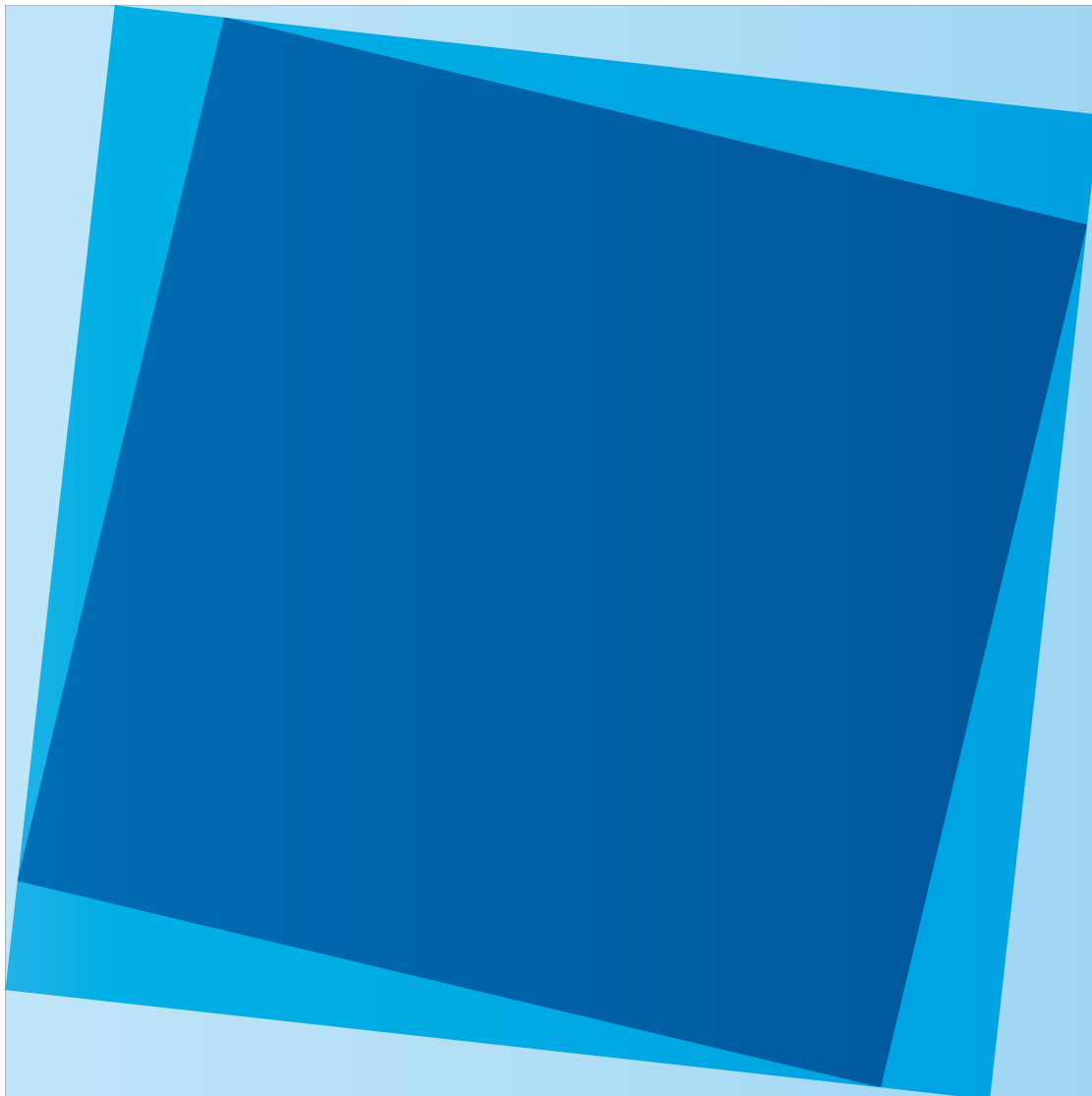


¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente



**Robótica: una década
de transformaciones**

Daniela Rus



Daniela Rus
MIT-Massachusetts Institute
of Technology

Daniela Rus es profesora Andrew (1956) y Erna Viterbi de Ingeniería Eléctrica y Ciencias Informáticas y directora del Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL) del MIT. Sus áreas de interés son la robótica, la inteligencia artificial y la ciencia de datos. Su trabajo se centra en desarrollar la ciencia y la ingeniería de la autonomía con el objetivo a largo plazo de hacer posible un futuro en el que las máquinas estén integradas en el día a día y ayuden a las personas en tareas cognitivas y físicas. Con su investigación, busca acortar algunas de las brechas entre la situación actual de los robots y la promesa de robots ubicuos, lo que se traduce en aumentar la capacidad de las máquinas de razonar, aprender y adaptarse a tareas complejas en entornos humanos, desarrollar interfaces intuitivas entre robots y personas y crear herramientas necesarias para desarrollar y fabricar nuevos robots de manera veloz y eficiente. Rus es profesora asociada del Quest for Intelligence Core del MIT y directora del centro de investigación conjunta Toyota-CSAIL, dedicado al desarrollo de IA y sus aplicaciones en vehículos inteligentes. También forma parte del consejo asesor del Instituto de Investigación de Toyota. Asimismo, ha sido becaria MacArthur, ACM, AAAI y IEEE y es miembro de las academias estadounidenses de Ingeniería y de Artes y Ciencias. En 2017 recibió el premio Engelberger Robotics de la Robotics Industries Association. Se doctoró en Ciencias Informáticas en la Universidad de Cornell.

Libro recomendado: Markoff, John (2015): *Machines of Loving Grace* [Máquinas misericordes]. Nueva York, Harper Collins Publishers.

Al personalizar y democratizar el uso de las máquinas, los robots saltan a la palestra. Puede que su integración exhaustiva en la vida cotidiana suponga que todo el mundo pueda depender de ellos como apoyo para sus tareas físicas, del mismo modo que ahora dependemos de aplicaciones para tareas informáticas. A medida que los robots vayan pasando de nuestra imaginación a nuestras casas, oficinas y fábricas, se irán convirtiendo en colaboradores que nos ayuden a hacer mucho más de lo que hacemos solos. Los robots añadirán infinitas posibilidades a cómo nos movemos, qué construimos y dónde, e incluso a los materiales que usamos para crear cosas.



Imaginemos un futuro en el que los robots estén tan integrados en el devenir de la vida humana que sean tan habituales como los teléfonos inteligentes hoy en día. El campo de la robótica podría mejorar enormemente nuestra calidad de vida en los ámbitos laboral y doméstico, y también nuestros juegos, proporcionándonos apoyo tanto en labores cognitivas como físicas. Los robots llevan años ayudando a los seres humanos a realizar tareas peligrosas, desagradables o tediosas, y han permitido explorar entornos de difícil acceso, entre ellos las profundidades marinas o el espacio exterior. Cada vez habrá más robots capaces de adaptarse y de aprender e interactuar cognitivamente con los seres humanos y con otras máquinas.

Los rápidos avances tecnológicos de la pasada década han convertido la informática en algo indispensable que ha transformado nuestra forma de trabajar, vivir y jugar. La digitalización de casi todo, unida a los avances en robótica, nos promete un futuro en el que se democratice y personalice a gran escala el acceso a máquinas muy complejas. La capacidad de los robots va en aumento, ya que pueden llevar a cabo cálculos más difíciles y relacionarse con el mundo mediante sensores cada vez más precisos y activadores de mejor calidad.

Nuestro mundo conectado, con muchos robots personalizados que trabajan junto a las personas, ya está creando nuevos empleos, mejorando la calidad de los existentes y ahorrándole a la gente tiempo para que pueda dedicarse a lo que considera interesante, importante y estimulante. Los robots ya son nuestros colaboradores en entornos industriales y domésticos. Cooperan con los seres humanos en fábricas y quirófanos. Nos cortan el césped, aspiran el suelo e incluso ordeñan nuestras vacas. Dentro de pocos años estarán presentes en todavía más aspectos de nuestra vida.

Al desplazarnos al trabajo en coches sin conductor podremos leer, devolver llamadas, ponernos al día de nuestros *podcasts* favoritos e incluso echar un sueñecillo. El coche-robot también servirá de ayudante, puesto que nos dirá qué necesitamos hacer, planificará los trayectos para que podamos realizar todas nuestras tareas y utilizará la información sobre tráfico más actualizada para evitar las vías más congestionadas. Los coches sin conductor ayudarán a reducir las víctimas de los accidentes en carretera, mientras que las carretillas elevadoras autónomas podrán ayudar a eliminar las dolencias de espalda que produce levantar pesos. Quizá los robots cambien algunos empleos actuales, pero, en general, sus contribuciones a la sociedad pueden ser muy positivas. Los que cortan el césped o limpian piscinas han cambiado la forma de realizar estas tareas. Los robots pueden ayudar a la humanidad a solucionar problemas de todo tipo.

La robótica no aspira a sustituir a los seres humanos mediante la mecanización y la automatización de tareas, sino a encontrar formas de colaboración más eficaz entre robots y personas. **A los primeros se les dan mejor labores como procesar números y moverse con precisión. Y pueden levantar objetos mucho más pesados. Nosotros, los seres humanos, somos mejores que los robots en razonar, definir conceptos abstractos, hacer generalizaciones o en especializarnos gracias a nuestra capacidad para aprovechar experiencias anteriores. Si colaboran, los robots y los seres humanos podrán aumentar sus capacidades y complementarse mutuamente.**

Una década de progresos hacia la autonomía

Los avances de la robótica durante la última década han demostrado que hay aparatos robotizados que pueden mover y manipular a personas e interactuar con ellas y con su entorno de forma singular. Las capacidades locomotoras de los robots se basan en la enorme disponibilidad de sensores precisos (por ejemplo, escáneres láser) y de motores de alto rendimiento, y en el



desarrollo de complejos algoritmos que permiten cartografiar, localizar, planificar desplazamientos y orientarse mediante coordenadas. Los avances en el desarrollo de cuerpos robóticos (maquinaria) y cerebros robóticos (programas) permiten multitud de nuevas aplicaciones.

Las capacidades de los robots las define el estrecho acoplamiento entre su estructura física y el programa informático que acoge su cerebro. Por ejemplo, un robot volante debe estar dotado de un cuerpo capaz de volar y de algoritmos que controlen el vuelo. Los robots actuales pueden realizar desplazamientos sencillos de carácter terrestre, aéreo y acuático. Reconocen objetos, cartografían nuevos entornos, realizan operaciones de recogida y colocación, aprenden a mejorar el control, imitan movimientos humanos sencillos, adquieren nuevos conocimientos e incluso pueden coordinarse entre sí. Por ejemplo, en el **campeonato anual de fútbol para robots llamado RoboCup** se observa cómo se comportan los últimos robots y algoritmos diseñados para practicar ese deporte.

Los últimos avances en materia de unidades de memoria, la magnitud y el rendimiento de internet, la comunicación inalámbrica, las herramientas de diseño y fabricación, así como el poder y la eficacia de la electrónica, todo ello unido al incremento en todo el mundo del almacenamiento de datos, han influido de múltiples maneras en el desarrollo de la robótica. Los costes de la maquinaria están bajando, las piezas electromecánicas son más fiables, las herramientas para fabricar robots, más versátiles, los entornos informáticos, más accesibles, y los robots pueden acceder al conocimiento mundial almacenado en la nube. Podemos empezar a imaginar el salto desde el ordenador personal al robot personal, que generará multitud de situaciones en las que robots omnipresentes colaborarán estrechamente con los seres humanos.

La robótica no aspira a sustituir a los seres humanos mediante la mecanización y la automatización de tareas, sino a encontrar formas de colaboración más eficaces entre robots y personas

El transporte es un magnífico ejemplo. Es mucho más fácil mover a un robot por el mundo que construir un robot que interactúe con él. En la última década, los considerables avances en materia de algoritmos y maquinaria nos han permitido imaginar un mundo en el que el movimiento de personas y bienes se realice de forma mucho más segura y práctica a través de una flota optimizada de vehículos sin conductor.

En un solo año, los estadounidenses recorren en coche casi 50 millones de kilómetros.¹ A una media de 96 km/h, eso supone prácticamente 50.000 millones de horas al volante.² Esa cifra aumenta exponencialmente si tenemos en cuenta el resto del planeta. Pero el tiempo que pasamos al volante no está exento de riesgos. **En Estados Unidos se produce un accidente de coche cada cinco segundos.**³ En todo el mundo, las lesiones producidas por accidentes de tráfico constituyen la octava causa de muerte y cada año producen la pérdida de **1,24 millones de vidas.**⁴ Además de este terrible coste en vidas humanas, esos accidentes arrojan una enorme factura económica. Según la Agencia Nacional para la Seguridad en Carretera (NHTSA, por sus siglas en inglés), en Estados Unidos su coste asciende a unos 277.000 millones de dólares al año.⁵ Hacer mella en esas cifras constituye un enorme desafío, al que no podemos dejar de enfrentarnos. Los vehículos sin conductor podrían acabar con los accidentes de tráfico.

Imaginémonos que los coches pudieran aprender... a conducir como nosotros... a no ser nunca responsables de una colisión... a saber qué necesitamos al volante. ¿Y si pudieran convertirse en colaboradores fiables, en colaboradores capaces de ayudarnos a transitar



por carreteras difíciles, sustituirnos cuando estuviéramos cansados e incluso convertir el tiempo que pasamos en el coche en algo... divertido? ¿Y si nuestro coche pudiera saber que tenemos un mal día, pusiera nuestra música favorita y nos ayudara a relajarnos mientras vigila atentamente nuestra conducción? ¿Y si también supiera que se nos olvidó llamar a nuestros padres ayer y de camino a casa nos lo recordara cortésmente? E imaginemos que fuera fácil hacer esa llamada porque en un tramo aburrido de la carretera podríamos pasarle el volante al propio vehículo.

En los últimos dos años, reconociendo este extraordinario potencial, la mayoría de los fabricantes de automóviles han anunciado proyectos de desarrollo de vehículos sin conductor. Es bien sabido que Elon Musk pronosticó que en cinco años podríamos quedarnos dormidos al volante; el coche de Google/Waymo ha acaparado titulares por recorrer sin problemas varios millones de kilómetros, sin accidentes; Nissan ha prometido que tendrá vehículos sin conductor en 2020; en 2014 Mercedes creó el prototipo autónomo Model S y Toyota anunció (en septiembre de 2015) un ambicioso programa de desarrollo de un vehículo que nunca sea responsable de una colisión e invirtió mil millones de dólares en un proyecto de inteligencia artificial.

Muchas son las actividades que se desarrollan en este campo y en relación con un amplio abanico de aspectos de la automoción. Para comprender en cuáles se centran los diversos avances, resulta útil observar los cinco niveles de autonomía que establece la NHTSA: el nivel 0 no incluye ningún tipo de automatización; **el nivel 1 incluye herramientas que ofrecen información adicional al conductor humano**, por ejemplo mediante cámaras posteriores; **el nivel 2 incluye ciertos controles activos, como los frenos antibloqueo**; **el nivel 3 incluye mecanismos que facilitan cierta autonomía, pero el ser humano debe estar dispuesto a asumir la conducción** (como en el Autopilot de Tesla); **el nivel 4 permite la autonomía en algunos lugares y momentos**, y **el nivel 5 ofrece autonomía en cualquier entorno y momento**.

Hay una forma alternativa de caracterizar el nivel de autonomía de un vehículo sin conductor basado en tres ejes que definen (1) la velocidad del vehículo, (2) la complejidad del entorno en el que se mueve y (3) la complejidad de las interacciones con otros agentes móviles (coches, peatones, ciclistas, etcétera) en ese entorno. Los investigadores están forzando los límites de cada uno de estos ejes con el objetivo de acercarse al nivel de autonomía 5.

En la última década, los avances en algoritmos y maquinaria nos han permitido imaginar un mundo en el que el movimiento de personas y bienes se realice de forma más segura y práctica a través de una flota optimizada de vehículos sin conductor

Los avances en algoritmia y maquinaria de la pasada década permiten que la tecnología actual esté lista para entrar en procesos de **nivel 4 a poca velocidad**, en entornos fáciles y ante niveles de interacción escasos con peatones y vehículos circundantes. Esto incluiría autonomía en vías privadas como las de comunidades de jubilados y campus universitarios, o en vías públicas no muy congestionadas.

El nivel de autonomía 4 lo han permitido los avances registrados durante una década en la maquinaria y los algoritmos de que disponen los robots. Lo primordial es la convergencia de varios avances importantes en algoritmia: la capacidad de cartografiar, que supone que un vehículo puede utilizar sensores para crear un mapa; la localización, que significa que el



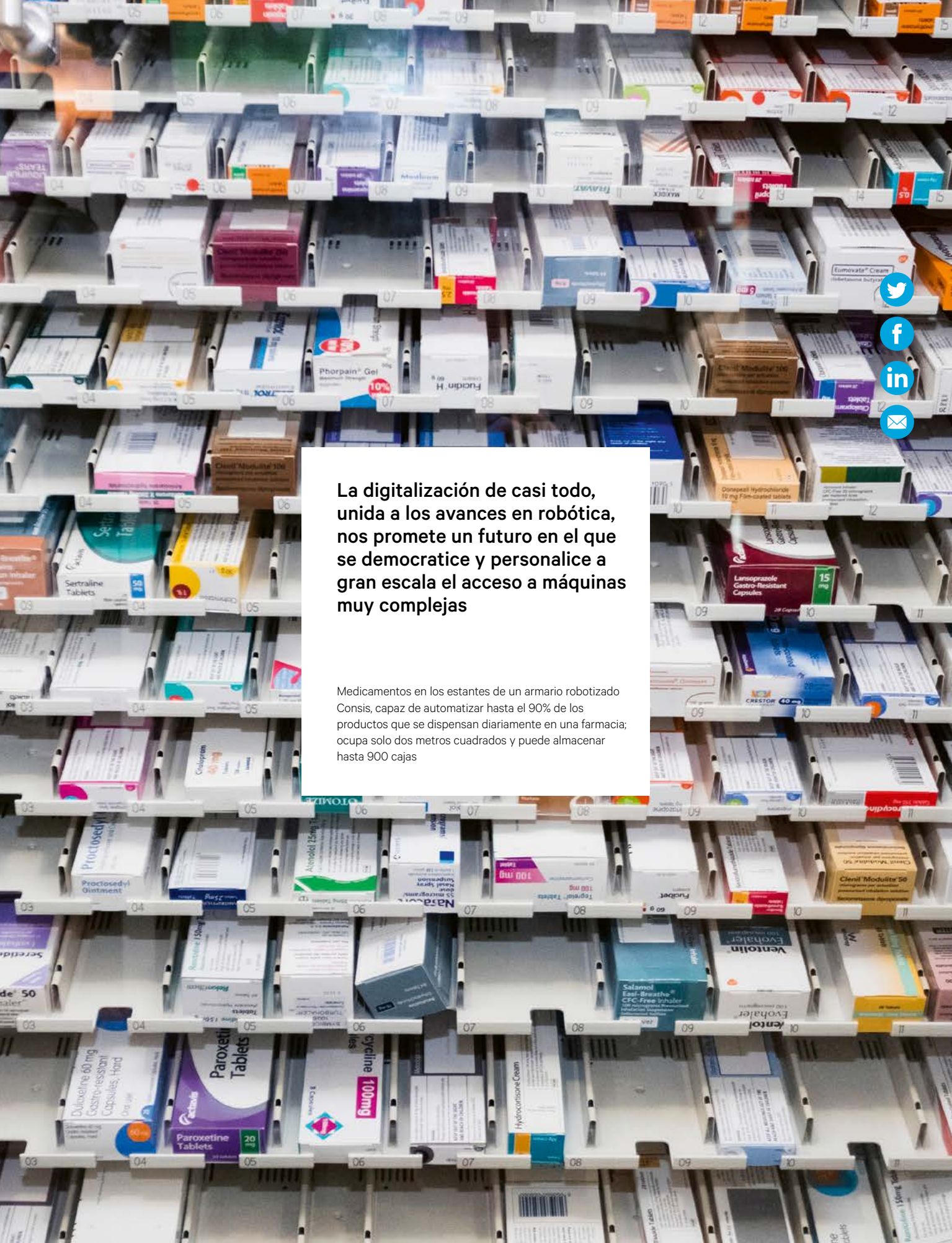
El robot quirúrgico *Da Vinci* durante una operación de histerectomía





Los robots llevan años ayudándonos a realizar tareas peligrosas, desagradables o tediosas, y han permitido explorar entornos de difícil acceso, como las profundidades marinas o el espacio exterior

Buceadores de la Marina francesa y ROV (vehículos operados a distancia) participan en la operación Moon, que se desarrolla a 90 metros de profundidad, para explorar el naufragio del buque insignia de Luis XIV que da nombre a la operación



La digitalización de casi todo, unida a los avances en robótica, nos promete un futuro en el que se democratice y personalice a gran escala el acceso a máquinas muy complejas

Medicamentos en los estantes de un armario robotizado Consis, capaz de automatizar hasta el 90% de los productos que se dispensan diariamente en una farmacia; ocupa solo dos metros cuadrados y puede almacenar hasta 900 cajas



Afgan eXplorer, el robot móvil semiautónomo desarrollado por el Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT, Cambridge, Massachusetts, puede realizar acciones propias de reporteros en lugares peligrosos o de difícil acceso





vehículo pueda utilizar **sensores** para saber dónde está en ese mapa; la percepción, que le permite **detectar los objetos** que se mueven en la carretera; **la planificación** y la **toma de decisiones**, con las que el vehículo puede decidir qué tiene que hacer a continuación, teniendo en cuenta lo que ve en un momento dado, y una **maquinaria fiable**, así como **conjuntos de datos** sobre conducción que **permiten a los vehículos aprender a conducir como los seres humanos**. En la actualidad podemos hacer muchos cálculos simultáneos, procesar muchos más datos y aplicar algoritmos en tiempo real. Esas tecnologías nos han llevado hasta un punto en el que resulta verosímil contemplar la posibilidad de que haya vehículos autónomos en las carreteras.

Sin embargo, aún no hemos llegado al nivel de autonomía 5. Entre los obstáculos tecnológicos que se presentan para alcanzarlo figuran los siguientes: **conducir con tráfico denso, a gran velocidad, con mal tiempo (lluvia, nieve), entre vehículos con conductor humano, en zonas carentes de mapas detallados y responder ante situaciones límite**. El sistema de percepción de un vehículo no tiene ni la misma calidad ni la misma eficacia que el ojo humano. Seamos claros: hay cosas que las máquinas pueden hacer mejor que las personas, como calcular con precisión con qué velocidad se está moviendo otro vehículo. Pero **los robots no tienen nuestras capacidades cognitivas**. ¿Cómo las van a tener? Nosotros nos pasamos la vida aprendiendo a observar el mundo y a explicarlo. Para eso las máquinas necesitan algoritmos y datos, muchos, muchísimos datos, con anotaciones que les digan lo que significan. Para posibilitar los vehículos autónomos tenemos que desarrollar nuevos **algoritmos que les ayuden a aprender a partir de muchísimos menos ejemplos** y **sin supervisión**, sin la constante intervención del ser humano.

Dos filosofías impulsan en la actualidad la investigación y el desarrollo de la conducción autónoma: **la autonomía de serie y la autonomía paralela**. La segunda pretende desarrollar tecnologías de conducción asistida que mantengan al conductor al volante, pero con un sistema que supervise lo que hace e intervenga si es necesario —de forma no dañina—, por ejemplo, para impedir una colisión o para corregir la dirección que mantiene el vehículo en la carretera. Los elementos que definen la autonomía del vehículo aumentan paulatinamente, pero funcionan en paralelo a los humanos. **La autonomía paralela pretende permitir al vehículo operar en cualquier momento y lugar. La de serie se basa en la idea de que la responsabilidad la tenga el humano o el vehículo, no los dos**. Cuando el vehículo está en la función autónoma, el humano no participa en modo alguno en la conducción. Los elementos autónomos del vehículo también aumentan de forma gradual, pero este solo puede funcionar según las capacidades que permite su programa de autonomía. El vehículo ira poco a poco operando en entornos cada vez más complejos.

Dos filosofías impulsan en la actualidad la investigación y el desarrollo de la conducción autónoma: la autonomía de serie y la autonomía paralela. La segunda pretende desarrollar tecnologías de conducción asistida que mantengan al conductor al volante, pero con un sistema que supervise lo que hace e intervenga si es necesario

En la actualidad, las soluciones autónomas de serie funcionan en entornos cerrados (que definen las carreteras por las que puede transitar el vehículo). La receta para ofrecer autonomía comienza por aumentar el número de vehículos que funcionen con control electrónico de aceleración y sensores como cámaras y escáneres láser. Los sensores se utilizan para crear



mapas, detectar obstáculos móviles como peatones y otros vehículos, y para ubicar el vehículo. Las soluciones de conducción autónoma se basan en la existencia de mapas y se benefician de una década de avances en el campo de la localización y el mapeado simultáneos (SLAM, por sus siglas en inglés). Los mapas se elaboran conduciendo el vehículo autónomo en todos los tramos de carretera posibles y recogiendo características con los sensores. Después se utilizan en todos los posteriores trayectos de conducción autónoma con el fin de trazar un camino que vaya del inicio al objetivo, transitar por él evitando los obstáculos y localizar los vehículos que se encuentran al discurrir por ese itinerario.

La mayoría de los fabricantes de vehículos sin conductor solo ponen a prueba sus flotas en grandes ciudades que cuentan con detallados mapas tridimensionales, marcados meticulosamente con la posición exacta de cosas como vías, aceras y señales de stop. En esos mapas figuran rasgos del entorno detectados por los sensores del vehículo. Los mapas se crean gracias a sistemas tridimensionales lidar que, empujando la luz para escudriñar el entorno, reúnen millones de puntos de referencia y determinan qué rasgos definen cada espacio.

Si queremos que los coches sin conductor sean una tecnología viable en todo el mundo, es problemático que dependan de la existencia previa de mapas detallados. Los vehículos autónomos actuales no pueden transitar por entornos rurales de los que no tenemos mapas: es decir, por los millones de kilómetros de carreteras no pavimentadas, no iluminadas o con señales poco fiables. En el CSAIL comenzamos a desarrollar MapLite para dar un primer paso hacia la posibilidad de que haya vehículos autónomos que, utilizando solo el GPS y sensores, puedan orientarse en carreteras que nunca hayan transitado. Nuestro sistema combina datos de GPS —como los que se encuentran en Google Maps— con otros tomados de sensores lidar. La conjunción de esos dos elementos permite que un vehículo autónomo recorra múltiples carreteras rurales no asfaltadas y que nos indique, de manera fiable, cómo está el firme con más de treinta metros de antelación. Con diversos grados de éxito, otros investigadores han venido trabajando en sistemas de conducción sin mapas. Los métodos que utilizan sensores perceptivos como los lidar suelen basarse principalmente en la señalización vial o hacer grandes generalizaciones sobre la geometría de las cunetas. Entretanto, los enfoques basados en la visión pueden funcionar bien en condiciones ideales, pero plantean problemas cuando hay mal tiempo o mala iluminación. Para llegar al «nivel de autonomía 5» —es decir, la autonomía en cualquier momento y lugar—, todavía nos quedan algunos años, y ello se debe tanto a problemas técnicos como regulatorios.

Si queremos que los coches sin conductor sean una tecnología viable en todo el mundo, es problemático que dependan de la existencia previa de mapas detallados. Los vehículos autónomos actuales no pueden transitar por entornos rurales de los que no tenemos mapas

Aunque los avances técnicos han sido considerables, es comprensible que lograr que las políticas se sitúen al mismo nivel sea un proceso difícil y gradual. Los políticos siguen debatiendo de qué manera hay que regular la existencia de los vehículos autónomos. A qué clase de vehículos hay que permitir circular por las carreteras y a quién hay que permitir conducirlos. A qué pruebas de seguridad hay que someterlos y quién debe realizarlas. Cómo pueden los diferentes niveles de responsabilidad determinar la oportuna y segura utilización de vehículos autónomos y qué habrá que sacrificar. Qué consecuencias tiene que exista un mosaico de leyes y normativas, diferentes en cada estado de Estados Unidos, y a qué habrá



que renunciar para armonizarlas. En qué medida deben los políticos fomentar el uso de esos vehículos, por ejemplo, mediante infraestructuras viales inteligentes, carriles especiales en las autopistas, incentivos a los fabricantes o a los conductores. Todos estos son problemas complejos, relacionados con la utilización de vehículos autónomos en las vías públicas. Al mismo tiempo, ya hay un tipo de autonomía viable, **el «nivel de autonomía 4», que permite circular sin conductor en algunos entornos y momentos.** Ya disponemos de la tecnología que permite operar vehículos autónomos con buen tiempo, en vías privadas y a poca velocidad.

Entornos como las comunidades de jubilados, los campus universitarios, los recintos hoteleros y los parques de atracciones se pueden beneficiar de tecnologías que permiten el nivel de autonomía 4. Hay diferentes tipos de vehículos autónomos, entre ellos los carritos de golf, las sillas de ruedas, las escúter, las maletas con ruedas, los carritos de supermercado, los contenedores de basura e incluso los barcos. Esas tecnologías abren la puerta a una amplia gama de nuevos productos y aplicaciones, que van desde la movilidad bajo demanda a unas compras y un transporte de mercancías autónomos, pasando por una movilidad más eficiente en los hospitales. A todo el mundo le beneficiaría que el transporte fuera un servicio de muy fácil acceso, pero **esos beneficios influirán sobre todo en los nuevos conductores, la población de más edad y las personas enfermas o con discapacidad.**

La tecnología que dota a los vehículos de autonomía puede tener enormes repercusiones sociales. Imaginémos a los residentes de una comunidad de jubilados a los que transporten con total seguridad carritos de golf automatizados. En el futuro podremos automatizar cualquier cosa con ruedas, no solo las aspiradoras actuales, también los cortacéspedes e incluso los contenedores de basura.

La misma tecnología que nos permitirá este tipo de automatización podría incluso utilizarse para **ayudar a personas con discapacidades —por ejemplo, a los ciegos—** a vivir de formas imposibles hasta ese momento. En todo el mundo hay unos 285 millones de personas con discapacidad visual, que podrían beneficiarse enormemente de una mayor movilidad y de ayuda robótica. Es un grupo demográfico al que la tecnología ha solido dejar de lado o hacer como que no existía, pero, en este caso, la tecnología podría marcar una enorme diferencia. Hay dispositivos portátiles, entre ellos sensores utilizados para activar vehículos sin conductor y programas de conducción autónoma, que podrían permitir a personas con discapacidad visual vivir sin percances y con mayor movilidad de la que permite un bastón.

En el futuro inmediato la robótica cambiará la forma de transportar a personas y cosas, pero poco después no solo contribuirá a la puntualidad de las entregas de productos, sino que nos permitirá fabricarlos con rapidez y cerca de casa.

Desafíos para la robótica

A pesar de los grandes pasos que ha dado este campo recientemente y de sus perspectivas de futuro, los robots actuales siguen teniendo una capacidad bastante limitada para resolver problemas, sus dotes para la comunicación suelen ser precarias y cuesta demasiado tiempo hacer nuevos robots. Para que su utilización se generalice hará falta que se integren de manera natural en el mundo humano, no que las personas se integren en el mundo de las máquinas.

Razonamiento Los robots solo pueden realizar razonamientos limitados, ya que se rigen por cálculos informáticos absolutamente específicos. A los robots de hoy en día todo se les explica con instrucciones sencillas y **su abanico de posibilidades se circunscribe a la programación que contienen.** Tareas que los humanos no se paran a pensar, como preguntarse si uno ha



estado antes en un lugar, son muy difíciles para los robots. Estos registran las características de los lugares que han visitado. Las captan con sensores como cámaras o escáneres láser. **Para una máquina resulta difícil distinguir entre las características de una escena que ya ha visto y otra nueva que contiene algunos objetos de la anterior.** En general, los sensores y los activadores recogen demasiados datos, que además son de un nivel muy inferior: **para que los robots puedan hacer un buen uso de ellos hay que ponerlos en relación con abstracciones coherentes.** En la actualidad, la investigación en el aprendizaje de las máquinas a partir de macrodatos se centra en cómo comprimir grandes conjuntos de datos para obtener un menor número de puntos de referencia semánticamente coherentes. Los robots también pueden utilizar resúmenes. Por ejemplo, podrían **resumir su historia visual y así reducir de forma considerable el número de imágenes que precisan para determinar si han estado antes en un lugar.**

Por otra parte, los robots **no pueden resolver situaciones inesperadas.** Si un robot se topa con una situación para la que no estaba programado o que escapa a su abanico de capacidades, su mecanismo producirá un error y se detendrá. Por regla general, el robot no puede comunicar la causa del error. Por ejemplo, los robots aspiradores están concebidos y programados para desplazarse por el suelo, pero no para subir escaleras.

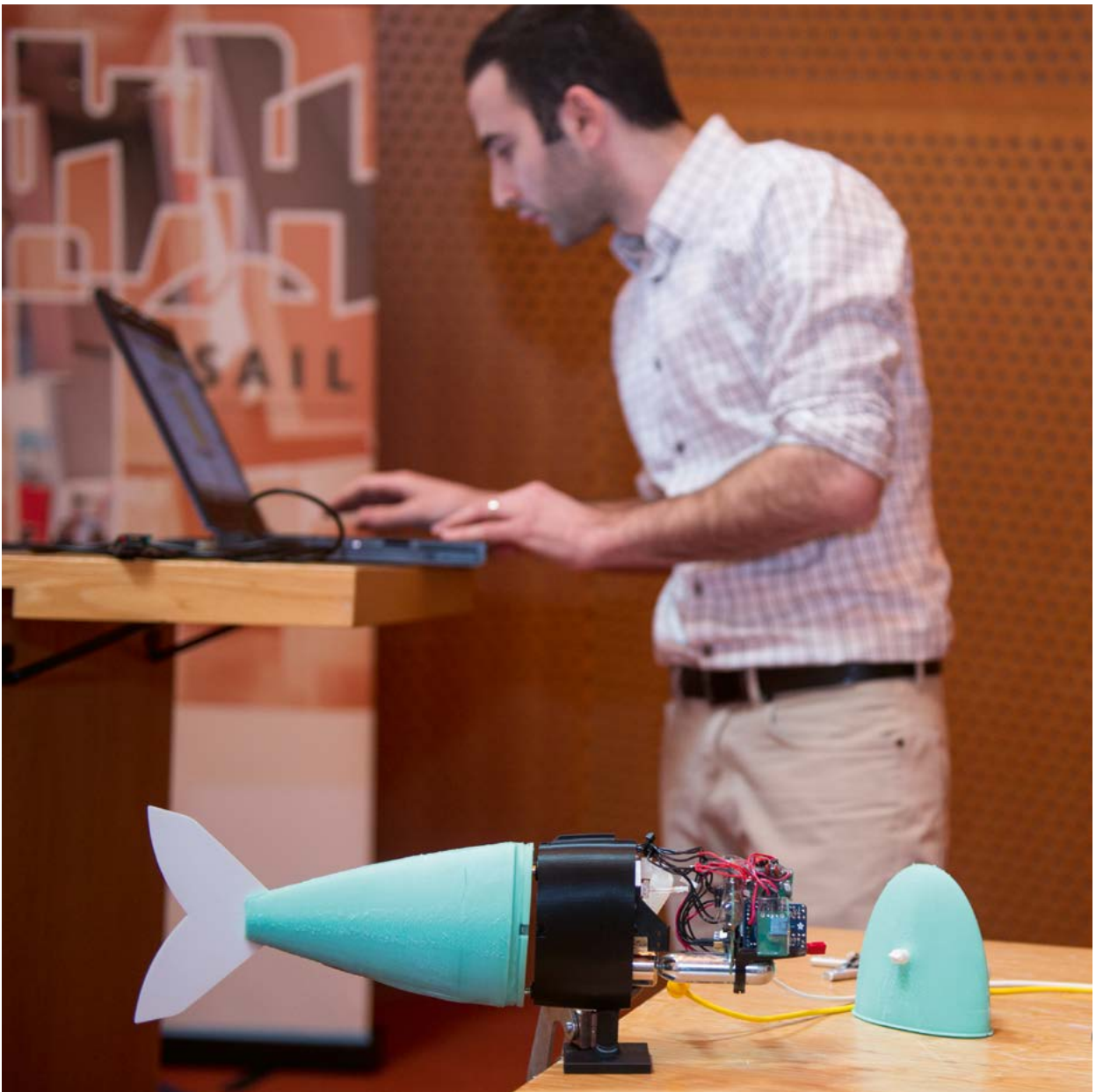
Los robots tienen que aprender a ajustar sus programas, a adaptarse a sus ambientes y a las interacciones que tienen con las personas, con sus entornos y con otras máquinas. Hoy en día, cualquiera que tenga acceso a internet, máquinas incluidas, puede acceder a la información del mundo a golpe de teclado. Los robots podrían aprovecharse de esta circunstancia para tomar decisiones mejores. También podrían registrar y utilizar toda su historia (como lo que generan sus sensores y activadores) y las experiencias de otras máquinas. Por ejemplo, un robot preparado para pasear a perros podría acceder a la información meteorológica en internet y después, basándose en paseos anteriores, decidir cuál es la mejor ruta. Quizá un paseo corto si hace calor o llueve, o uno largo al parque cercano donde están en ese momento otros robots paseadores de perros. Todo esto podría decidirse sin interacción con los humanos o sin su intervención.

Comunicación Para llegar a un mundo en el que muchos robots puedan colaborar entre sí es precisa información fiable que facilite su coordinación. A pesar de los avances en comunicación inalámbrica, **sigue habiendo impedimentos para la comunicación entre robots.** El problema es que los modelos y los pronósticos relacionados con la comunicación son tremendamente difíciles y que todos los métodos de control de robots basados en los modelos de comunicación actuales están plagados de interferencias. Los robots necesitan formas de comunicación más fiables, que les garanticen el ancho de banda que precisan y en el momento justo. Para alcanzar una comunicación flexible entre robots, se precisaría un nuevo paradigma, basado en la **medición local de la calidad de la comunicación,** no en su predicción mediante modelos. Partiendo de la medición de la comunicación, podemos empezar a imaginarnos la utilización de robots volantes que funcionen como estaciones-base móviles que se coordinen entre sí para ofrecer comunicaciones a escala planetaria. Enjambres de robots volantes podrían proporcionar acceso a internet en cualquier parte del mundo.

En la actualidad, **la comunicación entre robots y personas también es limitada.** Aunque se han utilizado tecnologías del habla para dar órdenes a los robots con lenguaje humano (por ejemplo: «Acércate a la puerta»), estas interacciones tienen un alcance y un vocabulario superficiales. A los robots les vendría bien la ayuda de los humanos cuando se atascan. Resulta que hasta una mínima intervención humana en la labor de un robot cambia por completo el problema y permite a la máquina avanzar.



El estudiante universitario Andrew Marchese muestra el movimiento de un pez robótico durante una exposición en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT en abril de 2013. El pez robótico simula el movimiento de los peces vivos y usa el campo emergente de la robótica blanda





Hoy en día, cuando los robots se topan con algo inesperado (una situación para la que no están programados), se atascan. Supongamos que, en lugar de quedarse atascado, sin más, el robot pudiera pensar por qué se ha quedado así y recabar ayuda humana. Por ejemplo, los últimos trabajos sobre la utilización de robots para montar muebles de IKEA demuestran que pueden saber cuándo la pata de una mesa no está a su alcance y pedir a los humanos que se la acerquen. Una vez recibido ese elemento, el robot reanuda la tarea de montaje. Estos son algunos de los primeros pasos que se están dando para crear equipos simbióticos de humanos y robots, en los que unos y otros se puedan pedir ayuda mutuamente.

Diseño y fabricación Otro gran desafío para los robots de hoy en día radica en la cantidad de tiempo que se precisa para diseñarlos y fabricarlos. Hay que acelerar su proceso de creación. En la actualidad disponemos de muchas clases de robots, pero todas ellas han tardado muchos años en producirse. Las capacidades que tienen para hacer cálculos, moverse y manipular objetos van inextricablemente unidas a su cuerpo: son maquinarias. Como los cuerpos de los robots actuales son rígidos y difíciles de ampliar, sus capacidades se limitan a las que permite su cuerpo. En realidad no es factible fabricar nuevos robots, módulos robóticos suplementarios, accesorios o herramientas especializadas para extender sus capacidades, ya que el proceso de diseño, fabricación, ensamblaje y programación es largo y engorroso. Necesitamos herramientas que aceleren el diseño y la fabricación de los robots. Imaginémosnos que creamos un robot compilador que pueda procesar una definición funcional como «Quiero un robot que juegue conmigo al ajedrez» y que, gracias a su capacidad de computación, conciba un diseño que responda a esa definición, un plan de fabricación y un entorno de programación adaptado para utilizar esa máquina. Gracias a ese robot compilador se podrían automatizar multitud de tareas grandes y pequeñas si se diseñaran y fabricaran rápidamente muchos tipos de robots.

Hacia la omnipresencia de la robótica Varios obstáculos importantes separan la situación actual de los robots y sus perspectivas de integración exhaustiva en la vida cotidiana. Algunos tienen que ver con la propia creación de esas máquinas: ¿cómo se pueden diseñar y fabricar nuevos robots de manera rápida y eficiente? Otros son de índole informática y afectan a la capacidad de los robots para razonar, cambiar y adaptarse a tareas cada vez más complejas en entornos cada vez más difíciles. Otros obstáculos afectan a las interacciones entre robots y entre estos y las personas. Las investigaciones sobre robótica actuales fuerzan los límites en esas direcciones, en busca de mejores formas de fabricar robots, que controlen sus movimientos y sus aptitudes para manipular objetos, e incrementen su capacidad para razonar, dotándolos de percepción semántica a través de la visión y facilitando que se coordinen y cooperen de manera más flexible entre sí y con los seres humanos. Si respondemos a esos desafíos, los robots se acercarán más a la concepción de la robótica omnipresente: la de un mundo conectado en el que muchos humanos y robots realicen multitud de labores distintas.

La omnipresencia de la robótica personalizada constituye un gran reto, pero su alcance no difiere del de la omnipresencia de la informática, formulado hace unos veinticinco años. Hoy en día sí podemos decir que la informática es omnipresente, que se ha convertido en un servicio del que se dispone en todo momento y lugar. Entonces, ¿qué haría falta para que los robots se volvieran omnipresentes en la vida cotidiana? Mark Weiser, exdirector científico de Xerox PARC y al que muchos consideran el padre de la ubicuidad de la informática, dijo: «Las tecnologías más profundas son aquellas que desaparecen. Se disuelven en la vida cotidiana hasta volverse algo indistinguible».

Por ejemplo, la electricidad fue en su día una tecnología novedosa que ahora forma parte de la vida. Al igual que el ordenador personal y la electricidad, las tecnologías de la robótica

podrían convertirse en aspectos omnipresentes de la vida diaria. En un futuro próximo, la robótica cambiará nuestra forma de plantearnos muchos aspectos cotidianos.

Las flotas de vehículos sin conductor pueden convertir el transporte en un servicio público, ofreciendo trayectos personalizados en cualquier momento y lugar. El transporte público podría tener dos vertientes: una red de vehículos de gran tamaño (como trenes o autobuses), que fuera la estructura troncal del transporte colectivo de largo recorrido, y unas flotas de módulos que respondieran a las necesidades de transporte personalizado individual en cortas distancias. Esa red de transporte estaría conectada tanto con las infraestructuras de información como con la gente para proporcionar movilidad a demanda. La estructura troncal podría incorporar rutas que cambiaran de manera dinámica para adaptarse a las necesidades de los usuarios. Ya se están utilizando datos de transporte en tiempo real e históricos para trazar los itinerarios de autobús óptimos y situar las paradas de manera que se obtenga una estructura de *granularidad* fina. La movilidad a demanda pueden facilitarla tecnologías de vanguardia para vehículos autónomos. Tomar un coche sin conductor para realizar un trayecto podría ser tan fácil como utilizar un teléfono inteligente. Los módulos robots sabrían cuándo llega gente a una estación, dónde están quienes necesitan un servicio y dónde están los demás módulos. Después de llevar a alguien a su destino, los módulos se dirigirían solos hasta el siguiente cliente, gracias a algoritmos que respondieran a la demanda existente y coordinaran, con el fin de optimizar las operaciones de la flota y reducir el tiempo de espera de los clientes. El transporte público sería práctico y personalizado.



Notas

1. http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/travel_monitoring/14augvt/page2.cfm
2. La cifra exacta es 49.600 millones. <http://www.forbes.com/sites/modeledbehavior/2014/11/08/the-massive-economic-benefits-of-self-driving-cars/>
3. https://www.osha.gov/Publications/motor_vehicle_guide.pdf
4. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/83789/1/WHO_NMH_VIP_13.01_eng.pdf?ua=1
5. De un PowerPoint sobre conducción autónoma.



ESCUCHA EL AUDIO DE ESTE CAPÍTULO



ACCEDE AL LIBRO COMPLETO

- ¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente
- Towards A New Enlightenment? A Transcendent Decade

ACCESO AL ARTÍCULO EN INGLÉS

A Decade of Transformation in Robotics

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Rus, D., "Robótica: una década de transformaciones", en ¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente, Madrid, BBVA, 2018.

ARTÍCULOS RELACIONADOS

LEER MÁS SOBRE #TECNOLOGÍA #ROBÓTICA

- La robótica, los materiales inteligentes y su impacto futuro para la humanidad
El próximo paso: la vida exponencial, Jonathan Rossiter
- Cuando los robots gobiernen la Tierra: el legado humano
El próximo paso: la vida exponencial, Robin Hanson
- El futuro de la inteligencia artificial y la cibernética
Hay futuro: visiones para un mundo mejor, Kevin Warwick

TODOS LOS TÍTULOS DE LA COLECCIÓN OPENMIND

