



## La Comisión de Energía visita el Consejo de Seguridad Nuclear

Unidades de la Secretaría General



Garantizando el cumplimiento de la misión del CSN

Ramón López de Mántaras,  
director del IIIA del CSIC



"El reto de la IA será dotar a las máquinas de sentido común"



# Súmate a los 125.000

Desde su inauguración en 1998, los 125.000 visitantes del Centro de Información del Consejo de Seguridad Nuclear han tenido ocasión de aproximarse al conocimiento sobre las radiaciones ionizantes, sus usos, sus riesgos y los controles y la protección que son necesarios para garantizar su utilización fiable, en la cual el CSN –como organismo encargado de la seguridad nuclear y la protección radiológica– juega un papel muy importante.

En la vida diaria utilizamos las radiaciones con una enorme frecuencia, tanto en relación con la salud y la medicina –en diagnóstico y en terapia– como también en la industria y en la investigación. A través de un recorrido guiado por los 29 módulos, se pueden conocer con detalle estos aspectos relacionados con las radiaciones. Consigue más información en [www.csn.es/index.php/es/centro-informacion](http://www.csn.es/index.php/es/centro-informacion) o pide cita en [centroinformacion@csn.es](mailto:centroinformacion@csn.es)  
Súmate a los 125.000.

# Visita al CSN de la Comisión de Energía del Congreso

Este número 35 de ALFA recoge en portada la visita el pasado mes de octubre de una nutrida representación de parlamentarios de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital, encabezados por su presidente, Ricardo Sixto Iglesias, a la sede del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Durante la jornada, los diputados mantuvieron encuentros con los miembros del Pleno y con los principales responsables técnicos del organismo regulador español de la seguridad nuclear y la protección radiológica, y visitaron la Sala de Emergencias (SALEM) y el Centro de Información.

Precisamente en este mismo número se incluye también la comparecencia del presidente del CSN, Fernando Marti Scharfhausen, en diciembre ante la citada Comisión del Congreso de los Diputados para presentar el informe de las principales actividades desarrolladas durante el año 2016.

Dentro de "Panorama" este número de ALFA también incorpora el nombramiento de Consejo de Ministros del pasado 7 de diciembre de 2017 de Jorge Fabra Utray, como nuevo consejero del CSN. Jorge Fabra, licenciado en Economía y Doctor en Derecho ha ocupado numerosos cargos vinculados al sector de la energía como delegado del Gobierno en la explotación del sistema eléctrico de 1983 a

1988; consejero de Babcock, Wilcox y Endesa entre 1984 y 1988; presidente de Red Eléctrica de España (REE) desde 1988 a 1997 y consejero de la Comisión Nacional de Energía (CNE) entre 2005 y 2011.

Dentro de nuestra habitual sección "El CSN por dentro" se explica en este número la importante labor de las tres unidades de apoyo a la Secretaría General del organismo, la de Planificación y Calidad, la de Investigación y Gestión del Conoci-

*El Consejo de Ministros nombró el pasado 7 de diciembre de 2017 a Jorge Fabra Utray, como nuevo consejero del CSN y miembro del Pleno*

miento y la Unidad de Inspección, todas ellas destinadas a garantizar el cumplimiento de la misión del CSN.

La entrevista ha sido realizada a Ramón López de Mántaras, director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del CSIF, quien nos da el sugerente título de que en estos momentos "el gran reto de la inteligencia artificial es dotar de sentido común a las máquinas".

"Ciencia con nombre propio" da un repaso a la vida y la obra del científico Hans Geiger, que dio nombre al contador de la radiactividad. Fue, junto con Rutherford y Mardsen, el descubridor de que el átomo estaba formado por un núcleo compacto de una alta densidad de carga, rodeado de una nube de electrones.

Tres artículos técnicos se incluyen este número de ALFA, todos elegidos por su máxima actualidad. El primero sobre las revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares españolas, otro sobre la seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radioactivas, y finalmente se aborda la nueva aplicación de acceso público al sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper.

Los reportajes de divulgación científica también tratan asuntos tan interesantes como el uso de drones en la ingeniería civil o la importancia actual y futura del uso de robots en los trabajos de Fukushima.

En la sección de radiografía se aborda la hidrología isotópica, como una herramienta para la gestión sostenible del recurso hídrico.

Y finalmente incorporamos un obituario sobre Esther Arizmendi, presidenta del Consejo de la Transparencia y Buen Gobierno, recientemente fallecida, que ha sido redactado por sus propios compañeros.

## ALFA

Revista de seguridad nuclear y protección radiológica  
Editada por el CSN  
Número 35 / Año 2017

**Comité Editorial**  
Fernando Marti Scharfhausen  
Antonio Munuera Bassols  
Fernanda Sánchez Ojanguren  
Enrique García Fresneda  
Ángel Laso D'Lom  
Felipe Teruel Moya

**Comité de Redacción**  
Ángel Laso D'Lom  
Natalia Muñoz Martínez

Manuel Aparicio Peña  
Ana Gozalo Hernando  
Felipe Teruel Moya

**Edición y distribución**  
Consejo de Seguridad Nuclear  
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11  
28040 Madrid  
Fax 91 346 05 58  
peticiones@csn.es  
www.csn.es

**Coordinación editorial**  
Estugraf Impresores S. L.  
Pol. Ind. Los Huertecillos, Nave 13  
28350 Ciempozuelos (Madrid)

**Fotografías**  
CSN, Estugraf, Miguel G. Rodríguez,  
Agencias (ThinkstockPhotos, Getty)

**Impresión**  
Estugraf Impresores S. L.  
Pol. Ind. Los Huertecillos, Nave 13  
28350 Ciempozuelos (Madrid)

**Fotografías de portada**  
Agencias

Depósito legal: M-24946-2012  
ISSN-1888-8925

© Consejo de Seguridad Nuclear

Las opiniones recogidas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, sin que la revista 'Alfa' las comparta necesariamente.

## REPORTAJES



### 06 Drones, la herramienta más eficaz para la ingeniería civil

Los sistemas de aeronaves no tripuladas operadas por control remoto (RPAS), conocidos como drones, han llegado a las empresas constructoras para quedarse. Alcanzan lugares de difícil acceso, abaratan trabajos de mapeo y de inspección en la obra civil o sirven de ayuda en labores de vigilancia. Sus posibilidades son enormes y ganarán presencia según avance la legislación. Según el ministro de Fomento, la actividad de los drones generará un negocio de 10.000 millones de euros en Europa para 2035.

### 25 Visita de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) recibió en su sede, durante el pasado mes de octubre, a una nutrida representación de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital del Congreso. Durante el encuentro, los miembros de la Comisión tuvieron la oportunidad de preguntar todo aquello que quisieron y pudieron conocer tanto la Sala de Emergencias como el Centro de Información del organismo regulador.



### 36 Hans Geiger: el latido del átomo

En la historia de la ciencia hay casos de investigadores cuyo nombre ha sido absorbido por el de su creación más famosa. Hans Geiger es uno de ellos. El contador de radiactividad que lleva su nombre se ha hecho tan popular que induce a pensar que el término 'Geiger' es una marca registrada, no el apellido de su inventor, quien logró algo tan valioso como establecer un criterio de medida para una nueva fuerza de la naturaleza, cuyos efectos y posibilidades apenas estaban empezando a vislumbrarse.

### 44 Robots, la gran esperanza de Fukushima

En 2011, Japón sufrió el mayor terremoto de su historia, que inundó la central nuclear Fukushima 1 y la dejó sin la electricidad. Los reactores se sobrecalentaron y tres de los seis con que contaba se fundieron total o parcialmente; reventaron los muros de protección de la central y dejaron expuestos los reactores, que liberaron material radiactivo a la atmósfera. Ahora, los responsables de la planta utilizan la última tecnología en robótica para evaluar los daños y planificar los trabajos de limpieza.



### 42 RADIOGRAFÍA

Hidrología isotópica, herramienta para la gestión sostenible del recurso hídrico.

## EL CSN POR DENTRO

### 20 Unidades de apoyo a la Secretaría General para garantizar el cumplimiento de la misión del CSN

Dentro del organigrama del CSN se encuentran tres unidades que dependen directamente de la Secretaría General (SG). Las labores de la SG se despliegan en tres grandes grupos: las relacionadas con la secretaría del Pleno, las de interacción con las direcciones técnicas y las de gestión de los asuntos generales del organismo. Todas las unidades interactúan con los tres grandes grupos y desempeñan un trabajo fundamental que permite el buen funcionamiento del organismo regulador.

## ENTREVISTA

### 14 Ramón López de Mántaras, director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA) del CSIC

“El gran reto de la Inteligencia artificial es cómo dotar de sentido común a las máquinas”

## ARTÍCULOS TÉCNICOS

### 28 Revisiones periódicas de la seguridad de las Centrales Nucleares españolas

La Revisión Periódica de la Seguridad (RPS) en las instalaciones nucleares españolas tiene por objeto la revisión integrada de la instalación desde el punto de vista de la seguridad nuclear y radiológica. Realizada por los titulares y evaluada por el organismo regulador, es un requisito normativo de obligado cumplimiento. Recientemente, la guía de seguridad del CSN ha sido revisada para adaptarla a la normativa más avanzada desarrollada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

### 50 Nueva aplicación de acceso público al sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper

España cuenta con un completo y consolidado sistema de vigilancia radiológica ambiental, que supervisa la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional.

### 56 La seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas

La seguridad física nuclear es la prevención, detección y respuesta de actos malévolos contra el material nuclear, otro material radiactivo y sus instalaciones y actividades asociadas.

- 66 Panorama
- 69 Acuerdos del Pleno
- 70 Publicaciones



Drones, la herramienta más eficaz para la ingeniería civil

# Topógrafos por todo lo alto



Los sistemas de aeronaves no tripuladas operadas por control remoto (RPAS), conocidos como drones, han llegado a las empresas constructoras para quedarse. Alcanzan lugares de difícil acceso para el hombre, abaratan trabajos de mapeo y de inspección en la obra civil o sirven de ayuda en labores de vigilancia. Sus posibilidades de trabajo son enormes, crecen de la mano de la tecnología y ganarán presencia según avance la legislación. El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, anticipó en el Congreso que la actividad de los drones generará un negocio de 10.000 millones de euros en Europa para 2035.

■ Texto **Susana Blázquez** | Periodista | ■

Los drones no nacieron ayer. Sus antepasados son una especie de globos dotados con cámaras fotográficas con temporizadores, usados en la Segunda Guerra Mundial para captar imágenes tras las líneas enemigas. Estos primitivos drones sólo volaban en una dirección y eran recogidos aprovechando las corrientes de aire. La idea sirvió a las empresas de defensa para desarrollar aeronaves operadas por control remoto, que abrieron las puertas para hacer la guerra a distancia. Gracias a ellas, los estrategias militares se han convertido

en analistas sentados en cómodos despachos, para vigilar a través de gigantes pantallas las imágenes recogidas en tiempo real por los drones que sobrevuelan las zonas en conflicto y llegan a derribar objetivos militares.

La tecnología de estos drones militares saltó a la seguridad para vigilar la frontera entre México y Estados Unidos, entre otros lugares, y llegó al mundo de la empresa privada. A principios de 2013, Gretchen West, vicepresidenta ejecutiva de la Asociación Internacional de Sistemas de Vehículos No Tripulados

(AUVSI, por sus siglas en inglés) aseguró que esta “tecnología ha sido perfeccionada a un punto tal que su uso se puede ampliar al área civil y al mercado privado con muchas aplicaciones”. La frase de Gretchen West se ha hecho realidad en los países más avanzados, gracias a la confluencia del desarrollo militar de los drones con el perfeccionamiento de los aviones de aerodelismo. “Incorporamos sensores (cámaras fotográficas o de infrarrojos, por ejemplo) y parte de la tecnología de los drones militares a los aviones de aerodelismo más sofisticados para hacer drones de uso civil. La evolución de la electrónica para abaratar y empequeñecer los componentes en los últimos años ha sido fundamental para poder hacerlo”, explica Jerónimo García, presidente de la Federación Española de Asociaciones de RPAS, y dueño de Aereodron.es.

### Uso en la ingeniería

Juan Lerma, presidente de Tecniberia, la Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos, asegura que “el sector de la ingeniería civil empezó a utilizar drones a principios de la década de 2000 en España para inspeccionar infraestructuras, tanto civiles como industriales, así como en el seguimiento visual de obra y para obtener imágenes aéreas para fotogrametría (imágenes 3D). Desde entonces, el uso de los drones se ha ampliado y extendido a muchos otros ámbitos”.

Typsa, la mayor ingeniería de obra civil y pública privada española, que participa en los AVE de Medina-La Meca, de Londres e India y en embalses y presas de Chile, México y Brasil, empezó hace cinco años, a utilizar el hexadrón (con seis hélices), dotados con cámara réflex convencional o con cámara termográfica (mide radiaciones infrarrojas). “Hemos sumado los drones a las herramientas que utilizamos tanto para



Los drones se han sumado a las herramientas de uso habitual de las empresas de ingeniería, tanto para el desarrollo de proyectos, como para el control y la vigilancia de las obras.





Las ingenierías de obra civil y pública consideran que el uso de drones permite agilizar mucho más el trabajo y ayudan en el ahorro de tiempos de ejecución y coste de operaciones. “Un dron es capaz de hacer en un día lo que, con técnicas tradicionales, se haría en cuatro o cinco días”, explican.

el desarrollo de proyectos, como para el control y la vigilancia de las obras”, cuenta Antonio Ruiz Domingo, director Territorial de Tyspa en la Región de Murcia.

Las constructoras también utilizan los drones en sus obras de ingeniería civil y mantenimiento de infraestructuras de todo tipo. Ferrovial lo hace desde hace unos cuatro años y Acciona, desde hace tres. Pero la explosión del mercado español ha llegado con el uso de los drones con cámaras de fotografía y de video para realizar tomas aéreas en labores de mapeo y para producir vídeos promocionales, películas de cine o simples escenas de bodas. Estos sencillos equipos empezaron a sustituir el trabajo

realizado hasta entonces desde los helicópteros, hundiendo los precios, y las empresas operadoras de drones florecieron.

### **Abaratamiento**

La consultora inmobiliaria Aguirre Arce, por ejemplo, que en 2001 pagó 150.000 euros por una avioneta para hacer análisis territorial con fotografías, había traspasado el 40% de esta actividad en 2014 a un dron de 1.500 euros. El abaratamiento del mantenimiento de los equipos iba en consonancia, desde 4.000 euros anuales de la avioneta hasta 400 euros del dron.

Y es que las ingenierías de obra civil y pública han superado el mero abarata-

miento de la tecnología de los drones. “El ahorro provocado por los drones viene por muchos caminos. Los drones ayudan en el ahorro de tiempos de ejecución y coste de operaciones. Al utilizar los drones en varias fases del trabajo se puede ahorrar en procesos que, anteriormente, eran diferentes para cada fase”, aclara Juan Lema.

Para el portavoz de Acciona, “los drones reducen los tiempos de captación de datos, lo que también reduce los costes. En toma de datos para cartografía, por ejemplo, los drones permiten hacer en una hora lo que antes requería dos o tres días de trabajo”. El uso de drones permite agilizar mucho más el trabajo. “En una carretera convencional,

# El uso de drones, según la normativa

■ Texto S. B. ■

España tiene una normativa que regula el uso de los RPAS (sistemas de aeronave no tripuladas operadas por control remoto) desde julio de 2014. La Ley 18/2014 regula el uso de los drones como herramienta de trabajo (filmación, topografía, vigilancia, fumigación, etc...) o de investigación, y recoge unos principios que deben ser respetados en el vuelo de drones.

1/ Independientemente del uso del dron y de su peso:

–No se pueden volar drones sobre ciudades y aglomeraciones de personas al aire libre, sean playas con gente, o campos de fútbol. Tampoco es posible grabar con drones las manifestaciones, fiestas o conciertos, excepto que tengan lugar en recintos completamente cerrados (incluyendo el techo), y con la autorización del propietario del mismo.

–No se pueden volar drones a una distancia mínima de 8 kilómetros de los aeropuertos, los aeródromos, los helipuertos o donde se realicen vuelos con otras aeronaves a baja altura, como las zonas de parapente, ultraligeros, paracaidismo, etc.

–No se pueden usar drones de noche.

–No se pueden sobrepasar los 120 metros de altura.

2/ El uso de drones de forma profesional:

–El operador de drones debe estar habilitada como operador de drones en la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). Los operadores de drones de hasta 25 kilos quedan acreditados con la presentación en AESA de una comunicación y declaración responsable, conforme al cumplimiento de todas las exigencias que marca la ley y la documentación que lo acredite. Para drones superiores a 25 kilos, los operadores están sujetos a que AESA revise la documentación y emita su autorización para poder iniciar su actividad.

–Un operador de RPAS necesita un certificado médico aeronáutico tipo II expedido por un médico aéreo auto-

rizado, un seguro de responsabilidad civil, un registro de matrícula y la documentación de la aeronave.

–Los pilotos de drones profesionales deben tener más de 18 años, y una licencia o certificado de piloto, de cualquier tipo, o acreditar que se tienen conocimientos teóricos necesarios para obtenerla.

3/ El uso de los drones como hobby:

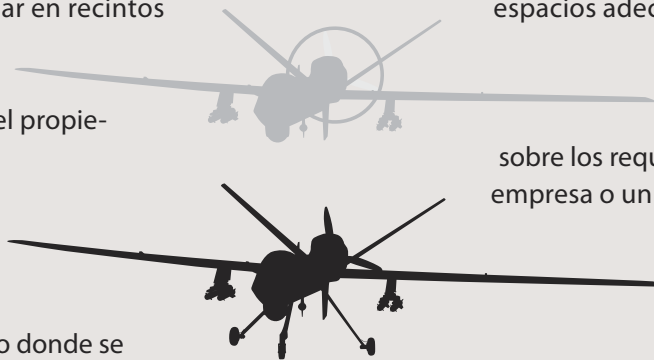
–En este caso no es necesario estar habilitado en AESA ni ser piloto de drones, pero sí hay que cumplir las normas de seguridad marcadas por la ley. El Ministerio de Fomento advierte de que “los drones no son juguetes, son aeronaves, y hay que utilizarlos en los espacios adecuados y respetando las medidas de seguridad”.

La AESA ha elaborado folletos informativos sobre los requisitos que debe cumplir una empresa o un particular para poder trabajar con drones. En ellos, recuerda a los usuarios finales que antes de contratar los servicios de un operador de drones debe verificar una serie de condiciones para asegurar

el cumplimiento normativo, y evitar posibles sanciones. En la web de AESA ([www.seguridadaerea.gob.es](http://www.seguridadaerea.gob.es)) hay un listado de operadores habilitados.

La AESA es el único organismo con competencias para autorizar operaciones con drones, y cualquier organismo, sea ayuntamiento, productora o cualquier tipo de asociación carece de competencias para autorizar operaciones con drones. La AESA puede imponer sanciones de 60 euros a 4,5 millones de euros, según la gravedad de la infracción.

De hecho, desde la entrada en vigor de la ley de 2014, la AESA ha abierto 135 expedientes sancionadores, con 119 sanciones que han oscilado de 360 a 21.000 euros, y que han sumado más de 600.000 euros. No ser un operador habilitado, no cumplir los requisitos relativos a la aeronave y sobrevolar zonas no permitidas han sido las principales causas de apertura de expedientes. ▶



por ejemplo, un dron es capaz de hacer en un día lo que con técnicas tradicionales se haría en cuatro o cinco días”, subraya Antonio Ruiz Domingo.

Las ventajas del uso de los drones no quedan ahí. Juan Lema añade que “la mejora fundamental de los drones es la disponibilidad inmediata del servicio. Con un vuelo convencional, es necesario esperar al permiso de navegación aérea, a que las condiciones meteorológicas permitan el vuelo y a reunir varios trabajos para rentabilizar el coste del uso del aparato. El dron es más flexible, permite decidir sobre la marcha si sale a volar o no, y da mucha más información para la toma de decisiones”.

### Explosión del mercado

La realidad de un mercado en rápido crecimiento obligó al Ministerio de Fomento a aprobar una regulación sobre drones a mediados de 2014 que, por su rapidez, fue restrictiva. A la vez, el ministerio prometió hacer otra regulación más abierta. Pero, incluso con esta legislación coja, el mercado se ha disparado. A finales de 2014, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) tenía inscritos 29 operadores habilitados para volar drones y la cifra se ha multiplicado casi por cien en tres años.

AESA tiene hoy registrados 2.626 operadores, que disponen de 4.125 drones y 3.558 pilotos. Las escuelas para pilotos de drones han crecido en consonancia y ya están registradas 73 escuelas certificadas que otorgan el título requerido por AESA, y 89 empresas (operadores y fabricantes) que imparten formación práctica.

Hay drones desde apenas medio kilo hasta más de 25 kilos, con forma de avión, helicóptero, multirroto y dirigible, depende del uso que se les quiera dar. El mercado ha crecido en todas direcciones. Algunas grandes empresas como TYPESA, Ferrovial o Acciona tie-



La explosión del mercado español ha llegado con el uso de los drones con cámaras de fotografía y de video para realizar tomas aéreas en labores de mapeo y para producir vídeos promocionales o películas de cine.

nen sus propios equipos, pero el grueso del mercado son micropymes que dan servicio de fotografía, topografía, inspección, seguridad, vigilancia, emergencias, investigación o publicidad aérea, y una buena parte del trabajo está subcontratado por ingenierías de obra civil.

*La mejora fundamental de los drones es la disponibilidad inmediata del servicio porque no es necesario esperar al permiso de navegación aérea*

El avance en la simple inspección de infraestructuras suma el evitar el riesgo de accidentes. “Un dron hace en un vuelo lo que antes obligaba a un hombre a subirse con cuerdas u otros sistemas para inspeccionar la chimenea de una fábrica o un gran puente. Los drones

también superan los tradicionales sistemas para inspeccionar las líneas eléctricas, una especie de bicicletas que transportaba a los inspectores por los tendidos y obligaba a cortar la electricidad”, recuerda Jerónimo García, que acaba de inspeccionar un silo de cemento con un dron, “algo peligroso para un hombre, dado que el silo mide 50 metros de alto por 15 de ancho y tiene un ambiente irrespirable que obligaba a usar bombonas de oxígeno”.

“Fundé Aérodron.es en 2015 para hacer inspecciones técnicas en empresas de ingeniería civil para hacer estudios de arqueología e informes de las cosechas para agricultura de precisión. Ahora, nos llaman de toda España; somos seis personas con seis drones de varios tipos y no podré escalar de forma importante hasta que no avance la legislación”, asegura Jerónimo García. Los operadores de drones no sólo tienen prohibido sobrevolar ciudades, concentraciones de personas o centrales nucleares. Para realizar operaciones nocturnas o vuelos que sobrepasen el alcance visual del piloto con drones de más de 2 kilos, deben realizar un estudio de seguridad

para lograr la autorización de la AESA.

La normativa que abrirá el mercado de los drones ya está en trámite y el ministro Íñigo de la Serna cree que podría estar aprobado en este año. Además, el titular de la cartera de Fomento ha prometido para el primer trimestre de 2018 la aprobación de un plan estratégico para impulsar el mercado de los drones. “Los drones tienen infinitas posibilidades. El hecho de que pueden ir equipados con cámara fotogramétrica, con sistema LIDAR (escanea las superficies), con sensores ambientales, o cualquier otro dispositivo, genera una gran flexibilidad de uso”, recalca el presidente de Tecniberia.

### **Inspecciones peligrosas**

Tan sofisticadas imágenes son tratadas por programas informáticos de ingeniería para realizar cálculo de estructuras, auscultaciones de edificios o infraestructuras, rehabilitaciones, mantenimiento de líneas eléctricas, topografía, auditorías energéticas con termografía aérea, o mantenimiento de parques eólicos y fotovoltaicos. TYPESA tiene diez drones y ha olvidado los tiempos en que debía utilizar avionetas para controlar obras. “También los utilizamos para realizar inspecciones difíciles donde haya peligro para las personas o se necesite de elementos auxiliares, no siempre disponibles. En el campo del medio ambiente, con los filtros adecuados, podemos determinar grados de contaminación y otros parámetros”, explica Antonio Ruiz Domingo.

Las ingenierías han unido las posibilidades de los sensores de

## **¿Cuándo sobrevolarán urbes?**

La posibilidad de que un dron caiga sobre los viandantes prohíbe utilizarlos en las ciudades. Los drones carecen de ojos y no tienen inteligencia para evitar obstáculos imprevistos, como una simple paloma o un inhibidor de frecuencias que provocarían su caída. Los desarrolladores trabajan para superar este problema. “Una de las medidas de seguridad que han empezado a usar es la instalación de paracaídas en los drones para evitar que caiga a plomo, en caso de accidente”, cuenta Roger Perciva, director de Drones Post, que recuerda avances para sobrevolar personas, como “el permiso obtenido por CNN de la agencia de seguridad estadounidense, para volar drones de apenas 600 gramos y sin paracaídas”.

El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, habló el pasado 24 de octubre en el Parlamento de la legislación que abrirá las puertas urbanas a los drones. El ministerio tiene el borrador del real decreto que permitirá operar con drones en las ciudades, de forma controlada. En él se recoge que la administración dará permiso urbano a drones de hasta diez kilos de peso (incluido equipamiento, como cámaras de video), que no podrán alejarse a más de 100 metros del piloto, ni superar los 120 metros sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de los 600 metros desde la aeronave. Estas operaciones, deberán realizarse en zonas acotadas al paso de personas o vehículos, y manteniendo una distancia horizontal mínima de 150 metros con edificios u otro tipo de estructuras, y de 50 metros respecto de cualquier persona, salvo que estén involucrados en el desarrollo de la operación. La nueva legislación abre la puerta a otras posibilidades fuera de las urbes como volar de noche.

La Unión Europea, por su parte, desarrolla una normativa que podría llegar en 2018. ▀

captación de imágenes con un *software* especializado para obtener modelos 3D. “Ahora podemos hacer nosotros mismos levantamientos topográficos de terreno mediante sistemas que simulan los pares estereoscópicos y que proporcionan el terreno 3D. Esto permite poder cubicar un desmonte o un terraplén con unas pocas fotografías, o bien algo que siempre ha sido un quebradero de cabeza para los topógrafos, como es medir acopios de materiales peligrosos (azufre, chatarra, etc.), excavaciones en préstamos, entre otras obras”, explica Antonio Ruiz Domingo.

Acciona utilizó drones para usos topográficos en 2015 por primera vez para la B-40 (Autovía Orbital de Barcelona). “Esta tecnología agiliza mucho el proceso de toma de datos, ya que permite cubrir en una hora 60 a 70 hectáreas, frente a las 2 o 3 Ha/día, antes realizadas con los métodos tradicionales”, puntualiza el portavoz de la constructora, que detalla el uso de drones para “el mantenimiento de plantas de generación de energía, tanto solar como eólica, por ejemplo, empleando cámaras termográficas para detectar de manera rápida posibles errores”, dado su enorme negocio de renovables.

Ferrovial dispone de 16 drones repartidos por diferentes países, desde España o Reino Unido pasando por Australia hasta los Estados Unidos, que cubren las necesidades de la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras. En su centro Digital HUB reciben todas las experiencias para compartirlas y asesorar las soluciones de los futuros pro-

## Drones, para el control y vigilancia de obras civiles por tierra, mar y aire



yectos. Su filial británica Amey está desarrollando un dron híbrido para tener un dispositivo de precisión de largo alcance, que embarcar todo tipo de sensores, incluso para evadir obstáculos.

“El futuro del uso de los drones es una cuestión más de creatividad que meramente de técnica. Se trata de adaptar una tecnología disponible y en crecimiento a nuevos usos. Por ejemplo, en Acciona estamos trabajando mucho en generalizar su uso en túneles para inspección y auscultación de los mismos (detección de grietas, filtraciones...). En el sector inmobiliario, por ejemplo, un

dron puede servir para mostrar a los clientes cómo serán las vistas de su casa, incluso aún antes de que esta esté termi-

*Los drones son más baratos y rápidos que los medios tradicionales y evitan el riesgo de accidentes en espacios de difícil acceso*

nada de construir”, predice el portavoz de Acciona.

La última innovación de TYPESA en este campo ha sido incorporar un dron submarino. “Lo estamos utilizando en el control de emisarios submarinos en la Región de Murcia, y en una mañana es capaz de hacer un trabajo que con buzos se tardaría mucho más tiempo. Tenemos previsto comprar un dron de ala, tres o cuatro veces más rápido que los drones con hélices”, asegura Antonio Ruiz Domínguez, que trabaja para introducir mejoras en los drones, especialmente en el GPS y en la maniobrabilidad. ©

Ramón López de Mántaras recuerda que, a los 17 años, le impresionó la llegada de Armstrong a la Luna y que su profesor de física le dijo “es posible gracias a la electrónica”. Así que estudió ingeniería electrónica y luego se doctoró en Francia con una tesis de Física en especialidad automática. A día de hoy es uno de los expertos mundiales más reputados en Inteligencia Artificial (IA) y director

del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en Barcelona. Sus principales campos de investigación son el razonamiento basado en casos, los robots autónomos capaces de aprender con su entorno físico (‘Developmental Robotics’) y la inteligencia artificial aplicada a la música.

Ramón López de Mántaras, director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA) del CSIC

# “El gran reto de la Inteligencia artificial es cómo dotar de sentido común a las máquinas”

■ Alicia Rivera / Periodista Miguel G. Rodríguez / Fotografía ■

La Inteligencia Artificial (IA) está ya presente en nuestras vidas, en las fábricas, en la telefonía móvil, en las finanzas... Pero, “no estamos en el umbral de la superinteligencia artificial que algunos proclaman”, advierte este experto. Ramón López de Mántaras, que ha recibido este año el Premio Donald E. Walker de la Unión de Conferencias Internacionales de IA (IJCAI, por sus siglas en inglés), y cuenta con los galardones Robert S. Englemore (Asociación Americana de Inteligencia Artificial, en 2011) y EurIA (Asociación Europea de Inteligencia Artificial, en 2016), aborda la IA como potente desarrollo científico y tecnológico, pero también como una revolución con profundas implicaciones sociales, económicas y éticas que es imprescindible tener muy presentes.

**PREGUNTA.** La Inteligencia Artificial (IA), antes un recurso de la ciencia ficción y un ámbito de investigación científica, está ahora presente en el debate so-

cial, económico, laboral... ¿Coincide la idea que la gente tiene de la IA con el concepto de los expertos?

**RESPUESTA.** No. La gente cree que con la IA se va a poder hacer de todo. Cuando una máquina que juega al *Go* y gana, con tanta repercusión mediática y cuando hay expertos (en este campo y en otros, como Stephen Hawking y Bill Gates) que dicen que, en 25 o 30 años, la IA superará en mucho a la inteligencia humana, la gente cree que estamos en el

“Los sistemas de Inteligencia Artificial, por ejemplo, son capaces de predecir enfermedades con mayor antelación que los médicos, es decir, que los humanos.”

umbral de las superinteligencias artificiales. Pero, la realidad es otra muy distinta cuando estás en la cocina de estas tecnologías e investigaciones. Tenemos inteligencias artificiales específicas, pero hay que tener en cuenta que esa máquina que juega al *Go*, ese *software*, no sabe jugar a las damas, o al parchís. Mucha gente cree que es una inteligencia superpotente y genérica, como la humana, que puede hacer muchas cosas distintas y ahí está la diferencia: ahora tenemos IA débil, que es específica y sabe hacer muy bien una cosa; la IA fuerte, de la que se habla hace años, es un término que introdujo el filósofo John Searle y se refiere a máquinas que tendrían estados mentales, como nosotros, consciencia, deseos, objetivos, intuiciones... Como la inteligencia biológica. La hipótesis es que la inteligencia puede aparecer en un sustrato biológico o en otro que no lo sea. Pero es una hipótesis, no se sabe si se producirá algún día.

**P.** ¿En qué plazos de tiempo tiene sentido abordar la IA del futuro?

**R.** La IA fuerte no la veo posible en un plazo razonable y no quiero especular a más de 15 o 20 años, porque no tenemos argumentos sólidos para ello. Pero tampoco estoy seguro de que se vaya a alcanzar nunca la IA fuerte que se plantea en la ciencia ficción. Insisto en que lo que tenemos ahora en las empresas y en los laboratorios es IA débil: máquinas que

hacen muy bien una cosa, pero solo una.


**P.** ¿Cómo define la Inteligencia Artificial?

**R.** Hacer que las máquinas hagan cosas, ejecuten tareas, que estemos todos de acuerdo que para hacerlas hace falta ser inteligente. Jugar al ajedrez, sí, pero los humanos hacemos un abanico muy amplio de cosas, somos versátiles, mientras que las máquinas son muy buenas sólo en realizar aquellas tareas para las que han sido específicamente diseñadas: jugar a al

ajedrez o al Go, o diagnosticando enfermedades, etcétera. Aún no sabemos cómo diseñar una máquina capaz de realizar un amplio abanico de tareas completamente distintas unas de otras.

**P.** ¿Cuál es su ejemplo favorito actual de Inteligencia Artificial?

**R.** Todo lo que tiene que ver con los juegos resulta muy mediático, pero a mí me gustan más las aplicaciones en el campo de la salud, que son fabulosas.



López de Mántaras es doctor en Física e Informática y uno de los pioneros en España en el uso y la investigación de los procesos para hacer máquinas inteligentes, así como un destacado experto a nivel Europeo.

Los sistemas de IA, por ejemplo, son capaces de predecir enfermedades con mayor antelación que los médicos, es decir, que los humanos. En una Unidad de Cuidados Intensivos, los pacientes están monitorizados con instrumentos que miden constantes de todo tipo. Un sistema de IA, mediante el análisis masivo de datos, es capaz de predecir con mayor antelación que un médico, adelantándose hasta cuatro horas, la evolución de un paciente que puede tener una crisis cardiaca grave.

**P.** Pero la máquina no sabe jugar al ajedrez con el médico...

**R.** No, no sabe. Y, además, para diagnosticar otra cosa, algo que no sea cardiología, hay que empezar a reprogramar desde cero muchísimas cosas, porque la máquina no es versátil.

**P.** ¿Por dónde van ahora las investigaciones punteras en IA?

**R.** Hay resultados espectaculares en lo que se denomina aprendizaje profundo. Lo que ya hacen muy bien las máquinas de IA es aprender, pero no cualquier cosa, no es algo tan genérico como el aprendizaje humano. Las máquinas son fabulosas aprendiendo todo lo que tenga que ver con patrones, ya sean señales sonoras, electrocardiogramas o imágenes. Por ejemplo, hay grandes resultados de IA en la detección de tumores en imágenes médicas, buscando patrones.

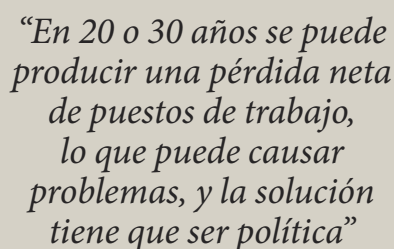
**P.** Así que la IA, aunque sea débil, es ya una realidad en nuestro entorno diario.

**R.** Sí. Por ejemplo, en el teléfono móvil, los asistentes personales están basados en IA. Y cuando hacemos una llamada, el encaminamiento (por qué antenas va esa llamada, por qué ordenadores, etcétera) también está basado en algoritmos de IA para que haya comunicación enseguida. Y en los juegos de ordenador, las acciones de los personajes que el jugador no controla (*non player characters*) no son aleatorias, sino que están controladas por algoritmos de IA y ha-

cen cosas razonables e inteligentes. En música, los sistemas recomendadores, pero también en los sistemas de ayuda al compositor, o al arquitecto... ¡La IA está ya en tantos sitios!

**P.** Y dentro de unos pocos años, ¿dónde la vamos a encontrar?

**R.** Dentro de entre 10 y 15 años, por ejemplo, los coches con alto grado de autonomía (nivel 3 o quizá 4 sobre un máximo de 5 según la clasificación de la Sociedad de Ingenieros de Automoción internacional) serán una realidad. Y no me refiero a una realidad como la del coche Tesla (cuyo nivel de autonomía es 2), que se estrelló porque el conductor lo puso en automático y se dedicó a otras cosas, pese a que el propio fabricante advierte que has de estar en todo momento atento y listo para tomar el control de la conducción. Me parece que Elon Musk se



*“En 20 o 30 años se puede producir una pérdida neta de puestos de trabajo, lo que puede causar problemas, y la solución tiene que ser política”*

ha precipitado poniendo a la venta un coche con la opción de dar al botón de automático total cuando los sensores, cámaras, etcétera, dan todavía muchos falsos positivos y falsos negativos. La visión artificial y los sensores que controlan la conducción de un coche automático todavía no son elementos avanzados como para que el conductor se ponga a ver una película mientras el coche circula solo.

**P.** Pero, llegará...

**R.** Sí, llegará. Creo que en 10 o 15 años el coche autónomo será suficientemente robusto, por no hablar de camiones en entornos controlados.

**P.** Eso supondrá un cambio tremendo en los hábitos sociales.

**R.** Sí. Los coches autónomos van a cambiar el concepto de propiedad del coche, porque no tendremos vehículo propio. El coche particular está ahora, por lo menos, aparcado 20 horas cada día. El coche autónomo, primero te llevará al trabajo, luego a los niños al colegio, y cuando no haga falta, en lugar de estar aparcado, dará servicio a otras personas y pasará a recogerte al final de tu jornada... Habrá flotas de coches disponibles para todos, pagando un abono mensual, por ejemplo. Cambiará la movilidad y se estima que habrá muchos menos accidentes.

**P.** Un debate social emergente plantea si los robots con IA van a arrinconar al ser humano en el mundo laboral generando desempleo masivo. ¿Cuál es su visión?

**R.** Hay peligro. Se está hablando de la cuarta revolución industrial. En las anteriores se crearon puestos de trabajo que compensaron, incluso de sobra, la pérdida de puestos de trabajo tradicionales. Pero ahora, a la velocidad a la que está evolucionando la IA y la informática en general, afectando a todos los sectores, no veo claro que los nuevos puestos de trabajo que se vayan a crear compensen a los que se pierdan. La probabilidad de que haya una disminución neta de empleo es significativa. En 20 o 30 años se puede producir una pérdida neta de puestos de trabajo, lo que puede causar problemas, y la solución tiene que ser política.

**P.** ¿En qué sentido?

**R.** La gran batalla será por la distribución de los beneficios y no me parece lógico que solo unos cuantos se beneficien de la automatización creciente, por lo que habrá que establecer una renta básica como instrumento de redistribución. Ello requerirá que, entre otras cosas, los empresarios tengan que cotizar



# Las personas, por encima de las máquinas

■ Texto A. Rivera | Periodista ■

Hace unos meses se firmó en Barcelona, en una reunión de un centenar de expertos en Inteligencia Artificial de varios países europeos, una Declaración que reclama poner a las personas por encima de las máquinas y alerta del riesgo de un uso inapropiado, prematuro o malicioso de la IA.

“Fui uno de los promotores de ese manifiesto. Y es necesario. Ya se están haciendo cosas que eliminan al ser humano del bucle de decisiones de la IA. Hay que tener cuidado con esto, no se puede hacer alegremente”, advierte López de Mántaras. Y está la cuestión de la rendición de cuentas y la responsabilidad: “Si algo va mal, ¿contra quien voy?”, plantea este experto. “Si un coche es completamente autónomo, por ejemplo, no se puede decir, en caso de accidente, que el conductor es el responsable, porque no será más que un ocupante más del vehículo”. Además, “las limitaciones de la IA todavía –y a corto y medio plazo– son muy grandes... En la Declaración de Barcelona decimos que queremos que el ser humano sea siempre imprescindible y que hay que ir hacia equipos humano/máquina”.

López de Mántaras defiende la simbiosis humano/máquina frente a cualquiera de las otras dos



El androide Asimo dio la bienvenida a los Reyes de España en su visita al Museo de la Ciencia Emergente y la Innovación (Miraikan), durante su visita a Japón del pasado mes de mayo.

opciones separadas (hombre o máquina)”. La Declaración de Barcelona recomienda establecer “unas reglas claras, que restrinjan los comportamientos de los sistemas de IA autónomos”. ¿Qué reglas serían y quién las establecería?

“En Barcelona, no se analizó con ese nivel de detalle. Empieza a haber gente en IA, en el llamado diseño regi-

do por valores, que busca maneras de incorporar valores en el *software*. Pero, ¿qué valores? ¿Los del programador? ¿Los del conjunto de programadores que desarrollan el sistema? ¿Los del organismo al que pertenecen los investigadores?”, se pregunta López de Mántaras. Estaría bien, dice, un sistema que, por ejemplo, evitase el reenvío por redes sociales de mensajes racistas o coches que asuman totalmente la autonomía de la conducción si el conductor está borracho o dormido.

“Se podría hacer una normativa que determinase que, en ciertos casos, la autonomía completa de la IA es deseable y en otros no. Algunos valores pueden ser consensuados por un organismo internacional, pero es complicado”, reconoce. “Conviene llamar la atención sobre esto y no caer en la rutina de que, si esto lo puedo automatizar al cien por cien, pues lo hago... Por lo menos habría que valorarlo o consultarlo con algún organismo independiente y que se cumplan unos criterios”.

por la utilización de robots (lo que algunos, equivocadamente, llaman “que coticen los robots”). Hay un aumento de la productividad y un beneficio neto que hay que distribuir o la sociedad se hace inestable y puede afectar a la paz social. Además, una renta básica universal evitaría que disminuya el consumo. Por

otra parte, muchas empresas por todos conocidas se enriquecen gracias a los datos que les damos todos en Internet y en las redes sociales, y usan ingeniería fiscal para evitar pagar los impuestos que deberían. ¿Y no van a dar nada a cambio a la sociedad? Es ilógico e insolidario.

**P.** Usted ha hecho advertencias contra la utilización de la IA en el mundo de las finanzas, en las bolsas. ¿En qué consisten esos peligros?

**R.** En el *High Frequency Trading* se compra y vende en microsegundos, el *software* se adueña del mercado y el ser humano ya no puede ni entrar: es un

*software* compitiendo con otro *software* en la bolsa, unos más eficaces que otros. Son autómatas cien por cien, no hay seres humanos más allá de los que lo han diseñado, con sus sesgos y criterios. Estas cosas me molestan y me preocupan, como me preocupan los drones armados que pueden decidir de forma completamente autónoma cuál es el objetivo al que disparar. Eso elimina al ser humano del sistema. No es como los sistemas *on de loop* (el humano supervisa el sistema y siempre puede pararlo) o *in the loop* (el humano toma las decisiones en base a los datos que suministra la máquina). Cuando eliminas totalmente a las personas (*out of the loop*) es cuando hay que andar con cuidado, porque esos sistemas de *software* no tienen valores como nosotros, ni sentido común. Me preocupa cuando quitas al ser humano del bucle de decisión y esa decisión puede tener efectos devastadores para la sociedad, para las personas.

**P.** Parece que la IA está inmersa en cuestiones éticas.

**R.** Son imprescindibles. Todos los investigadores tenemos que plantearnos cuestiones éticas y cada vez con más frecuencia.

**P.** ¿Quién está más avanzado en IA: EE.UU., Europa o China?

**R.** Globalmente, EE.UU.; quizá no tanto en el mundo académico, pero sí en cuanto a la innovación en las empresas. Las compañías más avanzadas del mundo en IA están en EE.UU. China también va bien, está poniéndose al día muy rápido y tiene gente muy brillante. Europa está muy bien a nivel académico, es muy competitiva, y algunos países también en empresas, pero otros no. En Europa no tenemos ni de lejos empresas tan potentes como Google, Amazon, Facebook, Microsoft o Apple.

## Sector nuclear

### –Los robots se utilizan en trabajos en entornos peligrosos, como en el sector nuclear. ¿Es útil la IA?

–Muchos de los robots que se utilizan ahora son todavía telecontrolados, pero más adelante sí que serán autónomos. Los telecontrolados tienen limitaciones porque, por ejemplo, en un accidente nuclear grave es posible que no haya conexión inalámbrica con el robot, o que sea deficiente, y el operador tiene que estar cerca de la máquina, lo cual puede ser peligroso. Hay situaciones en las que la autonomía de un robot es fundamental y en este campo, con la IA, vamos a ofrecer soluciones.

### –¿Y en la gestión rutinaria de una central nuclear, puede servir la IA para prevenir o evitar accidentes?

–Igual que un sistema experto que recibe señales de los pacientes cardiovasculares en la UCI puede anticipar problema adelantándose al médico, podemos extrapolar la situación a una central nuclear, ya que está muy monitorizada con sensores, y que un sistema de IA pueda advertir con más antelación que el humano del riesgo de una avería grave o de un accidente. Si en lugar de media hora dispones de cuatro para actuar y poner en marcha los estrictos protocolos de seguridad, la ganancia es extraordinaria. Esto es factible y en un plazo relativamente corto. ▶

**P.** ¿Y en España?

**R.** Estamos más o menos en ese patrón europeo: académicamente estamos muy bien, a pesar de todas las trabas burocráticas, administrativas y de todo tipo que la Administración pone para investigar. Es terrible; con todas esas trabas es como si corriéramos los cien

metros lisos, pero en la calle donde corre España hubiera vallas, y aún así nuestro Gobierno espera que ganemos medallas. Sobresalir internacionalmente en España haciendo cinescopia en el sector público tiene mucho mérito. Pero estamos muy mal en cuando a un tejido empresarial potente, innovador. Hay bastantes pequeñas empresas que son mucho más innovadoras que las grandes y, gracias a ellas, el paso de los resultados del mundo académico a la rentabilidad económica es bastante rápido en algunos casos. Nuestro instituto ha creado ya tres empresas.

**P.** ¿Cuántos investigadores trabajan en el IIIA?

**R.** Unos 60, en tres grandes áreas: Sistemas Multiagentes, Sistemas de Aprendizaje y Modelos de Razonamiento y Lógica Matemática.

**P.** ¿Qué necesita la investigación en España?

**R.** Sería importante que hubiera pronto un Gobierno para el que la ciencia no fuera solo importante en los discursos de los políticos, sino que los hechos corroboraran lo que dicen, que no hubiera más recortes en ciencia y que, vista la importancia de la IA, que tuviera un tratamiento prioritario como ocurre en países de nuestro entorno, donde se han definido programas nacionales especiales para incentivar la I+D en IA. Hace falta un apoyo de financiación importante a la ciencia básica en general, de la que no sabes de antemano qué va a salir de ella ni a qué se va a aplicar: cuando se descubrió el láser, por ejemplo, nadie sabía para qué iba a servir. Y necesitamos una gestión del sistema de ciencia mucho más ágil, porque la actual burocracia es insostenible. En el CSIC, por ejemplo, unas muy recientes directrices del Ministerio de

temano qué va a salir de ella ni a qué se va a aplicar: cuando se descubrió el láser, por ejemplo, nadie sabía para qué iba a servir. Y necesitamos una gestión del sistema de ciencia mucho más ágil, porque la actual burocracia es insostenible. En el CSIC, por ejemplo, unas muy recientes directrices del Ministerio de

Hacienda hace que comprar cosas tan banales como bolígrafos o papel sea extraordinariamente complicado y tardamos varias semanas en tenerlos en nuestras mesas. ¡Y no hablemos de comprar ordenadores! Ahora mismo todo el proceso de compra puede tardar seis meses: imagínese el problema que eso representa en un instituto en el que investigamos en informática.

**P.** ¿En qué sectores industriales está ya metida la IA y cuales serán los próximos?

**R.** En todo lo que tiene que ver con producción y control de calidad de dispositivos y aparatos hay mucho ya hecho. También en comercio electrónico, sistemas recomendadores... En el futuro, el sector servicios estará cada vez más automatizado y vamos a ver más y más IA: agencias de viajes, cajeros de supermercados, etcétera. También el sector del transporte, debido a los vehículos autónomos.

**P.** ¿Cuáles son los mayores retos de la IA actualmente?

**R.** Desde hace un tiempo, el gran reto es cómo dotar de sentido común a las máquinas, porque esa es la clave para que sean más generalistas y no tan específicas. Sentido común entendido como ese conocimiento que todos tenemos y que no hemos aprendido en libros o en la universidad, sino en base a nuestra experiencia y vivencias. Por ejemplo, imagínese que tiene un robot en casa, dentro de 20 años, que hace las camas, cocina, limpia... Hace todas las tareas del hogar. Usted se va a trabajar por la mañana y encarga al robot que, para cuando regrese, quiere tener lista una cena rica en proteínas. El robot es muy inteligente y muy eficaz cumpliendo sus ordenes, pero ni en la nevera ni en la despensa hay carne... Cuando llega a casa hay un plato delicioso humeante sobre la mesa, pero ha desaparecido su gato. Eso es el sentido común: todos



En opinión de López de Mantarás, el mayor reto en la actualidad en Inteligencia Artificial es “dotar a las máquinas de sentido común”, algo que, según este especialista, no ocurrirá a corto plazo.

sabemos que el valor sentimental del gato para usted o para mi es mucho más importante que su valor nutritivo. Si un robot tiene sentido común y unos valores alineados con los suyos, nunca le cocinará el gato. Espero que el reto de do-

tar de sentido común a las máquinas se logre, aunque me temo que no será en 15 o 20 años, sino a más largo plazo. Porque, el sentido común nos permite, nada más y nada menos, que comprender el mundo en que vivimos. ©