula, lo que se hace es poner el acceso a la docencia tan complicado que resulta prácticamente imposible llegar, a pesar de que sea necesario en muchos casos ampliar la plantilla de profesores.

Tenemos la obligación en cualquier caso desde nuestras instituciones colegiales de seguir apoyando en todo lo que podamos, porque nuestros estatutos así nos lo piden y, sobre todo, porque el futuro de los alumnos, y por tanto de la profesión, está en juego. Nosotros seguiremos comprometidos al cien por cien con nuestra universidad.

Lo realizado por nuestra parte hasta ahora, y este compromiso firme de continuar en la misma línea, consideramos que nos habilita para exigir el necesario nivel de implicación interna desde la propia universidad con sus escuelas técnicas.

Antonio Miguel Rodríguez Hernández es decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Santa Cruz de Tenerife.

Congreso de Ingenieros Profesionales en la Industria 4.0 organizado por Cogiti Alicante y la UPV en Alcoy

El pasado 7 de marzo se celebró, con gran éxito de participación, el I Congreso de Ingenieros Profesionales en la Industria 4.0, que reunió a más de 200 congresistas en el Campus de Alcoy de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). El congreso estaba organizado por el Colegio Oficial de Ingenieros Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Alicante y el citado campus, y contó con el apoyo de 26 empresas y organismos, que han colaborado para que este congreso sea una realidad.

La presentación del evento se realizó en el salón de Grados por parte del director del Campus de Alcoy, Juan Ignacio Torregrosa; la directora general del IVACE, Julia Company; el presidente del Consejo General de Colegios de Graduados en Ingeniería rama Industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España (Cogiti), José Antonio Galdón Ruiz, y el decano del



Acto de presentación del Congreso, el pasado 7 de marzo en Alcoy.

Colegio Oficial de Ingenieros Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Alicante, Antonio Martínez-Canales Murcia.

Más de 20 fabricantes e ingenierías expusieron sus últimas novedades en materia de industria, edificación y servicios, bajo el lema Hacia un modelo energético sostenible, en una miniferia situada en la

sala multiusos del campus. Durante la sesión de la mañana se celebraron dos conferencias plenarias y una mesa redonda específica sobre Ahorro energético: herramientas y oportunidades para ingenieros. La sesión de la tarde contó con tres salas dinámicas y 16 ponencias.

Más información: cogiti.es.

Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

BIMserver.center

cype

CYPE Ingenieros, S.A. · Avda. Eusebio Sempere, 5 · 03003 ALICANTE · SPAIN
 Tel. (+34) 965 922 550 · Fax (+34) 965 124 950 · cype@cype.com

www.cype.es

Tribuna

Pericia forense

Colaboración del Colegio de Cádiz

Domingo Villero Carro

Estado actual, bajo mi experiencia

Es indudable, habida cuenta de lo que está sucediendo en el mundo asegurador, que no corren buenos tiempos para los compañeros que se dedican a la pericia forense en lo que a las compañías aseguradoras respecta: baremos de honorarios ridículos, atención al cliente inmediata, fotoperitación y videoperitación, responsabilidad del técnico para el ejercicio y esa sensación que siempre acontece al perito de seguros: estar en el centro de un triángulo desde donde se reciben presiones constantes: aseguradora, cliente y corredor de seguros.

Es bastante claro que en todos los estados por los que pasa un siniestro desde su producción acumula una seria de demoras de tiempo (su apertura por la compañía, posible actuación de reparadores, ese olvido del corredor y mil y una circunstancias) que se suman y cuando el perito recibe el encargo de actuación llega casi a la vez que la primera queja por retraso en la actuación. Hay algunas primeras visitas a riesgos que son todo un acto de valentía por el profesional de la pericia; aquí como en la mili, el valor se le supone. Así están las cosas y quienes os dedicáis a esto asentiréis de manera categórica ante estas opiniones.

No obstante, no todo está perdido: se abre posibilidad más que interesante y quizás el último reducto para generar trabajo de una manera más digna, mucho más profesional, mejor pagada y la oportunidad para dirigir el curso del siniestro desde la atalaya que nos ofrece la ley de contrato de seguros 50/80 a través de su artículo 38. Es una vía de atención de calidad y excelencia que ha de valorizarse ante la proliferación de siniestros que son tratados con la consideración de siniestro masa o donde la ventaja competitiva de la compañía, que conoce y diseña sus productos y contratos, hace gala de lo que mucha gente denomina "letra pequeña", aunque no necesariamente ha de ser así. Raro es el asegurado que contrata una póliza de seguros habiendo leído el con-

dicionado general y especial de la póliza. A todos nos pasa a diario. ¿Les suena ir al banco a solicitar un crédito y que le pongan por delante pólizas de obligada contratación? El mundo de las lentejas o del "es lo que hay".

Todos sabemos acerca del fuerte intrusismo que hay en la profesión y de los bajos niveles de profesionalidad y capacitación que se está requiriendo a los técnicos que desarrollan su labor, ya no como peritos, sino como meros ajustadores. Ha sido corriente ver a chapistas de vehículos peritando siniestros de incendios, peritos sin titulación alguna dictaminando acerca de causas y circunstancias con gran envidia técnica y similares barbaries. Esto sucede en nuestro mundo real ante el asombro de quien se entera.

El bajo precio en los servicios periciales que se impone por parte de las distintas compañías, unido a los cortos plazos de respuesta y los estándares de calidad en la atención que por parte de dichas aseguradoras se pretende, choca frontalmente con la excelencia en la calidad que por parte de nuestros ingenieros se puede aportar a una rama de trabajo como es la pericia forense de seguros.

El desconocimiento generalizado que la sociedad tiene acerca de sus derechos en materia aseguradora es el caldo de cultivo perfecto para que se produzcan estas situaciones. Lógicamente, cuando el conflicto avanza hacia el juzgado es cuando la preparación, la formación y el buen hacer del ingeniero forense romperán y marcarán la clara diferencia, pero siempre a coste de que el asegurado ha de mover ficha, contratar un perito de parte y procurar una serie de gastos que sin duda le revertirán un beneficio importante, pero con el consiguiente coste emocional y el "salir de la zona de confort" que en muchas de las ocasiones no compensa y simplemente el asegurado se conforma con el dictamen emitido a instancias del parte del perito de la aseguradora, que a menudo finaliza con una baja de la póliza ante el descontento del cliente que se siente descorazonado:

¿Y para esto tengo yo un seguro? Es el mantra más repetido en determinadas situaciones.

Por ello, en siniestros en los que por importante cuantía o bien porque la atención al cliente prima por parte de agentes de seguros que ya son conscientes de la ventaja competitiva que se atisba con el nombramiento de un perito especializado, se abre la vía de la atención focalizada por parte de nuestros peritos. Es un factor claramente diferencial en el ecosistema perturbado por todo lo anteriormente expuesto. La ley de contrato de seguros dispone el nombramiento tras la disparidad de criterios con la aseguradora, pero la atención pericial profesional temprana desde el mismo momento de la producción del siniestro es un valor que debemos aportar a quienes se ven en la tesitura de haber sufrido un siniestro que merma considerablemente su patrimonio. El estar asesorado en un momento tan crucial determina del todo el tortuoso camino que puede significar para un asegurado el obtener una indemnización derivada de la contratación de la póliza por la que paga. Todo ello aporta una gran tranquilidad y el resultado claramente es muy favorable si se contrata a un ingeniero que asesore y defienda.

Es en este punto en el que se ha de reforzar e intensificar una actuación pericial de excelencia, en el que nuestros compañeros pueden dirigir desde el minuto cero el desarrollo desde la producción del siniestro hacia una correcta indemnización por parte de la aseguradora.

Procedimiento art. 38 Ley de contrato de seguros 50/80

El artículo 38 regula la liquidación e indemnización del siniestro en el seguro de daños y establece el sistema mediante el que la aseguradora debe indemnizar a su asegurado, así como la indemnización resultante.

Todo comienza con la designación del perito, y si una de las partes no hubiese hecho la designación, estará obligada a



“El perito del asegurado, una oportunidad a explotar”

realizarla en los ocho días siguientes a la fecha en que la otra parte hubiese designado el suyo. En caso de no hacerlo se entendería que se acepta el dictamen vinculante por parte de quien nombra. Formalmente se materializa en que el asegurado nombra un perito, quien debe aceptar el mandato (de forma escrita) y debe notificarse a la parte contraria (compañía aseguradora). En ciertos casos, es la propia aseguradora la que notifica a su cliente el nombramiento, con lo que el proceso como vemos es bidireccional y necesariamente obliga a la otra parte.

En el artículo 18 de esa ley de contratos de seguros se nos indica que el procedimiento pericial comenzará a partir de los 40 días desde la declaración del siniestro; es más, esos ocho días que limitan el nombramiento empiezan a computarse a partir de estos 40 que fija el artículo 18. Cabe destacar que no solo el perito debe ser nombrado, sino que debe constar su aceptación por escrito y es necesaria para la iniciación del procedimiento y debe ser exigida por ambas partes. En esos ocho días también debería constar la notificación del nombramiento a la parte contraria.

Una vez en este punto pueden suceder tres cosas:

Que solo haya nombrado un perito, con lo cual se comunicará el informe a ambas partes; se entenderá su dictamen vinculante para las partes, de ahí la importancia del nombramiento, aceptación y comunicación en tiempo y forma.

Que las dos partes hayan nombrado perito y lleguen a un acuerdo con lo cual procede un acta conjunta pericial en la que hay que aclarar las causas y circunstancias del siniestro, identificación y comprobación de los aspectos formales de la póliza, valoración de daños, así como recoger todos los aspectos que pudieran ser relevantes de cara a la tramitación del siniestro. Un hecho destacado es que di-

cha acta debe contener la propuesta del importe líquido indemnizable por la compañía aseguradora al asegurado.

Que las dos partes que hayan nombrado al perito no lleguen a un acuerdo, cuestión que necesita el nombramiento de un perito tercero que podrá ser nombrado de conformidad entre los dos peritos, o bien en caso de no estar de acuerdo ni siquiera en eso se realizaría por insaculación en el juzgado de Primera Instancia de la localidad donde se produjo el siniestro.

Este tercer perito debe emitir un informe que la jurisprudencia entiende colegiado, es decir, de manera conjunta con los otros dos peritos, para, por mayoría o unanimidad, confirmar los aspectos que correspondan. En ningún caso la tercera es dirimente. El dictamen del tercer perito debería resolver solo sobre los puntos conflictivos o discrepantes. Para este caso de la tercera la ley establece un plazo de 30 días a partir de la aceptación del perito tercero. Nunca se debe dilatar el plazo para que el asegurado cobre su indemnización. Este dictamen del perito tercero puede ser impugnado por las partes.

Los peritos han de ser especialistas en legislación de seguros, dado que deben dar cuenta de la cobertura, de la existencia de infraseguros o sobreseguros y, además, estar en posesión de la titulación en la materia a que se refiera su dictamen si se tratase de profesiones reguladas, y de suficiente conocimiento de la pericia aseguradora y legislación sobre contrato de seguros para desempeñar sus funciones. Es decir, el perito interpreta la póliza con todos sus condicionantes, generales y particulares, aparte del conocimiento científico y profesional sobre la materia.

Pero, ¿quién se preocupa de la cualificación de los peritos? Parece claro que quien nombra a un perito debiera hacerlo teniendo en cuenta lo obvio. Nombrar al experto oportuno lo colocará en situación

de evidente ventaja. Mención aparte requiere que la actuación del perito, según la ley debe ser imparcial, libre e independiente, según su leal saber y entender, con la mayor exactitud posible, cabiendo recusación del mismo por las circunstancias recogidas en la Ley de Enjuiciamiento Civil art. 621. Todo esto deriva en responsabilidad profesional para el técnico.

Este camino del procedimiento del artículo 38 limita a las partes: una vez que una de ellas inician el procedimiento pericial, este se convierte en una vía previa al planteamiento del proceso judicial.

Oportunidad de trabajo

Tras describir el estado actual del ecosistema asegurador y el procedimiento que la ley provee para el nombramiento de perito de parte, qué duda cabe que aprovechar este camino puede ayudar a dignificar el trabajo pericial que nuestros ingenieros realizan, como importante vía de empleabilidad, con honorarios razonables, aportando a los clientes un valor añadido de gestión y profesionalidad e instando, por tanto, en paralelo a que las compañías apuesten por peritos cualificados en su día a día. Se cierra el círculo.

Creo que es una de las maneras más interesantes de luchar contra el intrusismo profesional de *técnicos* no cualificados que proliferan en dicho ecosistema y una oportunidad para aplicar la excelencia en el trabajo en todos los ámbitos que pueden ser clientes de un seguro. ¿Alguien conoce algo material que no se pueda asegurar? Pues detrás de cada póliza hay un riesgo latente que puede materializarse en un siniestro y con ello en una oportunidad para dar soluciones a través del conocimiento científico (la propia definición de la ingeniería).

Esta sería una motivación perfecta para animar a muchos compañeros a que se decidan, por un lado a formarse en legislación aseguradora y conocer en profundidad cada recoveco de las pólizas de sus clientes y que así se lancen a defenderlos explotando cada garantía y aprovechando los amplios conocimientos técnicos que cada uno de nosotros en nuestras respectivas disciplinas de ejercicio profesional acumula a lo largo de la vida. Hay pastel para todos, solo está en la calle y hay que salir a por él: ¿Quién se anima?

Domingo Villero Carro es ingeniero técnico industrial (colegiado 1498 en el Colegio de Cádiz), perito forense y presidente del Consejo Andaluz de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales.

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial es una corporación de Derecho Público que integra 50 Colegios que desarrollan su profesión en los distintos sectores de la industria, la Administración, la docencia y el ejercicio libre.

Desde el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial se ofrecen servicios y actuaciones en el ámbito corporativo, profesional y social a Colegios y Colegiados.



www.cogiti.es

Servicios ofrecidos por el COGITI a Colegios y sus Colegiados

Legislación y jurisprudencia
Bases de datos de legislación, jurisprudencia y reglamentos técnicos.

FNMT
Convenio con la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre para emisión y consulta de revocación de certificados digitales.

Ventanilla Única
Ventanilla Única de la Ingeniería Técnica Industrial.

Acreditación DPC Ingenieros
Tu experiencia y formación tienen un valor.

Suscripción a normas UNE
Acceso online.

COGITI-EUROPA
Oficina europea del COGITI en Bruselas.

Certificación de personas
Entidad de Certificación de personas del COGITI.

Formación on-line
Plataforma de formación on-line del COGITI.

Central de compras
Condiciones ventajosas en la compra de material de oficina y en la reserva de hoteles y restaurantes.

Asesoría Jurídica
Asesoramiento jurídico a Colegios.

Certificación Energética
Portal de Certificación de eficiencia energética de edificios.

In.Me.In.
Institución de Mediación de Ingenieros.

Asesoría Técnica
Asesoramiento técnico a Colegios.

Portal Proempleoingenieros
Plataforma integral de empleo para Graduados e Ingenieros Téc. Industriales.

Movilidad Internacional
Programa de Movilidad Internacional y "Punto de Contacto" en Alemania.

Avanzados modelos de análisis estructural al alcance de todos los usuarios

El análisis y dimensionamiento estructural en el ámbito de la construcción y la ingeniería industrial cuenta con herramientas cada vez más sofisticadas que permiten simular complejas interacciones y comportamientos de los distintos materiales, cargas y condiciones de contorno presentes. Esta sofisticación tecnológica ha ido acompañada de un fuerte esfuerzo por parte de los desarrolladores de *software* para hacerla accesible en coste, tiempo y forma a los distintos agentes involucrados en el desarrollo de proyectos y mejora de producto.

Dentro de la ingeniería estructural, el método de los elementos finitos permite discretizar el continuo utilizando ecuaciones de compatibilidad de deformaciones y equilibrio de fuerzas. La posibilidad de simular complejas no linealidades de contacto y fallos como puedan ser la abolladura, fatiga, pandeos elásticos,

resonancia dinámica, plastificación del material y el colapso frágil de vidrio o fábrica hace que el proyectista pueda conocer el comportamiento resistente, tanto en servicio como en rotura de una manera fiable. Estos modelos deberán captar de forma veraz el comportamiento reproducido en ensayos a escala reducida, cerrando un círculo que servirá a este profesional para hacer cambios en su modelo digital sin necesidad de recurrir a modelos físicos. Estas herramientas deben integrarse en un entorno cada vez más regulado por normas internacionales de diseño como son los eurocódigos y normas americanas, que permitan una correcta justificación frente a terceros.

La comunicación entre programas CAD/CAE en entornos colaborativos, como es el BIM, necesita de flujos distintos de la simple importación/exportación de archivos, si no de continuas interac-

ciones bidireccionales de información. Sin embargo, el soporte documental del análisis no debiera ser la utilidad única y final del *software*, sino también la de generar una investigación y conocimiento desde los modelos y que en última instancia se traslade a todos los agentes de la industria para generar fuertes sinergias de conocimiento trasladado.

En definitiva, la utilización de un *software* que permita una rápida curva de aprendizaje, de uso intuitivo, que incluya avanzadas funcionalidades acompañadas de completa documentación junto con un soporte técnico accesible y muy cualificado se hace indispensable. Los desarrolladores de *software*, siguiendo esta fuerte tendencia requerida por sus clientes, han sabido acompañar los tiempos desarrollando programas sofisticados pero sin perder el sentido práctico de su aplicación

RFEM 5

Software de análisis y dimensionamiento de estructuras



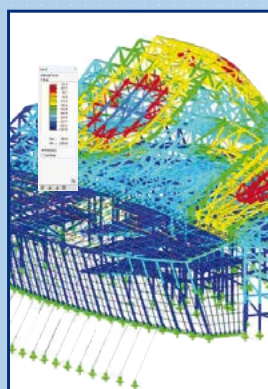
Multi-Purpose Stadium in Uyo, Nigeria
© www.form-TL.de

DESCARGA VERSIÓN PRUEBA

www.dlubal.com

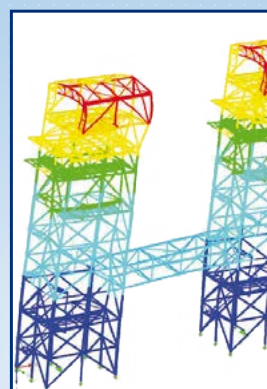
Dlubal Software ES • Tel: 911 438 160 • info@dlubal.com

Disfrute con el cálculo de estructuras



→ www.novumstructures.com

Análisis no lineal



→

Cálculo dinámico



→ www.agabaut.at

Integración BIM

Visítanos en:

BIMEXPO 13-16 OCTUBRE 2018 Madrid, Spain

Visit us!

Hall: 8
Stand: F12

#Bimexpo



7º FORO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN EN MADERA

18-19 DE OCTUBRE DE 2018

ARQUITECTURA Y TÉCNICAS EN LA MADERA

EGURTEK

Engineida, nueva plataforma participativa de la UAITIE

Engineida.es es la plataforma de innovación participativa de la UAITIE que permite a las empresas, instituciones y Administraciones públicas presentar desafíos asociados a la innovación a los que la comunidad en línea de ingenieros plantea propuestas, ideas y soluciones creativas, motivados por incentivos económicos y/o laborales.

Esta plataforma basa su método de trabajo en el *crowdsourcing*, una fórmula organizacional utilizada para externalizar tareas y realizar trabajos a través de comunidades masivas profesionales. Consiste en hacer un llamamiento más o menos abierto a una comunidad para solucionar un problema a través de la colaboración o competición, de manera que se consiguen más y mejores soluciones, en menos tiempo y esfuerzo, tanto por parte del cliente como de los proveedores.

Retos resueltos en la plataforma

Retos industriales

Eliminación del ruido por impacto en contenedores de vidrio. Este reto, que permaneció abierto en Engineidea hasta el pasado 21 de mayo de 2018, fue promovido por la Asociación de Ingenieros Técnicos Industriales de Cáceres (AITICC) y perseguía la búsqueda de ideas innovadoras que solucionasen o al menos disminuyeran los problemas de ruido por impacto en los contenedores de vidrio.

Tras analizar las soluciones al reto, el comité evaluador de la AITICC falló en otorgar, un primer premio de 1.000 € a Roberto Sobrino Ontoria, colegiado del Colegio de Cantabria, y un accésit de 250 € a las soluciones aportadas por Marcelino Miranda Rodríguez, del Colegio de Madrid.

Retos sociales

Medidas tecnológicas innovadoras para favorecer el ahorro de agua y Medidas innovadoras para reducir la contaminación. Estos retos se enmarcan dentro del área "engineideasocial", sección de la plataforma destinada a retos sin ánimo de lucro, promovidos por Ayuntamientos, asociaciones y ONG, entre otros, y que tienen como único beneficiario la ciudadanía.

Los retos sociales abiertos en Engineidea establecían dos concursos de ideas. El primero buscaba medidas para favorecer el ahorro de agua, y el segundo medidas innovadoras para reducir la contaminación. Estos concursos de ideas determinaban como requisito una



Imagen de la web www.engineidea.es



demostración de la viabilidad tanto técnica como económica.

Cerrados los retos, las soluciones se encuentran en proceso de evaluación. Finalmente, las soluciones ganadoras se cederán al Ayuntamiento de Madrid, entidad que subvencionó la plataforma.

Retos abiertos en la plataforma

Ávila como centro logístico internacional
Es el nuevo reto abierto en Engineidea, con el que se quiere conseguir un plan básico de actuación para convertir Ávila en un centro logístico internacional.

Aprovechar el futuro cierre de la planta de fabricación de vehículos Nissan en Ávila y el gran abanico de recursos con los que cuenta Ávila (red de cercanías, el Cylog, posibilidad de emplear aeropuertos y puertos cercanos, etc.) son las bases que sienta el promotor para el lanzamiento del nuevo reto, quien concederá una recompensa de 1.200 € al ingeniero ganador.

Este reto permanecerá abierto en la plataforma hasta el 30 de julio de 2018. Si quieres conocer más detalles entra y regístrate en engineidea.es.

Incluye un acceso durante un año a **CISS Prevención de Riesgos Laborales**, Base de Datos especializada en PRL valorada en 462€.

Formación

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

PLAZAS LIMITADAS

La Prevención de Riesgos Laborales continúa siendo una materia imprescindible en todas las empresas. Por este motivo la demanda de profesionales orientados y formados en PRL es cada vez mayor en el mercado.

Consigue el título máster y obtén tu gran ventaja competitiva.

Metodología

Una metodología didáctica online cuyo objetivo es que dispongas de tu propio ritmo de estudio, decidiendo cuándo y cómo estudiar y, por tanto, totalmente compatible con tu actividad profesional. Podrás acceder desde cualquier lugar al aula virtual, donde encontrarás el temario del máster y la documentación de soporte.

Contarás con un seguimiento y atención personalizados proporcionados por los tutores en la misma plataforma y también por correo electrónico y vía telefónica.

Tendrás un aprendizaje activo y colectivo, a través del intercambio de conocimiento y experiencias en los foros.

Contarás además, con el apoyo de sesiones síncronas.

La evaluación será continua y formativa y se adaptará al carácter de las asignaturas y las competencias a evaluar. La nota final será la media, según la ponderación establecida de la calificación de las distintas actividades de cada asignatura: test de evaluación, casos prácticos, cuestionarios de preguntas cortas, test de seguimiento y participación en las diferentes actividades del aula virtual.

Programa

Permite cursar el **Título de Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales**, adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), nivel 3 del MECES y nivel 7 del EQF.

Incluye las 3 especialidades:

- Seguridad
- Higiene
- Ergonomía



Créditos: 60 ECTS



Modalidad: e-learning



Fecha inicio: 25/10/2018
(Fecha admisión: 24/09/2018)
Fecha fin: 04/09/2019



Con el apoyo docente de reconocidos **expertos en la materia**



Precio total del Máster: 2.950€
(Posibilidad de pago fraccionado)
Descuento por inscripción anticipada 10%: 2.704€



Programa **bonificable** en los seguros sociales (Fundación Estatal para la Formación en el Empleo- FUNDAE).



Condiciones económicas especiales para colegiados que ya poseen el título no universitario de Técnico Superior en PRL. Se concederán siempre que acrediten poseer el título de Técnico de Nivel Superior en PRL (conforme al artículo 37.2 del Real Decreto 39/1997).



Acceso a la base de datos **CISS Prevención Riesgos Laborales**



Potencia tu Networking



Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales por la **Universidad Francisco de Vitoria**. Verificado por la ANECA.



Descuentos a reconocidas obras en PRL de Wolters Kluwer:
50% descuento Base de datos CISS Prevención, 35% descuento Revista Gestión Práctica Riesgos Laborales, 15% descuento en Anuarios TODO PRL y Prontuario PRL.

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales por la Universidad Francisco de Vitoria con **3 especialidades**: Seguridad, Higiene y Ergonomía.

Precio del Máster Completo

2.950€

Descuento por inscripción anticipada del 10% sobre honorarios de matrícula

2.704€

Hasta el 5 de septiembre

Condiciones especiales para colegiados que ya poseen el título de Técnico Superior en PRL*

Alumnos que ya poseen el título de TSPRL con 1 especialidad

Alumnos que ya poseen el título de TSPRL con 2 especialidades

Alumnos que ya poseen el título de TSPRL con 3 especialidades

Beca **36,60%**

Beca **57,90%**

Precio total Máster **1.870€**

Precio total Máster **1.240€**

*Se concederán siempre que acrediten poseer el título de Técnico de Nivel Superior en PRL (conforme al artículo 37.2 del Real Decreto 39/1997).

Infórmate ahora

Para más información así como para formalizar la matrícula, pueden ponerse en contacto con **Luis Antonio Durán**, en el teléfono **699 49 77 51**, o por e-mail **aduran@wke.es**

AQUILA a-LIFE, un proyecto para salvar el águila Bonelli de los tendidos eléctricos

El proyecto AQUILA a-LIFE, con financiación europea, estará vigente hasta 2022 y se centra en el águila de Bonelli, una de las rapaces más amenazadas de Europa. Este proyecto toma el relevo de otro anterior, Life Bonelli, y durante su vigencia se liberarán águilas de Bonelli en el centro y norte de España y en la isla italiana de Cerdeña y se corregirán tendidos eléctricos peligrosos para estas aves

Ernesto Álvarez, Manuel Galán y Carlota Viada

El águila de Bonelli (*Aquila fasciata*) es una de las aves rapaces que se encuentra en regresión en gran parte de sus poblaciones. España (733-768 parejas, incluida Mallorca), Italia (34-28 parejas en Sicilia) y Francia (30 parejas) concentran el 47% de la población del Mediterráneo occidental. Su declive en Europa (hay un 35% menos que en la década de 1970) contrasta con la estabilidad o incluso la recuperación durante este mismo periodo de otras grandes rapaces, como el águila imperial ibérica y el águila real, con las que compartiría problemas y amenazas. El punto débil del águila de Bonelli podría ser su elevada vulnerabilidad a la electrocución, ya que también utiliza (a diferencia de las otras grandes águilas) las partes interiores de las crucetas, donde el riesgo se multiplica.

El águila de Bonelli habita en zonas muy variables. Prefiere zonas rocosas y cortados en general para hacer sus nidos, aunque también puede realizarlos en árboles. Su alimentación se basa en las especies presa más abundantes, y se decanta por el conejo, la perdiz, la paloma y la gaviota, aunque no desdeña córvidos, lagartos ni culebras.

Los juveniles se concentran en sus primeros años en zonas con gran cantidad de alimento. Posteriormente, buscan incorporarse a algún territorio donde haya algún ejemplar viudo, o bien fundar territorios nuevos o desaparecidos hace algún tiempo. Gracias a las liberaciones de ejemplares entre 2013 y 2017, el proyecto Life Bonelli ha hecho posible la formación de 15 territorios de águila de Bonelli. AQUILA a-LIFE pretende continuar estos buenos resultados.

La principal causa de muerte no natural de la especie es la electrocución; también hay casos de colisión, aunque menos numerosos. Los datos obtenidos durante Life Bonelli no muestran que la



Pollos de águila de Bonelli durante su marcaje. Foto: GREFA.

persecución directa sea actualmente uno de sus principales problemas. En cuanto a la mortalidad natural, aparecen casos por enfermedades (tricomoniasis) y depredación o ataques por parte de otras grandes rapaces.

Esfuerzos para evitar su extinción

Desde 1997, el águila de Bonelli ha sido objetivo de hasta nueve proyectos con fondos LIFE de la Unión Europea en di-



Águila de Bonelli electrocutada. Foto: GREFA.

versas regiones españolas (Navarra, Extremadura, Aragón, Castilla y León, Castilla-La Mancha, La Rioja, Álava y Murcia), a los que hay que sumar otros dos dedicados exclusivamente a la corrección de tendidos eléctricos en Aragón y Murcia.

Además, se está ejecutando otro proyecto en Portugal para el águila de Bonelli y otras tres especies en la zona fronteriza del Duero con España (Life Rupis) y otro en Italia para favorecer a las poblaciones sicilianas de águila de Bonelli y otras dos aves rapaces (Life Conrasi). Y en 2018 se acaba de aprobar otro más en el Mediterráneo oriental (Bonelli's East Med) en Grecia, Chipre e Israel.

Las iniciativas de conservación del águila de Bonelli en España abordaron los principales factores que habían llevado al brusco desplome poblacional de la especie entre las décadas de 1970 y 1990 y se centraron en la disminución de molestias y en las causas de mortalidad (vigilancia de nidos, recuperación de especies presa, gestión de zonas de escalada, campañas de divulgación y corrección de tendidos). La mayoría fueron acciones

localizadas en regiones e incluso en provincias o enclaves concretos, de manera que la visión de los problemas a los que se enfrenta la población ibérica de águila de Bonelli se había limitado a una perspectiva local y no metapoblacional.

El legado del proyecto Life Bonelli

A pesar de esos esfuerzos, las poblaciones de águila de Bonelli no solo no se recuperaron, sino que siguieron disminuyendo y se estaba quedando tan menguada que diversas entidades públicas y privada decidieron en 2012 actuar con decisión antes de que la especie llegara a una situación más grave y promovieron el proyecto Life Bonelli. Su estrategia se basaba en llevar a cabo una dispersión dirigida de ejemplares nacidos en cautividad y trasladados desde la saludable población andaluza, mediante una técnica que los fija al territorio, lo que ha permitido la liberación de casi un centenar de aves en Madrid, Mallorca, Navarra y Álava.

Gracias a Life Bonelli hemos asistido al asentamiento de una nueva población de águila de Bonelli, actualmente en crecimiento, en Mallorca, donde se había extinguido en la década de 1970. En 2017 la nueva población mallorquina de águila de Bonelli estaba ya formada por unos 30 ejemplares y siete parejas territoriales. Entre 2014 y 2017 han nacido en esta isla 11 pollos en libertad de cuatro parejas reproductoras diferentes.

Mientras tanto, en el límite entre Burgos y Álava, en 2015, nació un pollo de una pareja cuya hembra era un ave liberada por Life Bonelli. A fecha de 2017 en Madrid se han formado dos parejas de la especie, que también se ha instalado territorialmente en provincias limítrofes como Toledo y Guadalajara. En Navarra se ha formado una pareja con ejemplares reintroducidos que se espera que críe cuando alcance la madurez sexual.

Las gestiones de las entidades socias de Life Bonelli ante compañías eléctricas y Administraciones públicas han hecho posible la corrección de un buen número de tendidos peligrosos para la especie durante los cuatro años de proyecto. Sin embargo, la tarea es ardua, ya que son decenas de miles de apoyos los que hay en toda el área de distribución del águila de Bonelli y hace falta complementar las correcciones con una nueva aproximación formativa y de gobernanza como la que se plantea en el nuevo proyecto AQUILA a-LIFE.



Imagen de la distribución mundial del águila Bonelli. Fuente: GREFA.

Llega un nuevo proyecto

Con una vigencia de cinco años (de 2017 a 2022), el proyecto AQUILA a-LIFE ha tomado el relevo de Life Bonelli con la misma especie, ya que los proyectos de reintroducción o reforzamiento de poblaciones de fauna salvaje a menudo requieren varias etapas de desarrollo.

El equipo que de AQUILA a-LIFE es prácticamente el mismo equipo que el de Life Bonelli, por lo que ya está consolidado. En el nuevo proyecto, el socio coordinador es GREFA, ONG que gestiona un hospital de fauna salvaje desde Majadahonda (Madrid). El resto de socios son la Diputación Foral de Álava, GAN-Gobierno de Navarra, Fundació Natura Parc (en Santa Eugènia, Mallorca), ISPRA (Gobierno de Italia) y Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO/BirdLife, en Francia).

¿Qué pretende AQUILA a-LIFE?

AQUILA a-LIFE quiere contribuir a aumentar la distribución del águila de Bonelli en el Mediterráneo occidental e invertir su tendencia poblacional regresiva, para ayudar a la restauración de los ecosistemas donde habitaba antaño.

Para ello incluye continuar la liberación de ejemplares, con una metodología

cuya efectividad ha sido demostrada previamente en el proyecto Life Bonelli, incluyendo zonas donde estas sueltas han tenido resultados positivos (Madrid, Navarra y Álava), y replicando la experiencia a zonas nuevas como Cerdeña.

Otro pilar esencial de AQUILA a-LIFE abordará las principales amenazas de las nuevas poblaciones de águila de Bonelli, con varias acciones muy intensas dedicadas a prevenir y reducir las electrocuciones mediante el trabajo conjunto con sectores clave como compañías eléctricas, autoridades ambientales e industriales, ingenieros técnicos industriales, empresas de I + D + i y fabricantes de material aislante, asociaciones de conservación, ayuntamientos, sectores cinegéticos y voluntarios, entre otros.

Dado que el águila de Bonelli comparte sus problemas (sobre todo la electrocución) con otras especies de rapaces, estas también se verán beneficiadas de las acciones de este proyecto, particularmente el águila imperial ibérica, el águila real y el águila culebrera, entre otras.

Ernesto Álvarez, Manuel Galán y Carlota Viada son miembros del equipo de coordinación de GREFA del proyecto AQUILA a-LIFE.

La implicación de los ingenieros

Dado que uno de los pilares de este proyecto es minimizar el impacto de la electrocución de avifauna, y más en particular del águila de Bonelli, en tendidos de distribución, la implicación del colectivo de ingenieros técnicos industriales es fundamental. Por ello, el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha manifestado su apoyo al proyecto Aquila a-Life, con el fin de conseguir una red eléctrica segura para las aves.

Como indican desde el Equipo de Coordinación-GREFA, se trata de un proyecto en el que hay depositadas muchas esperanzas de que, junto con otras iniciativas públicas y privadas también en marcha, haya un antes y un después en la mortalidad por electrocución de avifauna en España.

El Sistema de Acreditación DPC de Ingenieros, realizado y gestionado por el COGITI, implanta un procedimiento de acreditación del desarrollo profesional continuo (DPC) bajo 4 niveles, que documentalmente valida y acredita la competencia profesional, compuesta por formación y experiencia adquirida a lo largo de la vida profesional del Ingeniero en el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.

La acreditación como ingeniero, en cualquiera de los niveles, aporta a los profesionales beneficios

intangibles, prestigio profesional, y beneficios tangibles, acceso a la bolsa de empleo de ingenieros acreditados, descuentos en formación, seguro profesional, etc.

La acreditación DPC de ingenieros es un título profesional, respaldado por la marca COGITI que transmite confianza y credibilidad a consumidores y empresas, y que aporta a aquél que lo ostente, prestigio, visibilidad profesional y el derecho a disfrutar de servicios exclusivos.

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO JUNIOR

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO SENIOR

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO ADVANCED

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO EXPERTISE

 **Beneficios de la acreditación**



Prestigio profesional

Sello de garantía avalado por el COGITI como órgano representativo de la Ingeniería Técnica Industrial Española que aporta una certificación de la formación y la experiencia a lo largo de la vida profesional.



Certificado curricular

Certificación y validación de la veracidad del curriculum vitae del colegiado acreditado en cualquiera de los niveles.



Visibilidad profesional

Diploma acreditativo del nivel DPC, tarjeta acreditativa, incorporación en el Registro Profesional de Ingenieros Acreditados (RPIA), identificación pública de los ingenieros inscritos acreditados.



Condiciones especiales SRC

La Acreditación modulará las prestaciones y coberturas del seguro de Responsabilidad Civil, accediendo a condiciones específicas.



Empleo

Da acceso a la "Bolsa de empleo de Ingenieros Acreditados" cuya función será la promoción de los perfiles de los ingenieros acreditados. Acceso a grupos de redes sociales profesionales del COGITI.



Descuentos en formación

Descuentos en las actividades formativas de la Plataforma on-line de formación del COGITI, existiendo además la posibilidad de descuentos adicionales en las acciones formativas impartidas por los Colegios.




Movilidad UE

Válido en procesos de reconocimiento de cualificaciones para ingenieros que deseen desplazarse a trabajar a países UE. Asesoramiento directo del COGITI en la preparación de los dossieres de reconocimiento de cualificaciones profesionales.



Acceso a Grado

El Sistema de Acreditación de ingenieros como instrumento para el reconocimiento de la experiencia profesional, y otros méritos por parte de las Universidades.

 **Empresas colaboradoras.**

ARAMBARRI & GONZÁLEZ
EXECUTIVE SEARCH

 **MARSH**

Michael Page
INTERNATIONAL

HAYS Recruiting experts
worldwide

NB : NORMAN
BROADBENT

 **Wolters Kluwer**
España

marketyou
BETA

 **MAPFRE**

cátenon
WORLDWIDE EXECUTIVE SEARCH

ferroser

Gehrlicher Solar 

 **ADARTIA**



COGITI

Formación

e-learning



➤ *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

Diseño e inspección de instalaciones eléctricas A.T. según reglamento R.D. 337/2014
PLCs, programación lineal y estructurada (STEP7 Siemens)
Riesgo eléctrico en instalaciones de Baja Tensión
Normativa y proyectos de reforma y homologaciones. reglamento 168/2013
Avanzado en instalaciones eléctricas industriales. Industria 4.0
Gestión lean para una prevención de riesgos laborales eficiente
Experto en fiscalidad e impuestos para el ingeniero
Automatismos eléctricos industriales. Elementos y simulación práctica
Introducción al diseño de estructuras metálicas con Autodesk Autocad Advance Steel
Vigilancia ambiental de obras
Reglamento de instalaciones de protección contra incendios R.D. 513/2017
Iniciación de investigación de incendios
Tratamientos térmicos de los aceros
Diseño y gestión de proyectos mediante sistema BIM. Aplicación con REVIT
Cálculo y diseño de instalaciones de energía solar térmica para ACS
Hidráulica aplicada. Conducciones y estaciones de bombeo
Equipos a presión, directiva de fabricación 2014/68 UE. R.D. 2060/2008
Técnicas para hablar en público para ingenieros
Fundamentos de la gestión de proyectos (Pproject Management Basics)
Proyectos de licencias ambientales de actividades
Cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de Baja Tensión
Vapor: producción, transporte, instalaciones y elementos fundamentales
Aplicación reglamento de almacenamiento de productos químicos R.D. 656/2017

Esto es tan sólo una muestra del catálogo de cursos técnicos que encontrará en nuestra Plataforma online. Los cursos son constantemente renovados y adaptados a las necesidades actuales.

www.cogitiformacion.es

