

UNA REVISIÓN SOBRE EL FUTURO DEL TRABAJO: LA ROBÓTICA

1 Introducción

Las máquinas han sido parte de la realidad humana desde hace mucho tiempo, si bien la revolución industrial supuso un adelanto decisivo en la utilización de la maquinaria y de las máquinas. En esa época, si bien su significado e importancia eran generalmente reconocidos, las personas reaccionaban de maneras muy diferentes: mientras que unos percibían las máquinas como una amenaza, otros veían en ellas la promesa de nuevas oportunidades. En la actualidad, en esta era de tecnología ubicua y en medio de una fase de transición, vivimos una situación similar, pero relacionada esta vez con las máquinas y procesos inteligentes.

Como se describirá a continuación, la «revolución de la ubicuidad» dará paso a una era en que las máquinas y equipos podrán instalarse en cualquier lugar, incluso en el cuerpo humano. Los robots se convertirán en asistentes de los humanos y, a largo plazo, en sus colaboradores.

2 ¿Qué es un robot?

En función de la aplicación a que se destine, un robot puede clasificarse como industrial o de servicio:

- La Asociación Internacional de Robótica define **robot industrial** como un «manipulador programable en tres o más ejes, controlado automáticamente, reprogramable y multifuncional, que puede estar fijo en un lugar o móvil, para uso en aplicaciones automáticas de la industria.» (definición según la norma ISO 8373: 1994)
- Los **robots de servicio** están diseñados para apoyar, acompañar y cuidar a las personas, compartiendo el entorno humano y adoptando, en la realización de las tareas asignadas, comportamientos que denotan una inteligencia básica. Se dividen en tres clases: Los robots de Clase 1 sustituyen a los humanos en los trabajos pesados, peligrosos y tediosos, los de Clase 2 operan en estrecha colaboración con los humanos para mejorar su bienestar mediante el entretenimiento, la ayuda a las personas mayores, el transporte de pacientes o la colaboración con los humanos, y los de Clase 3 pueden operar sobre seres humanos, como es el caso de los robots médicos utilizados en diagnóstico, cirugía, terapia y rehabilitación.

Aunque inicialmente los robots fueron construidos para realizar tareas sencillas, en la actualidad incorporan cada vez más funciones cognitivas derivadas de la **inteligencia artificial (IA)**.

Hay dos tipos de IA: débil y fuerte. La IA débil se refiere a aquellas máquinas que, en sus análisis o respuestas, dependen del software diseñado para resolver un problema específico. No llegan a mostrar comportamientos conscientes, constituyendo básicamente máquinas que resuelven problemas en un ámbito de actuación limitado (como reconocimiento de textos y de imágenes, sistemas expertos y ordenadores capaces de jugar al ajedrez). Por el contrario, la IA fuerte se refiere a una máquina hipotética que exhibe un comportamiento al menos tan diestro y flexible como el de los humanos.

Las ventajas relativas de los robots y de las máquinas inteligentes están asociadas a su capacidad para realizar una variedad de movimientos y para «pensar» ininterrumpida e incansablemente. Al diseñar los robots, actualmente se pone el acento sobre su capacidad para ajustarse a determinados patrones, por lo que generalmente se trata de máquinas altamente especializadas. En un futuro no demasiado lejano, esto cambiará y habrá robots capaces de desarrollar una gama de tareas más amplia, y de imitar e interpretar a los humanos. En parte, este desarrollo será posible gracias al inmenso incremento de la capacidad de memoria de los robots y de las aplicaciones de la IA, lo que permite el acceso a grandes volúmenes de datos para su uso en múltiples tareas operativas.

3 Difusión de la robótica y proyecciones futuras

En términos generales, nuestra sociedad está pasando de ser una sociedad de la información a convertirse en una sociedad del conocimiento, y de una sociedad del conocimiento a una sociedad del "conocimiento omnipresente". En esta «sociedad de la ubicuidad», el papel que deberán desempeñar las máquinas inteligentes y autónomas será uno de los principales retos a los que deberán hacer frente los responsables políticos. Deberán dedicar más atención a las «olas tecnológicas» como la digitalización, la tecnología de la información y de la comunicación y la robótica, todas ellas elementos cruciales en el desarrollo de esta nueva sociedad de la ubicuidad.

La Estrategia 2020 de la UE para la robótica define la evolución actual del modo siguiente:

La tecnología robótica llegará a ser dominante durante la próxima década. Influirá sobre todos los aspectos del trabajo y del hogar. La robótica tiene el potencial necesario para transformar las vidas y las prácticas laborales, para elevar los niveles de eficiencia y de seguridad, para ofrecer mejores servicios y para crear empleo. Su impacto será cada vez mayor, a medida que se multipliquen las interacciones entre los robots y las personas.

Entre las décadas de los 60 y los 90 la mayoría de los robots, y la robótica en general, se limitaban a las aplicaciones industriales. En nuestros días los robots están adquiriendo unas capacidades y una fiabilidad excepcionales, por lo que la robótica y la IA tendrán grandes implicaciones para una diversidad de sectores como la industria militar, los servicios de seguridad, la sanidad, el transporte y la logística, los servicios al cliente y el mantenimiento a domicilio. En el ámbito de la robótica de servicio, aunque los recientes avances en la asistencia médica y personal ya han sido notables, no falta demasiado para que los sistemas alcancen un grado de autonomía y de complejidad todavía mayor, y se multipliquen las aplicaciones centradas en los humanos.

En el mundo ubicuo, al igual que en la actualidad, la gente se comunicará entre sí (persona-persona) y las máquinas lo harán con los humanos (persona-máquina), pero también las máquinas (en particular los robots) se comunicarán entre sí (máquina-máquina). Se prevé que el número de dispositivos que intervienen en las comunicaciones máquina-máquina crecerá exponencialmente, hasta el punto de que en 2020 el número de «objetos inteligentes» capaces de hablar entre sí y de interactuar con los humanos rondará los 50 000 millones.

Esta evolución en la comunicación desembocará en la generalmente anticipada «**Internet de las cosas**» (IdC), que describe un sistema basado en la comunicación autónoma entre objetos físicos. La robótica estará conectada con el IdC por múltiples vías, y este proceso de interconexión modificará numerosos aspectos de la «vieja» sociedad en red. La forma en que los teléfonos móviles y los ordenadores «portátiles», como es el caso de los «rastreadores vitales», han llegado a convertirse en parte de nuestra vida cotidiana, implica que los seres humanos pronto vivirán en un «mundo ubicuo» en el que todos los dispositivos (también los robots) estarán plenamente interconectados en red. En la revolución en curso del IdC, la creciente propagación de los robots en múltiples ámbitos de la vida cotidiana ha convertido a las aplicaciones robóticas basadas en el IdC en una realidad tangible.

En el futuro, los avances de la robótica llevarán al desarrollo de robots que actuarán como compañeros, asistentes, ayudantes domésticos, prestadores de servicios sanitarios, constructores, mascotas, televigilantes y juguetes. Estas aplicaciones de los robots imitarán la conducta de los humanos y de los animales, y con ayuda del IdC y de las aplicaciones de ubicuidad serán capaces de comunicarse entre sí.

La suma de todos estos cambios cuantitativos provocará cambios cualitativos, prácticamente imposibles de predecir debido a la complejidad de la cuestión. Gracias a los sistemas informáticos de alta velocidad ya se están aprovechando las oportunidades para adoptar decisiones y emprender acciones de manera más rápida, fiable y precisa, aunque también pueden surgir amenazas y riesgos derivados de este desarrollo acelerado, como son las oscilaciones bruscas del mercado de valores provocadas por la negociación de alta frecuencia. ¿Es posible que este desarrollo esté siendo demasiado rápido? ¿Es posible que la creciente velocidad con que avanzan la ubicuidad y los demás progresos tecnológicos origine mayores riesgos para la economía y la sociedad?

4 La robótica y el futuro del trabajo

Respecto al futuro del trabajo, es importante examinar hasta qué punto los robots pueden sustituir, complementar o perfeccionar la obra del hombre. El futuro menos arriesgado para la sociedad sería

aquel en el que los robots se desarrollaran principalmente para desempeñar un papel complementario, ya que de este modo los humanos no tendrían que competir con los robots y autómatas, y se mantendrían la mayor parte de las funciones tradicionales. Sin embargo, es probable que las presiones de la economía y de la productividad produzcan más bien como resultado estrategias de sustitución, con arreglo a las cuales se reemplaza en sus puestos de trabajo a las personas, de forma individual o en grupo, por la robótica y la automatización. A nivel global se necesitarán menos trabajadores para los puestos rutinarios o en los que se ejecutan tareas claramente definidas, dado que estos trabajos podrán ser asumidos por los robots industriales o de servicio. Una de las consecuencias de este cambio tecnológico será un incremento relativo en la demanda de trabajadores altamente cualificados, y una menor demanda de los trabajadores menos formados que realizan tareas rutinarias en el aspecto cognitivo, o de tipo manual. A lo largo de las próximas décadas, lo que se conoce como «vaciamiento» de los trabajadores de mediana cualificación podría conducir a la desaparición de alrededor de una tercera parte del empleo actual.

Este dilema entre complementariedad y sustitución, y el equilibrio entre el mantenimiento de los puestos de trabajo y el desempleo impulsado por la tecnología, constituyen problemas apremiantes para los responsables políticos, para las empresas y para el conjunto de la sociedad civil. Las vastas implicaciones de los cambios inducidos por la robótica en el mercado laboral, en la economía y en la sociedad plantean graves problemas de índole social y política. El debate en torno a las máquinas inteligentes y al impacto de la robótica y de la tecnología de la ubicuidad sobre la sociedad, la economía y el empleo, ha tenido hasta ahora un carácter más bien pasivo, siendo escasos los planteamientos bien estructurados que aborden la cuestión de hasta dónde puede llegar una sociedad robotizada y automatizada.

El miedo al desempleo impulsado por la tecnología es al menos tan antiguo como las protestas que, en la Inglaterra del siglo XIX, lanzaban los trabajadores textiles hoy conocidos como luditas contra la destrucción de sus empleos provocada por las nuevas tecnologías de la revolución industrial. Sin embargo, los temores de que los avances tecnológicos pudieran sustituir a una gran proporción del trabajo humano y llevar al desempleo estructural permanente se han revelado infundados una y otra vez, y para muchos economistas esto equivale a un supuesto prácticamente inconcebible. Lo cierto es que el progreso tecnológico ha traído consigo, por regla general, un incremento de la riqueza y del empleo, al menos en el largo plazo, y que las nuevas tecnologías y adelantos científicos han sido recibidos casi siempre como algo muy positivo. Sin embargo, la nueva era de la robótica y de la inteligencia artificial puede implicar cambios a una escala nunca conocida anteriormente, y sus posibles repercusiones sobre el trabajo, la destrucción de empleo y la economía apenas han sido objeto de debate. Muchos economistas clásicos creen que, a largo plazo, los mecanismos del mercado volverán a ser capaces de corregir los desequilibrios. Pero, ¿es seguro que siempre será así?

5 Implicaciones de la robótica para la salud y la seguridad en el trabajo

Como acabamos de comentar, la expansión de las innovaciones robóticas presenta importantes implicaciones para el futuro del trabajo. Los robots brindan la posibilidad de mantener la producción industrial a un nivel elevado en los países donde los costes salariales son elevados. Permiten asimismo llevar a cabo tareas y actividades productivas que los humanos son incapaces de realizar, por ejemplo el análisis, verificación y edición de grandes volúmenes de datos, o los trabajos en entornos demasiado difíciles o peligrosos. Por otra parte, en el contexto actual de una población envejecida, los robots representan una solución para la creciente escasez – y coste – de los trabajadores manuales.

Desde la perspectiva de la salud y seguridad en el trabajo (SST), la expansión de la robótica presenta tanto oportunidades como desafíos.

Las principales ventajas para la SST que se derivarían de un mayor uso de la robótica consistirían en reemplazar a las personas que trabajan en ambientes insalubres o peligrosos. En la industria aeroespacial, de defensa, de seguridad y nuclear, pero también en los sectores de logística, mantenimiento e inspección, los robots autónomos son especialmente útiles para sustituir a los trabajadores que llevan a cabo labores insalubres, tediosas o inseguras, evitando de este modo exponer a las personas a las sustancias y condiciones peligrosas, y reduciendo los riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales. Por ejemplo, ya se están utilizando robots para ejecutar tareas repetitivas y monótonas, para manejar materiales radiactivos y para trabajar en atmósferas explosivas. En el futuro, los robots realizarán muchas otras operaciones repetitivas, arriesgadas o molestas en una

diversidad de sectores como la agricultura, la construcción, el transporte, la sanidad, la extinción de incendios y los servicios de limpieza.

A pesar de estos avances, existen ciertas habilidades para las que los humanos seguirán siendo durante mucho tiempo más aptos que las máquinas, y la cuestión que se plantea es cómo conseguir la mejor combinación entre las destrezas de los humanos y las de los robots. Mientras que los robots realizan ventajosamente, por ejemplo, los trabajos pesados que implican precisión y repetitividad, entre las ventajas de los humanos se cuentan la creatividad, la capacidad de tomar decisiones, la flexibilidad y la adaptabilidad. Esta necesidad de combinar las mejores destrezas ha dado como resultado que los robots cooperativos y los humanos compartan más estrechamente un espacio de trabajo común, y que se hayan desarrollado nuevos métodos y normas para garantizar la seguridad de la «combinación hombre-robot». Algunos países europeos están incluyendo la robótica en sus programas nacionales, y tratan de promover la cooperación segura y flexible entre los robots y los operadores para lograr una mayor productividad. Por ejemplo, en Alemania el Instituto Federal para la Salud y Seguridad en el Trabajo (BAuA) organiza anualmente seminarios sobre el tema «cooperación entre los humanos y los robots».

En el futuro, esta cooperación entre robots y humanos se diversificará, en el sentido de que los robots ampliarán su autonomía y de que dicha colaboración adoptará formas completamente nuevas. Los vigentes procedimientos y normas técnicas dirigidos a proteger a los operarios frente a los riesgos que presenta el trabajo con robots cooperativos deberán revisarse como preparación para estas innovaciones.

Existen otros problemas de SST que guardan relación con la futura aparición de robots autónomos y de servicio, y que será preciso abordar:

- La robótica desempeña un papel importante en las innovaciones introducidas en la sanidad y en el cuidado de los ancianos (y también los trabajadores de más edad). La robótica está íntimamente relacionada con los adelantos en el terreno de las prótesis y los implantes, dos áreas que a su vez dependen en gran medida de las ciencias neurológicas y de la información. Las interfaces cerebro-computadora (ICC), las prótesis conectadas al sistema nervioso, la visión artificial, los implantes TIC y hasta los neurochips (todavía en su fase inicial) son algunas de las innovaciones más recientes.

Estos y otros avances de la robótica permiten el desarrollo de las tecnologías del mejoramiento humano, no solo aplicados a las discapacidades, sino también a la mejora de las capacidades de las personas sanas. Por ejemplo, los exoesqueletos o «robots portables» aumentan la capacidad de los trabajadores para acarrear pesos, aunque también se utilizan como dispositivos de ayuda en la rehabilitación o en la asistencia, gracias a los cuales las personas discapacitadas pueden acceder o reincorporarse al trabajo. La introducción de las tecnologías del mejoramiento humano no solo plantea mayores exigencias de control del riesgo en la gestión de la salud y seguridad, sino también nuevas dudas de tipo jurídico y ético.

- La gran mayoría de la gente carece de experiencia en el trabajo con robots, algo que cambiará necesariamente a medida que se incrementen las interacciones máquina-hombre. Aunque no se conocen bien las consecuencias indirectas de la comunicación máquina-máquina, estas podrían ser importantes. Las configuraciones ergonómicas y logísticas de los robots autónomos requieren nuevos métodos de ensayo y pruebas piloto en la industria y en los servicios, y será preciso diseñar nuevos planes de formación específicos para los trabajadores que vayan a programar, mantener o compartir su espacio de trabajo con estos robots.
- Los efectos de la robótica sobre la motivación y el bienestar de trabajadores y supervisores no son suficientemente conocidos. Se deberá prestar una mayor atención a los factores psicosociales relacionados con la robótica en el ámbito de la salud y la seguridad.
- Debido al diferente grado de madurez que presentan los distintos ámbitos de aplicación, no es posible ofrecer unas orientaciones uniformes en relación con la seguridad y la gestión del riesgo. Mientras que en algunas aplicaciones se han tratado de forma profesional los problemas de salud y seguridad, existen otras aplicaciones robóticas que posiblemente no sean tan seguras. Deberían realizarse nuevos análisis para identificar los riesgos y las actividades menos seguras de los robots autónomos, en particular en las industrias

agroalimentarias, en los servicios asistenciales y domésticos, en los sectores manufactureros, en los servicios profesionales y en el transporte.

- Dado que la robótica aplicada a los servicios profesionales es un ámbito relativamente reciente, no están claras las cuestiones relativas a la responsabilidad legal en caso de accidentes en un espacio público. Es necesario llevar a cabo nuevos estudios jurídicos en materia de responsabilidad antes de propagar esta tecnología.

Así pues, hay toda una serie de aspectos temáticos que deberán desarrollarse para construir un marco de seguridad en el ámbito de los robots industriales autónomos y la robótica de servicio. Las principales cuestiones estratégicas son: 1) la gestión de la tecnología; 2) la regulación y buena gobernanza; 3) las interfaces y experiencias del usuario. Es necesario difundir de manera más generalizada una base de conocimientos europea relativa a los métodos de seguridad aplicados a los sistemas menos inteligentes (como son, por ejemplo, los instalados en los automóviles y los vehículos), con el fin de adaptarlos a los utilizados en los robots autónomos y de servicio, dado que estos últimos serán más «inteligentes» en el futuro.

6 Observaciones finales

La historia nos da testimonio de que las nuevas tecnologías no solo traen consigo beneficios y nuevas posibilidades, sino también costes añadidos y amenazas inéditas. Existe un consenso generalizado en que el ritmo de cambio se está acelerando y en que el futuro cada vez nos resultará más extraño, especialmente en el terreno de la robótica y la IA en el que los inventos e innovaciones se suceden a una cadencia casi semanal. Algunos de los beneficios de estos adelantos guardan relación con la mejora de la salud, comodidad, productividad y seguridad, y con la aportación de datos, informaciones y conocimientos más útiles para los individuos y las organizaciones. Los aspectos posiblemente negativos tienen que ver con la protección de la intimidad y de los datos personales, con las expectativas exageradas y con la creciente complejidad tecnológica.

Es necesario fomentar la cooperación europea en los temas siguientes: (1) Requisitos de seguridad en materia de robótica (recopilaciones de requisitos, normas de seguridad operativa y buenas prácticas), (2) directrices para el diseño de robots, (3) métodos para la mejora de las aplicaciones robóticas relacionadas con la salud y seguridad, (4) técnicas de validación y verificación (métodos de ensayo para comprobar si se aplican correctamente los requisitos y directrices), (5) experiencias y actividades de los usuarios en el ámbito de la robótica, (6) modelos educativos destinados a formar a los operarios en el trabajo con robots, (7) buenas prácticas regulatorias en relación con los robots industriales (en particular los autónomos) y los robots de servicio (en particular los robots que realizan tareas asistenciales), y (8) posibilidades tecnológicas de construir sistemas seguros, eliminando los riesgos potenciales de la robótica.

Este documento de debate presenta un resumen de un artículo más extenso encargado por la EU-OSHA al Dr. Jari Kaivo-oja, e incorpora los comentarios recibidos de la red de puntos focales de la Agencia con ocasión del [seminario](#) organizado el 11 de junio de 2015 en Bilbao.