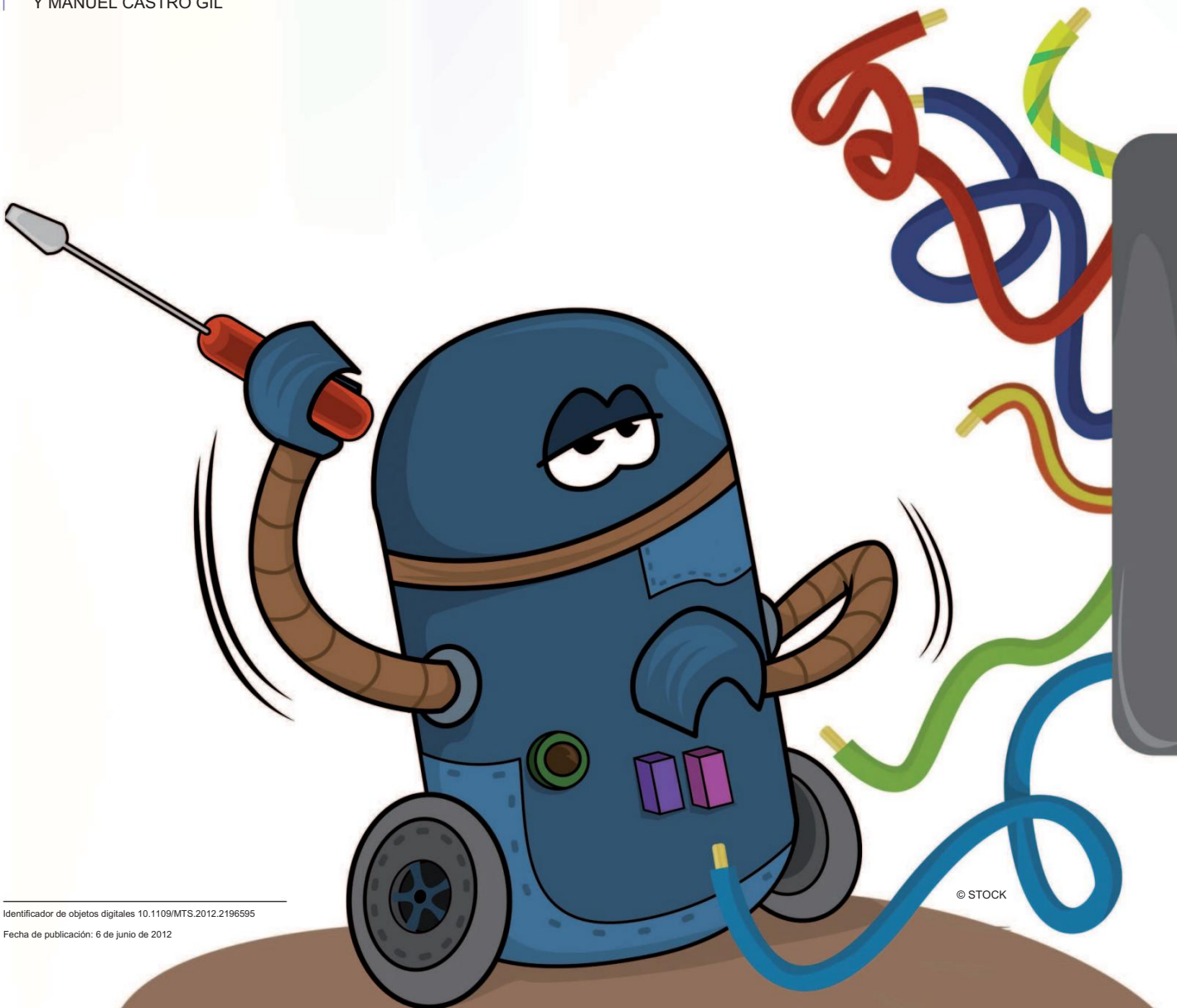


Robotics, the New Industrial Revolution

GERMAN CARRO FERNANDEZ, SERGIO MARTIN GUTIERREZ,
ELIO SANCRISTÓBAL RUIZ, FRANCISCO MUR PÉREZ,
Y MANUEL CASTRO GIL



© STOCK

Identificador de objetos digitales 10.1109/MTS.2012.2196595
Fecha de publicación: 6 de junio de 2012

R Los robots se están convirtiendo una parte importante de la “nueva tecnología social nología” definida por Hirai [1], donde encontrar un robot en cualquier entorno es cada vez más común. Si bien estamos acostumbrados a encontrar robots en diferentes entornos, como supermercados, guarderías (p. ej., mascotas robóticas), hospitales (p. ej., para cirugía) o en el hogar (p. ej., robots aspiradores), el entorno que aún tiene más robots es industria (por ejemplo, la industria automotriz). Por esa razón, se requieren muchos estudios para encontrar los mecanismos apropiados para integrar robots en todos los niveles de nuestra sociedad. Debemos considerar los problemas desde muchas perspectivas, como la historia, la literatura, la economía, la cultura, los avances tecnológicos, la electrónica, las computadoras o la industria. Las conclusiones obtenidas nos ayudarán a lograr la integración más positiva y beneficiosa de los robots con los humanos.

La literatura de ciencia ficción ha potenciado dos aspectos básicos de la relación entre robots y humanos: el destructivo, propuesto por Karel Capek (de hecho, por su hermano Josef) en la primera aparición histórica de la palabra “robot” [2], [3], y lo constructivo, potenciado por las novelas de Isaac Asimov [4]. Ambos empiezan a ser evaluados hoy en día en la industria.

Aspectos como la seguridad y la reducción de riesgos, y en el lugar de trabajo, el aumento de la productividad, la eficiencia y la mejora de las condiciones de trabajo, han llevado a las empresas a aumentar progresivamente la automatización y la introducción de robots en el lugar de trabajo. Este proceso no siempre es bien recibido por los trabajadores. El miedo a ser despedido, la preocupación por los cambios en las condiciones laborales, el miedo al cambio en general o el desconocimiento de lo que puede suponer trabajar con robots son algunas cuestiones que pueden impedir la modernización de una empresa.

La automatización [5] es un concepto mucho más amplio que la introducción de robots en el lugar de trabajo. De hecho, los robots

forman parte, en muchos casos la parte más visible, del proceso de automatización. En este artículo, nos referimos principalmente a los robots cuando hablamos de automatización. Por lo general, la resistencia de los empleados es a la introducción de equipos robóticos en el lugar de trabajo. Esta amenaza no se discute tan abiertamente cuando simplemente nos referimos a la implantación de nuevas válvulas, sensores, temporizadores, maquinaria, computadoras, suministro de agua, irrigación, suministro de energía o infraestructura de telecomunicaciones. El conflicto surge únicamente en el caso de equipos robóticos que imitan o desarrollan abiertamente el trabajo que antes realizaba un trabajador humano. Dicho conflicto debe evitarse si queremos facilitar la instalación de robots en el lugar de trabajo y su aceptación por parte de los trabajadores.

Actualmente, las empresas están evaluando los riesgos de introducir la robótica en su actividad manufacturera [6], ya que hacerlo puede implicar la destrucción de puestos de trabajo y condicionar el comportamiento de los trabajadores y sindicatos [7].

Nuestro objetivo es mostrar que la automatización, por sí sola, no garantiza en todos los casos un aumento de los beneficios empresariales. Al mismo tiempo, su prohibición no garantiza la conservación de los puestos de trabajo. Recorreremos la historia, observando la seguridad y productividad de los trabajadores que utilizan tecnologías de automatización, exploraremos las nuevas características de la industria actual, introduciremos dos claves: flexibilidad y adaptabilidad; y finalmente llegar a conclusiones.

Revolución Industrial y Robots

La introducción de la maquinaria fue uno de los acontecimientos más importantes de la revolución industrial. Entre otros impactos, positivos y negativos, la introducción de maquinaria resultó en un aumento significativo de la productividad, lo que permitió a la industria satisfacer las crecientes demandas de la sociedad en los primeros tiempos del capitalismo. Este proceso facilitó el consumo generalizado, redujo los costos de producción e impulsó la economía mundial.

El proceso de automatización fue rápido y continuo a nivel mundial porque la competencia en el pujante mercado internacional así lo requería. De hecho, sólo las empresas que se modernizaron primero, antes que sus competidores, pudieron sobrevivir. El proceso de modernización y automatización llevó a la creación de sindicatos [8]. Había una necesidad emergente de proteger los puestos de trabajo y una búsqueda creciente de un lugar de trabajo más favorable y mejor pago (o de cualquier pago porque, a veces, los trabajadores trabajaban solo para las comidas diarias). Las industrias comenzaron a evaluar su productividad y comenzaron a competir desde la base de un capitalismo creciente.

Asimismo, la situación de los trabajadores comenzó a mejorar como resultado de la automatización. La productividad de los trabajadores y los salarios aumentaron. En ese momento, nadie dudó de que el cambio era una mejora general.

Hoy, casi dos siglos después, con el capitalismo cuestionado por la crisis económica mundial, la mera mención de la introducción de nuevos robots en la industria automotriz [9] o en la construcción genera desconfianza entre los trabajadores y provoca protestas sindicales porque muchos ven a los robots como una amenaza para sus puestos de trabajo.

Sin embargo, una mejor integración hombre-máquina [10] requiere facilitar el desempeño del trabajo diario y reducir los accidentes y bajas laborales causados por un esfuerzo físico o estrés excesivo. Estos nuevos robots industriales deben verse como una herramienta más, como un destornillador, un bolígrafo, un ordenador o un ascensor.

Este enfoque no busca reducciones de costos a través de despidos o sustituciones. De hecho, persigue aumentar la productividad, mejorar las habilidades laborales y, eventualmente, aumentar el valor agregado de la industria en la que operan.

Seguridad, Eficiencia y Productividad

Cuando las empresas introducen robots en un proceso de producción o actividad industrial, la seguridad suele ser un

característica resaltada. El uso de robots en actividades de alto riesgo para el ser humano (es decir, minería, búsqueda y rescate [11], manejo de ciertos productos químicos o nucleares, o incluso actividades cotidianas como el estacionamiento [12]) convierte a estas máquinas en protectores

humanos. Sin embargo, incluso en estas situaciones, en la mayoría de los casos, un ser humano maneja el robot por control remoto, lo que hace que realice las tareas en lugar de un trabajador humano.

¿Son casos similares "eficiencia" y "productividad"? ¿Se refuerzan con el uso de robots? La respuesta para estas variables no es tan clara.

Parte de la desconfianza que generan los robots en la sociedad se debe a una serie de suposiciones incorrectas. Abordemos aquí algunos de estos conceptos erróneos.

- La introducción de robots reduce los costes de producción [10]: Esta afirmación puede ser cierta a medio o largo plazo, pero no lo es a corto plazo. De hecho, la introducción de un robot en el proceso de fabricación implica unos costes de implementación inusualmente elevados. Estos costos de implementación incluyen los relacionados con las instalaciones, la adecuación ambiental, la capacitación de los empleados, las pruebas iniciales y los ajustes de puesta en marcha. Los costos iniciales también incluirán el mantenimiento y la capacitación de los operadores, para que los trabajadores dominen las actividades de supervisión y monitoreo, y para que puedan mantener el equipo en perfectas condiciones de funcionamiento.
- El uso de la robótica aumenta la producción y los beneficios [10]: cuando una empresa introduce un robot y automatiza un sistema de producción, su objetivo es aumentar la producción. Sin embargo, la introducción de equipos robóticos no implica necesariamente un beneficio en la productividad debido a los altos costos de implementación de instalar y operar los nuevos equipos a corto plazo. Esto se debe a la

El ser humano es parte fundamental de la industria, y la automatización debe hacerse con su aceptación.

razones esbozadas en el primer punto, y también porque una mayor producción y eficiencia no implica que la demanda crezca de la misma manera. En un contexto de contracción económica en la que la demanda está cayendo, un aumento en la producción sólo significará saturar las tiendas y mantener nuevas mercancías en stock, lo que se traducirá en pérdidas directas para una empresa. ■ Un robot reduce el número de trabajadores [10]: Esta afirmación no siempre es cierta. Lo que realmente implica es que el uso de robots aumenta la formación de los trabajadores. En un proceso de ensamblaje, puede haber varios empleados cuyo trabajo implique únicamente el uso de una sola máquina para ensamblar. La introducción de un robot para realizar montajes continuos requiere formación en su uso y supervisión por parte de los trabajadores. No significa prescindir de todos menos de un trabajador.

Si bien en algunos casos esto puede ocurrir, no es típico. Lo que realmente ocurre es una modificación del trabajo en el proceso industrial de un trabajo manual y repetitivo a un trabajo de monitoreo con menor carga de trabajo físico. Esta transición ocurre sin una reducción en el salario y, en muchos casos, en realidad resulta en un aumento de salario debido a la mayor carga de responsabilidad en el nuevo lugar de trabajo.

- Un robot no necesita personas: Actualmente, esta afirmación [13] no es cierta. Un robot es dependiente en todo momento. Configuración, software, hardware, mecánica, mantenimiento y control de calidad son solo algunos de los servicios necesarios que un robot necesita para funcionar correctamente y hacer su trabajo.

trabajo. De hecho, solo la experiencia humana es capaz de capturar el proceso industrial [14] y transformarlo en software para mejorar el comportamiento de los robots. El robot necesita seres humanos para que todo funcione correctamente.

- Los costos son más bajos para un robot que para un empleado: esto puede ser cierto a medio y largo plazo, pero en realidad reciclar y entrenar a un ser humano es mucho menos costoso que modificar o reemplazar un robot industrial debido a sus altos costos de instalación y adaptación ambiental [15].

- La robótica aumenta la eficiencia: La búsqueda del equilibrio entre producción y costes define la eficiencia. La introducción de la robótica en la industria puede ayudar a aumentar la eficiencia, pero hacerlo requiere una buena integración de los robots dentro del proceso de producción, lo que solo se puede lograr mediante la capacitación de los trabajadores para garantizar una operación exitosa del robot. Si la empresa dispone de personal cualificado que conozca las limitaciones y posibilidades del robot con el que trabaja, facilitará su uso y aumentará la eficiencia. Si, por el contrario, los empleados no conocen su nueva herramienta de trabajo o la rechazan, la eficiencia disminuirá, poniendo en peligro la seguridad y disminuyendo la producción en el lugar de trabajo.

La adecuada formación de los trabajadores debe ir acompañada de un proceso de integración de los robots a utilizar. La capacitación más la integración ayudarán a maximizar los beneficios de la introducción de la robótica en la industria.

Hacer declaraciones concretas sobre los efectos positivos o negativos de

La decisión de introducir un robot en un proceso comercial de ninguna manera busca suprimir la actividad humana en el proceso.

la introducción de la robótica en una empresa es difícil. La decisión de comprar e instalar una nueva máquina no es simple sino un proceso que requiere integración. De hecho, "integración" es la palabra clave: integración en el lugar de trabajo, integración de trabajadores y robots que complementan o ayudan, e integración mediante una mejor formación de los trabajadores existentes. En definitiva, implantar un robot supondrá un estudio pormenorizado de las condiciones actuales de la empresa y de las consecuencias que se generarán debido a los cambios que se producirán. La introducción debe ser un proceso reflexivo y debe incluir la evaluación de diferentes factores: técnicos, económicos, psicológicos y sociales. Si todos los factores se valoran correctamente, aumentarán las posibilidades de una integración exitosa y la subsiguiente eficiencia de la producción.

La decisión de introducir un robot en un proceso de negocio requiere un equilibrio entre seguridad, eficiencia, productividad y costo y de ninguna manera busca suprimir la actividad humana en el proceso sino adaptarlo a un nuevo proceso de producción, aumentando la seguridad y la eficiencia laboral. .

La nueva revolución industrial

Estamos ante un nuevo paradigma liderado por la telemática, la robótica y el uso sostenible y eficiente de los recursos industriales [16]. Pero, ¿dónde está el ser humano? ¿Pueden los robots eliminar al trabajador industrial? ¿Se puede desplazar a los trabajadores a un segundo plano en la industria? Anteriormente destacamos las razones por las que una empresa podría proponer la introducción de un robot en el proceso de producción. A continuación estudiaremos las razones por las que un sindicato o sindicato podría resistirse a esta introducción.

Nos enfrentamos nuevamente a la actitud "destructiva" o "constructiva" discutida al comienzo de este artículo. En este apartado se profundiza y se distinguen las razones que llevan a una u otra opinión en cada caso.

■ **Diferencias culturales:** la imagen que los países del este (por ejemplo, Japón o Corea) tienen de los robots tiende a ser más "constructiva" [17], amigable y orientada al servicio que la imagen en los países occidentales, por ejemplo, los Estados Unidos y Europa. En el este de Asia, los niños están expuestos a los cómics manga [18], donde los robots (mechas) siempre tienen un papel definido desde un punto de vista antropomórfico, y se les muestra haciendo un trabajo que a veces raya en lo heroico. La exposición de los niños a ese punto de vista es muy útil en términos de conducir a esta perspectiva constructiva en la edad adulta. Por el contrario, la visión occidental de los robots, reflejada en parte en la literatura occidental (p. ej., HG Wells [19]), los cómics tradicionales (p. ej., la serie Matrix) o las películas (p. ej., Terminator) [20], presentan a los robots como maquinaria destructiva con un objetivo negativo, que no da como resultado una imagen de integración, sino todo lo contrario.

■ **Diferencias económicas:** País - Los intentos con altos ingresos per cápita tienden a buscar mejoras en la producción, costos ambientales reducidos, mejoras en las condiciones de trabajo y procesos industriales mejorados [21]. Para lograr estos objetivos, dichos países utilizan la robótica. En cambio, los países en desarrollo, que tienen bajos ingresos y buscan el crecimiento y la supervivencia de la manera menos costosa posible, suelen

utilizan la mano de obra más barata que existe en el mercado: hombres, mujeres y, a veces, niños. Estos países no consideran en absoluto el uso de robots.

■ **Diferencias de diseño o imagen:** Un robot siempre tendrá mayor aceptación cuando su imagen externa parezca más amigable [22]-[24]. El uso de formas que imitan a los seres humanos, animales cercanos a nuestra cultura (es decir, perros, caballos y gatos), juguetes o incluso formas redondeadas sin ángulos, agudos y superficies visibles sin pliegues, suelen ser mejor aceptados que otros. formas Los problemas que se han aceptado durante mucho tiempo en los robots de servicio y ocio también deben aplicarse de manera generalizada en la robótica industrial.

Aunque la tendencia es considerar a los robots industriales como una herramienta más de trabajo, debemos recordar que los robots estarán operando en un equipo de producción con personas como parte fundamental para que las cosas funcionen correctamente. También debemos darnos cuenta de que, dentro del concepto de "imagen", la forma en que se presente el uso y la misión de los robots a los trabajadores será fundamental para su rápida aceptación. El merchandising también juega aquí un papel clave. De hecho, existen importantes estudios sobre argumentos a favor y en contra de los robots similares a los humanos. Hay muchos robots de mesa de ayuda con una imagen humana en industrias como el turismo, los servicios y el entretenimiento. En estos casos, aumentaron los temores de que los robots reemplazaran a los humanos en el trabajo. Sin embargo, a diferencia de un ser humano, un robot podría desconectarse o verse afectado por un mal funcionamiento [25].

En general, cuando hablamos de las respuestas de los sindicatos a la robótica industrial, nos enfrentamos a tendencias culturales y de imagen. Suponemos que otros temas económicos ya han sido negociados y acordados por los diversos comités en reuniones de negocios relevantes. Con eso en mente, nosotros

debe abordar las características necesarias de una propuesta que introduce un robot en el lugar de trabajo. Debemos decidir qué trabajo debe asignarse al empleado y qué trabajo debe asignarse al robot.

¿Dónde está el Ser Humano?

Un robot realizará el trabajo que sea repetitivo, desagradable o peligroso, o que requiera mayor esfuerzo físico. Los seres humanos deben supervisar o realizar trabajos que requieran menos esfuerzo físico.

La introducción de un robot en una industria suele ser costosa. El uso de un robot se justifica porque busca aumentar la seguridad de ciertas actividades, reduciendo en un mejor lugar de trabajo para los trabajadores. Un robot puede trabajar más horas y no tiene las limitaciones de un ser humano. Por lo tanto, se crearán nuevos turnos extra, lo que generará la necesidad de nuevo personal para realizar estos turnos extra, lo que a medio plazo facilitará la creación de nuevos puestos de trabajo [26].

Si los empleados comprenden la nueva situación, aprenderán a ver el robot como una nueva herramienta. Pasar de un martillo hidráulico a un joystick o de cierto trabajo como parte de una línea de ensamblaje a usar una consola para monitorear el robot debe ser bienvenido por el personal de la empresa y facilitar el proceso de integración de equipos automatizados.

¿Pueden los robots eliminar al trabajador industrial?

Un problema surge cuando el trabajador cree que el robot lo reemplazará de forma permanente, es decir, el miedo a ser prescindible. Un argumento utilizado [10] por los sindicatos para impedir o dificultar la introducción de robots en una empresa es precisamente argumentar que el uso de robots resultará en el despido de muchos trabajadores. Esta creencia está arraigada debido a la historia de los efectos de la antigua Revolución Industrial. Pero el mismo principio no se aplica hoy si realmente buscamos lograr un equilibrio entre la automatización, la eficiencia y la productividad.

Este es el paradigma de la nueva Revolución Industrial. La intención de introducir robots en la industria es aumentar las habilidades de los trabajadores y garantizar sus puestos de trabajo. Una empresa no se actualiza para aumentar la productividad (el uso de robots no garantiza esa premisa [10]), sino para aumentar la eficiencia. Este aumento no se puede lograr si no hay seguridad laboral; los trabajadores deben tener la experiencia para comprender las posibilidades, características, limitaciones, posibles fallas y necesidades de mantenimiento del nuevo robot con el que opera.

La obtención de cualificaciones superiores requiere formación, tiempo para practicar en el nuevo puesto de trabajo, y tiempo para que todo esté optimizado, lo que requiere que los trabajadores permanezcan en un puesto de trabajo en el tiempo. Tales calificaciones no serían posibles si los trabajadores fueran constantemente reemplazados.

A veces el miedo a lo desconocido frena la modernización y mejora de un proceso.

Del mismo modo, se puede argumentar que también es posible contratar servicios de mantenimiento temporal. Es posible que la mayoría del mantenimiento de equipos nuevos o las revisiones periódicas puedan seguir este sistema. Sin embargo, no podemos decir lo mismo de las correcciones básicas del robot o de su supervisión, ni siquiera de las posibles necesidades de reparación urgente. En una industria o en una fábrica, cualquier tropiezo en el proceso de producción genera pérdidas monetarias millonarias. Las empresas no pueden esperar a que una empresa de mantenimiento corrija un mal funcionamiento.

Es mucho más rentable a medio y largo plazo contar con empleados formados para hacer un seguimiento del equipo en todo su funcionamiento. El personal debe acumular experiencia y habilidades para resolver problemas lo más rápido posible; esto incluye al personal cuyo trabajo es simplemente observar el funcionamiento del robot para detectar posibles fallas que podrían ocurrir

desapercibido si su funcionamiento fuera revisado sólo ocasionalmente.

Esta necesidad ayudará a garantizar la estabilidad de los contratos, facilitará la reconversión de los trabajadores y eliminará el temor a ser reemplazados por la introducción de robots en el proceso de producción.

A veces, el miedo a lo desconocido frena la modernización y la mejora de un proceso.

Esto sucede [17] con frecuencia en la integración de la robótica. La solución a este problema es una explicación clara a los trabajadores de lo que va a cambiar, en qué etapa del proceso se verá afectada y cómo, y sobre todo cómo afectará el cambio tanto al trabajador como a la empresa.

Los trabajadores descontentos o temerosos que ven a sus compañeros de trabajo

despedidos a expensas de la automatización resultan como resultado un entorno de trabajo deficiente

y reducir la eficiencia. Para evitar conflictos, los trabajadores deben tener información clara y comprender que los robots son herramientas para aumentar la eficiencia.

Los trabajadores no ven un destornillador o un amperímetro como una amenaza para sus trabajos. Para evitar problemas con la integración, se debe aplicar el mismo concepto a la automatización.

La nueva revolución industrial debe basarse en la integración y no en el reemplazo, en la cooperación y no en la confrontación, y en la transparencia y no en el secreto.

Una mayor lealtad de los trabajadores resulta de mejorar la eficiencia y la integración, y proporcionar información clara y veraz ayudará a los trabajadores a pensar en los robots como una herramienta para usar. Como resultado, los trabajadores se darán cuenta de todo el potencial de los robots y de su necesidad de protección y mantenimiento como cualquier otra herramienta en el proceso de producción. Esta mentalidad ayudará a asegurar puestos de trabajo porque mejora la competitividad de la empresa.

en su sector, aumentando la probabilidad de beneficiarse del mismo y mantener la empresa en el mercado.

¿Pueden los trabajadores ser relegados a un segundo plano en la industria?

Los trabajadores también temen ser relegados a un segundo plano en el proceso de producción [10]. La principal preocupación en este caso no es la pérdida de puestos de trabajo, sino que con el proceso centralizado en el robot, los trabajadores se convierten en meros sirvientes cuyo trabajo es mantener y reparar los robots para garantizar que siempre estarán en buenas condiciones. Sin embargo, esta suposición no es correcta. El trabajo de supervisión requiere más que una simple habilidad o asistencia técnica. El concepto de supervisión debe incluir los siguientes conceptos:

- **Análisis de la capacidad del robot:** Debemos comprobar que el equipo robótico cumple con las especificaciones iniciales y determinar cuánto tiempo tarda en alcanzar la capacidad de producción óptima. Debemos conocer las limitaciones impuestas por el fabricante y el tiempo de procesamiento en cada una de las actividades que realiza el equipo robótico. ■
- Herramientas** adicionales adecuadas para hacer su trabajo: Ciertas etapas de producción requieren la adición de herramientas complementarias. Con respecto a estas herramientas, es importante asegurarse de que los costos se mantengan, verificar el tiempo necesario para agregar las herramientas y realizar análisis técnicos de la eficiencia de las herramientas, todo con el objetivo de mejorar el equipo robótico. ■
- **Verificación del lugar de trabajo del equipo:** Los trabajadores deben asegurarse de que el lugar de trabajo reúna las condiciones de seguridad adecuadas para el equipo robótico y para la interacción con el supervisor humano. Estas condiciones pueden incluir limpieza, minimizar la carga estática, etc., y las especifica el fabricante del equipo. Tales investigaciones de las condiciones pueden, a veces, detener op

ración del equipo robótico, decisión que debe ser tomada por el supervisor.

- **Situaciones técnicas en las que se utiliza la computadora junto con el robot:** El trabajador debe monitorear la evolución del equipo y complementar los ajustes oportunos de mantenimiento con ajustes diarios para reducir el desgaste del equipo, lo que le permite permanecer más tiempo en uso. ■
- Posibilidad de reemplazo o reparación:** si es necesario, el trabajador debe evaluar los costos de reparación y si puede hacerlo el supervisor u otro experto interno dentro de la empresa, o si es necesaria una referencia externa. En este último caso, los trabajadores deberán determinar si es necesaria la sustitución del equipo y justificar las razones para ello.

- **Análisis de cumplimiento de expectativas de los equipos robóticos:** A lo largo de este proceso, el supervisor será el responsable de verificar que el equipo robótico realice el trabajo para el que fue diseñado con la eficiencia esperada.

- **Establecimiento de límites en la capacidad productiva de los robots:** Un equipo de robots tiene un límite máximo que no debe ser superado por motivos de seguridad. Los supervisores deben conocer este máximo y deben evitarlo. Si es necesaria la ampliación de la capacidad, el supervisor debe proponer soluciones alternativas o notificar el riesgo a técnicos calificados para determinar qué acción tomar.

- **Ajustes necesarios para garantizar la vida útil del equipo robótico:** los supervisores deben recibir capacitación que les enseñe a corregir estados ineficientes, ajustar los sistemas para que funcionen correctamente y evitar situaciones de riesgo. Deben aprender a reportar todos los incidentes, incluso los ya corregidos, o buscar asistencia técnica más calificada si es necesario.

La introducción de la robótica no hará que los trabajadores queden relegados a un segundo plano; por el contrario, los trabajadores se convertirán en los principales supervisores del equipo robótico. Aprovechando su experiencia previa en este trabajo, estarán calificados para comprender, ajustar y mantener el equipo y los ics robóticos según sea necesario.

Nuevamente, esto invoca el concepto de una "herramienta". El robot es parte de un lugar de trabajo y funcionará como una herramienta en él. El robot a menudo será más potente que las herramientas existentes y requerirá mayor atención para garantizar un funcionamiento adecuado, pero siempre será controlado y supervisado por seres humanos. Un rol de supervisión implica una calificación superior que conlleva una mayor responsabilidad. Más responsabilidad puede significar un mejor puesto de trabajo y un salario acorde.

La automatización debe ser positiva tanto para la industria como para sus empleados, siempre que estén dispuestos a adaptarse a la nueva situación y mantener a la empresa a la vanguardia a la hora de diseñar la integración de equipos robotizados en el proceso productivo.

Adaptabilidad y Flexibilidad: Los Nuevos Trabajadores Industriales – Capacitación versus Repetición
¿Por qué hablamos de trabajadores industriales? La industria tiene sindicatos muy fuertes tanto en Europa como en los Estados Unidos. Además, la amenaza de sustitución es mayor en este sector que en otros.

Sin embargo, una posible consecuencia de la actual crisis financiera y económica internacional es la búsqueda de una nueva estructura económica industrial basada en la automatización racional. Así, si no hay trabajadores, no hay consumo, y si no hay consumo, entonces no hay necesidad de aumentar la producción porque no habrá demanda.

La solución es utilizar robots para mejorar las condiciones de los trabajadores [27] y "motivar" a los trabajadores para que aumenten sus cualificaciones, formación [28]–[30] y responsabilidad.

¿Por qué entrenamiento versus repetición?

En el pasado, el trabajo en la línea de montaje era repetitivo, aburrido y arriesgado [31]. Ahora, con los nuevos procesos de automatización, los trabajadores mejoran su formación técnica para manejar los robots, mejorar y modificar sus modos de funcionamiento, detectar y solucionar problemas [32]. La formación sitúa al trabajador industrial en una nueva etapa productiva.

Esta integración permitirá al trabajador tomar el control del robot [33] o del equipo de robots [34], realizar tareas que alguna vez representaron un riesgo para el trabajador y realizar el trabajo más rápido, más fácilmente y con menos esfuerzo físico. La aceptación de este nuevo rol de “gerente” o “supervisor” evitará que el trabajador perciba al robot como una amenaza y facilitará la imagen del robot como una nueva herramienta de trabajo útil.

Esta situación aumentará la responsabilidad de los trabajadores, fortalecerá su autoestima, facilitará la comprensión de los trabajadores sobre el entorno empresarial y evitará que su vida laboral se limite a una mera sucesión de actos repetitivos que recuerdan el nacimiento de la revolución industrial.

Además, los robots asumirán el rol repetitivo y los trabajadores se convertirán en sus supervisores, facilitando la integración a través de dos mecanismos:

- El trabajador ya no se ve amenazado por la introducción del robot porque está situado encima de él. El trabajador es el supervisor, y este hecho se verá reflejado en mejoras económicas y de seguridad. Cuanto más conozca el robot el trabajador, más podrá asegurar su buen funcionamiento, lo que facilitará la integración.

- Surge el oficio de formador. En un principio, el formador pertenecerá a la empresa que suministra los equipos automatizados, pero luego los propios trabajadores pueden pasar de un supervisor a un

puesto de capacitación en la empresa, presentando una nueva oportunidad de promoción para un trabajador que antes realizaba un trabajo simple, repetitivo y sin muchas posibilidades de ascenso.

Los trabajadores deben tener una mentalidad flexible. Por un lado, deben estar abiertos al cambio. En algunos casos, un supervisor técnico de ensamblaje pasará a desempeñar un nuevo rol de supervisor de herramientas para facilitar su trabajo. Para asegurarse de que el empleado comprenda su nuevo rol, debe comprender las nuevas condiciones de trabajo, sus posibilidades de promoción y sus nuevas responsabilidades.

Los trabajadores deben ser flexibles para adaptarse a los cambios que, en algunos casos, pueden ocurrir después de años de realizar un trabajo repetitivo. Aquí es importante el impacto de la formación, y es ahí donde la empresa debe esforzarse por entender las posiciones conservadoras o inmóviles de los trabajadores y transformarlas en nuevas oportunidades y beneficios.

Pero después de realizar este trabajo, que a veces no es fácil, tenemos la necesidad de adaptabilidad. Un empleado puede aceptar un cambio de rol y recibir la capacitación adecuada, pero también debe estar involucrado en su nuevo trabajo.

Esto es lo que significa adaptabilidad. Esta adaptación no suele ser fácil. Los trabajadores pueden adaptarse a una nueva situación en cuestión de días, o puede llevar meses lograr que los empleados se sientan cómodos.

Durante este período, es fundamental que la empresa realice un seguimiento continuo del trabajador. Sentirse acompañado en todo momento ayudará a los trabajadores a adaptarse a sus nuevas responsabilidades. Los trabajadores tienen que sentir que no están solos frente al equipo robótico [35], y que están aprendiendo una nueva actividad, aunque estrechamente relacionada con sus experiencias pasadas.

Este nuevo enfoque se puede ofrecer para contrarrestar las críticas de un sindicato sobre la pérdida de puestos de trabajo y las sustituciones laborales masivas. La empresa industrial ahora ofrece seguridad laboral, capacitación y oportunidad de promoción. A cambio, el

el trabajador debe asumir nuevas responsabilidades junto con un salario proporcional. Si las empresas utilizan este enfoque desde el principio, las posibilidades de integrar robots y humanos en un entorno de equipo aumentarán sin reticencias insuperables.

La ignorancia puede llevar al miedo

El ser humano es parte fundamental de la industria y la automatización debe hacerse con su aceptación. La falta de información y la ignorancia pueden llevar al miedo, pero este miedo se puede superar mediante una comunicación honesta basada en el respeto y la confianza.

Desde el punto de vista del trabajador, existen dos temores claros:

- La pérdida de puestos de trabajo es el principal argumento utilizado por los sindicatos para rechazar los equipos robóticos.
- Los trabajadores también temen ser relegados a un segundo plano en la industria.
- El artículo actual busca eliminar estos temores proporcionando un nuevo enfoque basado en dos puntos igualmente convincentes:
 - La introducción del robot en la empresa debe ser transparente y debe buscarse la implicación de los empleados.

- Los trabajadores deben ser capacitados y promovidos en función de sus nuevas responsabilidades.

Siguiendo estos criterios, es posible iniciar negociaciones productivas con una probabilidad significativa de éxito.

El éxito vendrá a través de la integración de equipos robóticos y equipos humanos en el lugar de trabajo.

Cuando se produzca esta integración, la empresa obtendrá todos los beneficios de ambas partes y aumentará la eficiencia de la producción. El camino no será fácil, pero si se hace bien y buscando el involucramiento de todos los trabajadores, será un camino sólido hacia el éxito.

Transparencia, comunicación, implicación, formación e integración son conceptos clave para

producción industrial para aprovechar la tecnología robótica existente y la experiencia de los trabajadores. Teniendo en cuenta estos conceptos clave, es posible coordinar a humanos y robots, guiándolos hacia un mismo objetivo.

Los aspectos culturales, sociales, históricos y económicos serán esenciales para evaluar el punto de partida de la automatización propuesta. Además, será importante la imagen del robot y sus tendencias más o menos antropomórficas. Sin embargo, el proceso de integración solo se facilitará a través de la transparencia. Si no existe transparencia, aumentará la dificultad para asegurar una buena relación entre humanos y robots, y se comprometerán las mejoras en el proceso de producción.

Sin embargo, si el empleado conoce las posibilidades y limitaciones del equipo robótico, lo cual aprenderá a través de la capacitación, dejará de ver al robot como una amenaza y comenzará a verlo como una herramienta. Cuando ocurra este cambio, los humanos comprenderán la moraleja: un robot siempre tendrá un interruptor de apagado que puede ser manipulado por un ser humano en cualquier momento.

Información del autor

Los autores pertenecen al Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad Española de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España. Correo electrónico: germancf@ieeee.org, smartin@ieec.uned.es, elio@ieec.uned.es, fmuur@ieec.uned.es, mcastro@ieec.uned.es.

Reconocimiento

Los autores agradecen el apoyo brindado por el IEEE - Sección Española, y por la Escuela de Ciencias de la Ingeniería, la Escuela de Informática, el Rectorado de la UNED y la Rama de Estudiantes del IEEE de la UNED.

Los autores agradecen especialmente al Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática (DIEEC) de la UNED por su apoyo y asesoramiento en la elaboración de este trabajo.

Referencias

[1] S. Hirai, "La robótica como tecnología social", en Proc. En t. Conf.on Mechatronics and Automation (Changchun, China), 9 al 12 de agosto de 2009, págs. xl–xli.

[2] "¿Quién inventó realmente la palabra "robot" y qué significa?", [en línea]. Disponible: <http://capek.misto.cz/english/robot.html>. Consultado el 15 de julio de 2010.

[3] "Karel Capek", Wikipedia [en línea]. Disponible en Ava: http://en.wikipedia.org/wiki/Karel_Capek. Consultado el 15 de julio de 2010.

[4] "Yo, Robot. Isaac Asimov", Wikipedia [en línea]. Disponible: http://en.wikipedia.org/wiki/Yo_Robot. Consultado en agosto de 2010.

[5] SY Nof, "Automatización: lo que significa para nosotros en todo el mundo", en Springer Handbook of Automation, SYNof Ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, págs. 13–52, 2009.

[6] JB Pollack, "Siete preguntas para la era de los robots", presentado en el Seminario de bioética de Yale, enero de 2004.

[7] R. Bischoff y T. Guhl, "La agenda de investigación estratégica para la robótica en Europa", IEEE Robotics & Automation Mag., vol. 17, núm. 1, págs. 15 y 16, marzo de 2010.

[8] MG Rood, "Manufactura centrada en el ser humano para el mundo en desarrollo", IEEE Technology & Society Mag., vol. 13, núm. 1, págs. 25–32, marzo de 1994.

[9] G. Schweitzer, "Robots: posibilidades y desafíos de una ciencia clave", en Proc. 17 Int. Congreso de Ingeniería Mecánica – COBEM 2003 (São Paulo, Brasil), 10 al 14 de noviembre de 2003 [En línea].

Disponible: <http://www.mcgs.ch/web content/Robotics.pdf>, consultado en agosto de 2010.

[10] O. Marin elii, "De los humanos a los robots: Las consecuencias del reemplazo laboral en la industria del automóvil", Human Change Paper, GEOG331 0101, 20 de octubre de 2008

[11] RR Murphy, J. Kravitz, SL Stover y R. Shoureshi, "Robots móviles en rescate y recuperación de minas", IEEE Robotics & Automation Mag., vol. 16, núm. 2, págs. 91 a 103, junio de 2009.

[12] T.-HS Li, Y.-C. Si, J.-D. Wu, M.-Y. Hsiao y C.-Y. Chen, "Controladores de estacionamiento autónomos inteligentes multifuncionales para robots móviles similares a automóviles", IEEE Trans. sobre electrónica industrial, vol. 57, núm. 5, págs. 1687–1700, mayo de 2010.

[13] MG Rood, "Tecnología de la información y empleo: hacia una nueva sociedad", IEEE Technology & Society Mag., vol. 8, núm. 3, págs. 11–13, septiembre de 1989.

[14] WMP van der Aalst, "Process discovery: Capturing the invisible", IEEE Computational Intelligence Mag., vol. 5, núm. 1, págs. 28–41, febrero de 2010.

[15] C. Smith y HI Christensen, "Robot manipulators. Construcción de un robot de alto rendimiento a partir de piezas disponibles comercialmente", IEEE Robotics & Automation Mag., vol. 16, núm. 4, págs. 75–83, diciembre de 2009.

[16] F.-T. Cheng, W.-H.Tsai, T.-L. Wang, j. C. Yung-Cheng y Y.-C. Su, "Modelo de fabricación electrónica avanzada, la importancia de los sistemas orientados a objetos, distribuidos y a gran escala", IEEE Robotics & Automation Mag., vol. 17, núm. 1, págs. 71 a 84, marzo de 2010.

[17] R. Capurro, "Ética y robótica. Una perspectiva intercultural", Steinbeis Transfer Institute – Ética de la información, Alemania, 13 de julio de 2009; <http://sti-ie.de>.

[18] S. Krebs, "Sobre la anticipación de conflictos éticos entre humanos y robots en Japa

Mangas nesas", Int. Rev. de Ética de la Información, vol. 6 de diciembre de 2006.

[19] "La guerra de los mundos, HGWells", Wiki pedia [en línea]. Disponible: http://en.wikipedia.org/wiki/La_Guerra_de_los_Mundos. Consultado el 15 de julio de 2010.

[20] KM Miller, "Mientras no prestábamos atención", IEEE Technology & Society Mag., vol. 28, núm. 1, págs. 4, marzo de 2009.

[21] M. Ford, Las luces en la automatización de túneles, la aceleración de la tecnología y la economía del futuro. Acculant, 2009.

[22] J. Dietsch., "Personas que se encuentran con robots en el lugar de trabajo", IEEE Robotics & Automation Mag., vol. 17, núm. 2, págs. 17 y 16, junio de 2010.

[23] J. Forlizzi, "Cómo los productos robóticos se convierten en productos sociales: un estudio etnográfico de productos robóticos en el hogar" [en línea].

Disponible: <http://goodgestreet.com/docs/forlizziRoomba.pdf>. Consultado el 15 de julio de 2010.

[24] R. Mitchell, K. Warwick, WN Browne, MN Gasson y J. Wyatt, "Robots atractivos: divulgación innovadora para atraer estudiantes de cibernética", IEEE Trans. sobre la educación, vol. 53, núm. 1, págs. 105 a 113, febrero de 2010.

[25] F. Grodzinsky, K. Miller y M. Wolf.

"Por qué Turing no debería tener que adivinar", presentado en la Conferencia de Filosofía e Informática de Asia-Pacífico. (Tokio, Japón), 1 y 2 de octubre de 2009.

[26] MS Blumenthal, "Automatización programable y el lugar de trabajo", IEEE Technology & Society Mag., vol. 4, núm. 1, págs. 10 a 15, marzo de 1985.

[27] HL Jones, S. Rock, D. Burns y S.

Morris, "Robots autónomos en aplicaciones SWAT: desafíos de investigación, diseño y operaciones," [en línea]. Disponible: <http://www.spyplanes.com/pdf/SWATapps.pdf>. Consultado el 15 de julio de 2010.

[28] S. Das, SA Yost y M. Krishnan, "Una iniciativa de desarrollo del plan de estudios de mecatrónica de 10 años: Relevancia, contenido y resultados: Parte I", IEEE Trans . sobre la educación, vol. 53, núm. 2, págs. 194–201, mayo de 2010.

[29] M. Krishnan, S. Das y SA Yost, "Una iniciativa de desarrollo del plan de estudios de mecatrónica de 10 años: Relevancia, contenido y resultados: Parte II", IEEE Trans . en educación, vol. 53, núm. 2, págs. 202–208, mayo de 2010.

[30] TD Cherkasky, "Oscurecimiento de los costos humanos de los sistemas expertos", IEEE Technology & Society Mag., vol. 14, núm. 1, págs. 10 a 20, marzo de 1995.

[31] G. Bylinsky y A. Hills Moore, "Invasión de los robots de servicio: Al igual que los trabajadores humanos, los robots se están trasladando a los servicios, especialmente a los trabajos que las personas encuentran peligrosos o aburridos. Sus impulsores ven un mercado mucho más grande que en la fabricación", Fortune Ed. 14 de septiembre de 1987.

[32] MJ Cetron, "Línea de tiempo para el futuro: Desarrollos potenciales e impactos probables," Sociedad del Futuro Mundial Mag., 2009.

[33] K. Suwanratchatamane, M. Matsumoto y S. Hashimoto, "Sistema y aplicaciones de sensores táctiles robóticos", IEEE Trans. sobre electrónica industrial, vol. 57, núm. 3, págs. 1074–1087, marzo de 2010.

[34] G. Reinhart y S. Zaidan, "Un marco genérico para la programación basada en piezas de trabajo de robots industriales cooperantes", en Proc.2009 Int. Conf. en Mecatrónica y Automatización (Changchun, China), agosto de 2009, págs. 37–42.

[35] RR Murphy, T. Nomura, A. Billard y JL Burke, "Interacción humano-robot", IEEE Robotics & Automation Mag., vol. 17, núm. 2, págs. 85–89, junio de 2010.