



Robótica:
el legado de los autómatas
y el auge de la inteligencia artificial

Maxwell Arbey Salazar Guilcamaigua
Paola Alexandra Portero Donoso

Diseño de carátula y edición: D.I. Yunisley Bruno Díaz
Dirección editorial: PhD. Jorge Luis León González

Sobre la presente edición:
© Editorial EXCED, 2024

ISBN: 978-9942-7189-8-3

Podrá reproducirse, de forma parcial o total el contenido de esta obra, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.

El contenido del texto y sus datos en su forma, corrección y confiabilidad son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no representan necesariamente la posición oficial de la editorial EXCED.

Se permite descargar la obra y compartirla siempre que se den los créditos a los autores, pero sin posibilidad de alterarla de ninguna forma ni utilizarla con fines comerciales. El manuscrito fue previamente sometido a evaluación abierta por pares y aprobado por el Consejo Editorial, con base en criterios de neutralidad e imparcialidad académica.

EXCED se compromete a garantizar la integridad editorial en todas las etapas del proceso de publicación, evitando plagios, datos o resultados fraudulentos y evitando que los intereses económicos comprometan los estándares éticos de la publicación.



Editorial EXCED
Dr. Kennedy Nueva. 2do Callejón 11
A. Manzana 42, Número 26.
Guayaquil, Ecuador.
E-mail: editorial@excedinter.com



Robótica: **el legado de los autómatas** **y el auge de la inteligencia artificial**

Maxwell Arbey Salazar Guilcamaigua
Paola Alexandra Portero Donoso

COMITÉ EDITORIAL

Maritza Librada Cáceres-Mesa,

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Yamilka Pino-Sera,

Universidad de Holguín, Cuba

Samuel Sánchez-Gálvez,

Universidad de Guayaquil, Ecuador

María Hernández-Hernández,

Universidad de Alicante, España

Héctor Tecumshé-Mojica-Zárate,

Universidad de La Sierra, México

Yadir Torres-Hernández,

Universidad de Sevilla, España

Rodolfo Máximo Fernández-Romo,

Universidad Autónoma de Chile, Chile

Kenia Noguera-Nuñez,

Universidad Católica Santo Domingo, República Dominicana

Oscar Alberto Pérez-Peña,

Universidad Internacional de La Rioja, España

Marily Rafaela Fuentes-Aguila,

Universidad Metropolitana, Ecuador

Nancy Malavé-Quintana,

Universidad Rey Juan Carlos, España

Lázaro Salomón Dibut-Toledo,

Universidad del Golfo de California, México

Luisa Morales-Maure,

Universidad de Panamá, Panamá

Farshid Hadi,

Islamic Azad University, Irán

Mikhail Benet-Rodríguez,

Fundación Universitaria Cafam, Colombia

PRÓLOGO	9
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I.	
Introducción a la robótica	
1.1. Importancia de la robótica en el mundo contemporáneo y sus posibles implicaciones futuras	13
1.2. Historia y evolución de la robótica	15
1.3. Conceptos básicos y terminología de robótica	38
1.4. Importancia de la robótica en la sociedad moderna	42
CAPÍTULO II.	
Tecnologías de robótica avanzada	
2.1. Ingeniería moderna	49
2.2. Visión por computadora	51
2.3. Sensores avanzados	55
2.4. Actuadores avanzados	59
2.5. Materiales avanzados	63
2.6. Energía y potencia	66
2.7. Robótica colaborativa	69
2.8. Realidad aumentada	70
2.9. Internet de las cosas (IoT)	74
2.10. Proyectos destacados de robótica	75
2.11. Startups y empresas que están revolucionando el sector	75

CAPÍTULO III.

Inteligencia artificial y robótica

03

3.1. Robótica e inteligencia artificial	77
3.2. Aprendizaje automático (Machine Learning) ...	79
3.3. Redes neuronales	84
3.4. Aplicaciones de la inteligencia artificial en robótica	96
3.5. Ejemplo de aplicación: robot autónomo	98

CAPÍTULO IV.

Humanos y robots: colaboración y coexistencia

04

4.1. Robótica colaborativa	99
4.2. Normas internacionales de seguridad	101
4.3. Formas de colaboración humano-robot	104
4.4. Beneficios de la colaboración	105
4.5. Desafíos en la coexistencia	118
4.6. Percepción pública y aceptación	120
4.7. Casos de éxito de colaboración humano-robot	125

CAPÍTULO V.

Legislación para los robots



5.1. Marcos legales y regulaciones emergentes para robots e inteligencia artificial	133
5.2. Desafíos y consideraciones en la regulación de robots e inteligencia artificial	136
5.3. Adaptación de leyes existentes vs. nuevas regulaciones	138
5.4. Políticas de implementación y adopción	141

CAPÍTULO VI.

Oportunidades para Involucrarse en la robótica



6.1. Programas educativos y formativos	149
6.2. Comunidades y eventos de robótica	159
6.3. Escenarios optimistas y pesimistas	169

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	173
---	------------

PRÓLOGO

La robótica, como disciplina, ha recorrido un camino fascinante a lo largo de la historia, abarcando milenios de desarrollo técnico y conceptual. Desde los autómatas de la antigua Grecia hasta las sofisticadas inteligencias artificiales de hoy en día, esta área del conocimiento no solo refleja avances tecnológicos, sino también cambios profundos en nuestra comprensión de la interacción entre humanos y máquinas.

“Robótica: El Legado de los Autómatas y el Auge de la Inteligencia Artificial” ofrece una revisión sistemática de este trayecto, analizando los hitos que han marcado la evolución de la robótica y sus implicaciones en la sociedad. Cada capítulo presenta un análisis crítico de los desarrollos históricos, así como de las tecnologías contemporáneas que están redefiniendo el paisaje industrial y social.

Este libro se dirige a académicos, estudiantes y profesionales interesados en entender no solo la evolución técnica de la robótica, sino también los desafíos éticos y sociales que surgen de su integración en nuestras vidas cotidianas. Al abordar temas como la automatización, la colaboración humano-robot y la regulación de la inteligencia artificial, se busca generar una reflexión fundamentada sobre el impacto de estos avances en el tejido de nuestra sociedad.

A medida que el lector navega por las distintas secciones, se encontrará con un enfoque riguroso que busca ofrecer una base sólida de conocimiento. La robótica, lejos de ser un mero fenómeno tecnológico, es un campo que requiere una comprensión multidimensional y crítica. Este libro aspira a contribuir a esa comprensión, invitando al lector a considerar tanto las posibilidades como las limitaciones de la robótica en el contexto actual y futuro.

La complejidad de estos temas exige un análisis detallado y un enfoque reflexivo, y es en este espíritu que se presenta esta obra.

INTRODUCCIÓN

La robótica, como disciplina que integra la ingeniería, la informática y la automatización, ha experimentado un desarrollo notable desde sus primeras manifestaciones en la antigüedad. A medida que la humanidad ha buscado soluciones para mejorar la eficiencia y la calidad de vida, la robótica ha evolucionado en paralelo con los avances tecnológicos, convirtiéndose en un pilar fundamental en diversos sectores industriales y sociales.

Desde los autómatas de la antigua Grecia, como el legendario Talos, hasta los robots industriales de la actualidad, la historia de la robótica es rica y multifacética. Autores como Koren (2018), destacan que la robótica ha sido impulsada por la necesidad humana de realizar tareas repetitivas y peligrosas, lo que ha llevado a la creación de máquinas que pueden operar de manera autónoma o semiautónoma. Esta evolución ha permitido no solo la automatización de procesos, sino también mejoras en áreas como la medicina, la exploración espacial y la educación (Bogue, 2018).

El presente libro, titulado “ Robótica: El Legado de los Autómatas y el Auge de la Inteligencia Artificial”, tiene como propósito ofrecer un análisis exhaustivo de la trayectoria histórica de la robótica, estructurado en varios capítulos que abarcan desde sus orígenes hasta las tecnologías contemporáneas y emergentes. Este texto está diseñado para facilitar a los lectores, sin conocimientos previos, un inicio accesible en el ámbito de la robótica.

El objetivo principal es proporcionar una guía introductoria que sirva como base para entender los aspectos esenciales de la robótica. Cada capítulo se centra en hitos históricos cruciales y en la evolución de la robótica, no solo desde una perspectiva técnica, sino también considerando su profundo impacto en la

sociedad, reflejado en la automatización industrial y la integración de sistemas robóticos en la vida cotidiana (Thompson, 2019).

La audiencia objetivo abarca a cualquier persona novata en el tema de la robótica, ya sean estudiantes, profesionales de otras áreas o entusiastas curiosos. A través de este libro, se espera fomentar un entendimiento crítico de las aplicaciones, desafíos y potenciales futuros de la robótica, promoviendo un diálogo sobre las responsabilidades que conlleva el desarrollo y uso de estas tecnologías.

Asimismo, se abordarán las implicaciones éticas, legales y sociales de la robótica moderna, así como las oportunidades de colaboración entre humanos y máquinas. Como señala Sharkey (2020), la interacción humano-robot plantea desafíos que requieren un marco regulatorio adecuado y una consideración ética exhaustiva para asegurar una coexistencia armoniosa.

A través de este libro, se pretende proporcionar una visión integral de la robótica, facilitando un entendimiento crítico de sus aplicaciones y su impacto en la sociedad, mientras se establece una base sólida para aquellos que deseen profundizar en esta apasionante disciplina.

CAPÍTULO I.

Introducción a la robótica

1.1. Importancia de la robótica en el mundo contemporáneo y sus posibles implicaciones futuras

La robótica, como disciplina científica y técnica, ha evolucionado de manera notable desde sus orígenes en la antigüedad, integrando conocimientos de ingeniería, informática y automatización. Este capítulo tiene como objetivo proporcionar un análisis exhaustivo de la historia y evolución de la robótica, desde las primeras concepciones de autómatas hasta las innovaciones tecnológicas contemporáneas que han transformado la interacción humana con las máquinas.

El capítulo inicia con los fundamentos históricos en la Grecia Antigua, donde mitos como el de Talos, el gigante de bronce, y las creaciones atribuidas a Hefesto marcaron el inicio de la imaginación humana respecto a la automatización. A continuación, se explorarán los avances en la robótica en diversas culturas, incluyendo

los autómatas mecánicos de Lie Zi en la antigua China y las contribuciones de figuras clave como Ctesibio y Herón de Alejandría, quienes realizaron importantes innovaciones en la mecánica.

El capítulo también abordará los desarrollos ocurridos durante la Edad Media y el Renacimiento, destacando la obra de Al-Jazari y Leonardo da Vinci, cuyas invenciones sentaron las bases para la comprensión moderna de la robótica. La Revolución Industrial representó un cambio significativo, introduciendo procesos de automatización que facilitaron la producción en masa y establecieron las condiciones para el surgimiento de la robótica moderna.

El recorrido histórico se completará con un análisis del siglo XX, período en el cual se acuñó el término “robot” y se desarrollaron los primeros robots industriales. Se examinarán los avances en inteligencia artificial y las contribuciones contemporáneas que han llevado la robótica a nuevas fronteras.

Adicionalmente, se presentarán conceptos fundamentales y terminología esencial para la comprensión de esta disciplina, incluyendo definiciones de robot, actuador, sensor y controlador. Asimismo, se discutirá la relevancia de la robótica en la sociedad actual, enfatizando su impacto en la automatización industrial, las innovaciones en el ámbito médico, la exploración espacial, y diversas aplicaciones educativas y de servicio.

Este capítulo no solo ofrece un marco histórico, sino que también establece el contexto necesario para apreciar la importancia de la robótica en el mundo contemporáneo y sus posibles implicaciones futuras.

La robótica es un campo que combina mecánica, electrónica, control e informática. Estos sistemas automatizados, basados en principios de ingeniería mecánica, eléctrica y computacional, combinan hardware y software avanzados para realizar tareas específicas con precisión y eficiencia.

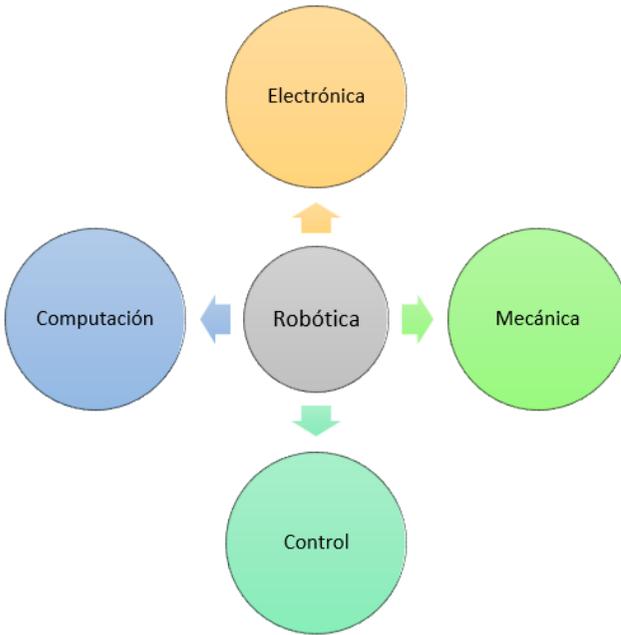


Figura 1. Campos relacionados con la robótica.

La figura 1 muestra las áreas que están ligadas directamente con el desarrollo de la robótica. La robótica abarca desde simples manipuladores industriales hasta complejos robots humanoides y vehículos autónomos, transformando en gran medida sectores de la economía como la manufactura, la salud, la exploración espacial incluso en la vida diaria del ser humano promoviendo continuamente nuevas aplicaciones y avances tecnológicos en la búsqueda de mejorar la calidad de vida y la productividad global.

1.2. Historia y evolución de la robótica

La historia de la robótica es un campo fascinante que se entrelaza a lo largo de los años con los avances tecnológicos, científicos y culturales. Desde que se mencionó por primera vez en la mitología hasta convertirse en una disciplina científica y tecnológica avanzada, la robótica ha evolucionado mucho.

La fascinación por la creación de seres mecánicos y autómatas se remonta a las primeras civilizaciones. En las mitologías de la Antigua Grecia y China, se encuentran historias que ilustran el deseo humano de construir seres con capacidades sobrehumanas.

Grecia antigua

En la mitología griega, los autómatas se mencionan en varias historias que reflejan la avanzada imaginación de los antiguos griegos sobre la tecnología y la automatización. Uno de los ejemplos más notables es la historia de Talos, un gigante de bronce creado por el dios Hefesto.

Talos: el Gigante de bronce

Talos era una enorme figura de bronce encargada de proteger la isla de Creta. Según la leyenda, Talos recorría la isla tres veces al día para protegerla de invasores. Estaba dotado de una única vena que recorría todo su cuerpo, sellada por un clavo de bronce. Cuando los argonautas intentaron desembarcar en Creta, Talos arrojó rocas para evitar que se acercaran. Finalmente, Medea, una de las argonautas, lo engañó y le quitó el clavo, haciendo que la “sangre” (una sustancia llamada ichor) se derramara y provocando su muerte (Apollodorus, 1921).



Figura 2. Representación de Talos en una moneda.

Fuente: Fundación Wikimedia (2024).

La figura 2 muestra una representación del gigante Talos armado con una piedra en el anverso de una moneda de plata de Faistos, Creta, fechada entre el 300 y el 270 a.C.

Hefesto y sus autómatas

Hefesto, el dios griego de la forja y el fuego, es conocido por haber creado varios autómatas para ayudarle en su taller. Entre estos se incluyen trípodes con ruedas que podían moverse por sí mismos y sirvientas mecánicas que le ayudaban en sus tareas (Homer, 1996).

China antigua

En la antigua China, las historias de autómatas también son prominentes, destacando la creatividad y el ingenio de sus antiguos inventores.

Lie Zi y los autómatas mecánicos

El Lie Zi es un texto taoísta atribuido al filósofo Lie Yukou, que contiene numerosas historias sobre autómatas. Una de las historias más notables es la del artesano Yan Shi, quien creó un autómata humanoide para entretener al rey Mu de Zhou (alrededor del 1023-957 a.C.). Este autómata podía cantar y bailar como una persona real, y cuando se desarmaba, se encontraba que sus partes estaban hechas de cuero, madera y pegamento. La historia refleja el conocimiento avanzado de los mecanismos y la artesanía en la antigua China (Graham, 1990).

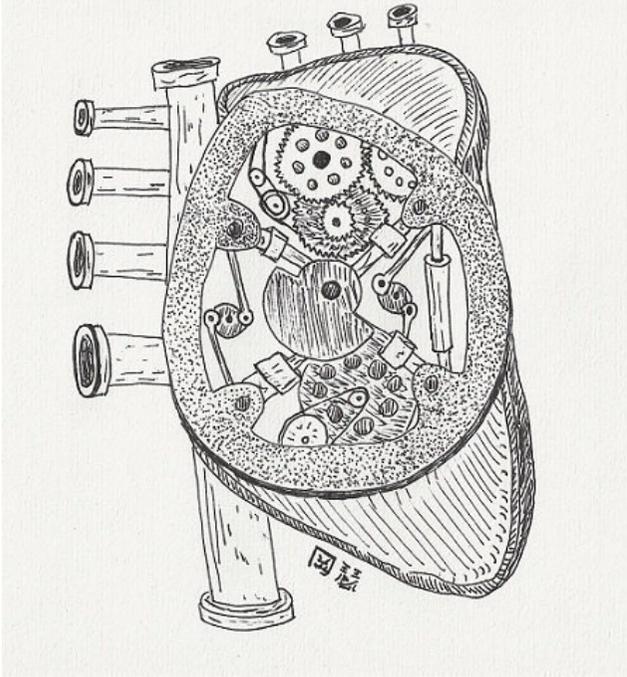


Figura 3. Componentes mecánicos según descritos en el texto Lie Zi.
Fuente: Lizarazo (2024).

La figura 3 muestra una de las primeras descripciones de autómatas que aparece en el texto Lie Zi, atribuido a Lie Yukou (ca.350 a. C.), en el que describe el encuentro, ocurrido varios siglos antes, entre el rey Mu de Zhou (1023-957 a. C.) y un «artífice» conocido como Yan Shi. En este encuentro Shi presenta al rey una supuesta obra mecánica: una figura humana de tamaño natural.

Autómatas en la corte imperial

En varias dinastías chinas, se registraron historias de autómatas que entretenían a las cortes imperiales. Estos dispositivos eran a menudo figuras de animales o humanos que podían moverse

y realizar diversas acciones. Durante la dinastía Han (206 a.C. - 220 d.C.), se construyeron varios autómatas, incluyendo aves mecánicas y figuras humanas que podían imitar acciones humanas como servir vino (Needham, 1965).

Ctesibio de Alejandría (285-222 a.C.). Inventiones mecánicas

Ctesibio, un destacado ingeniero y físico de la Antigua Grecia, es considerado uno de los pioneros en el desarrollo de dispositivos automáticos. Su trabajo sentó las bases para la robótica primitiva mediante la aplicación de principios de neumática e hidráulica en la creación de máquinas ingeniosas. Las invenciones de Ctesibio no solo demostraron la viabilidad de los sistemas automáticos, sino que también inspiraron a generaciones posteriores de ingenieros e inventores. Su enfoque en el uso de principios mecánicos y fluidos es un precursor de muchas tecnologías utilizadas en la robótica moderna.

Sistemas Neumáticos: Ctesibio utilizó el aire como medio para activar dispositivos mecánicos. Creó una serie de autómatas que funcionaban mediante la presión del aire, mostrando una comprensión avanzada de la mecánica de fluidos para su época.

Sistemas Hidráulicos: Uno de sus inventos más conocidos es el syrnix, un órgano musical que utilizaba agua para producir sonido. Este dispositivo no solo demostraba su capacidad de innovar en la música, sino también su entendimiento de los principios hidráulicos.

Autómatas: Ctesibio diseñó autómatas que podían realizar tareas simples, como el movimiento de figuras o la activación de mecanismos a través del flujo de aire o agua. Estos autómatas eran una muestra temprana de cómo la tecnología podía imitar la acción humana.

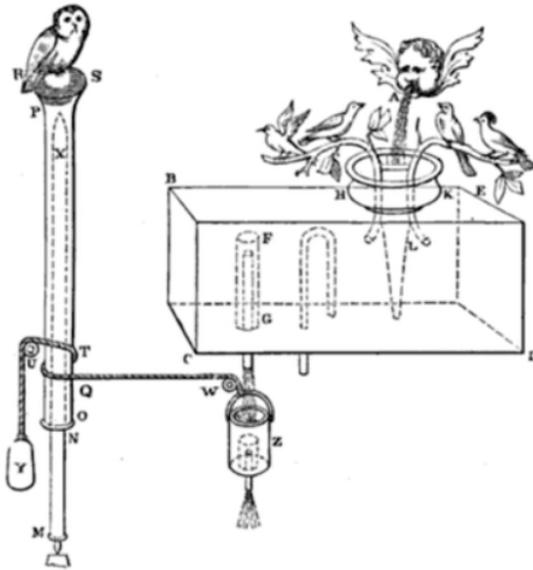


Figura 4. Pájaros que cantan y se callan de forma alternada con un flujo de agua.

Fuente: Barros & Bravo (2001).

La figura 4 muestra uno de los mecanismos autómatas diseñados por Ctesibio, el cual consiste en pájaros que cantan y se callan de forma alternada con un flujo de agua.

Herón de Alejandría (10-70 d.C.)

Herón de Alejandría fue un ingeniero, matemático e inventor cuya obra tuvo un impacto significativo en la tecnología de su tiempo. Su tratado “Autómata” es fundamental en la historia de la robótica, ya que describe diversas máquinas que operan utilizando vapor y aire comprimido. Las ideas de Herón no solo influyeron en su tiempo, sino que sentaron los cimientos para el desarrollo de la ingeniería y la robótica. Su enfoque en la automatización y el uso de principios científicos en el diseño de dispositivos mecánicos es un precursor clave de las tecnologías robóticas actuales.

Máquinas de vapor

Herón es conocido por su invención de una de las primeras máquinas de vapor conocida como eolípila, llamada aeródromo, que funcionaba mediante el calentamiento de agua para crear vapor y así mover un pistón. Este principio es fundamental para muchas tecnologías modernas, incluyendo las que se utilizan en robótica.



Figura 5. Eolípila desarrollada por Herón.

Fuente: (Wikipedia, 2024).

La figura 5 muestra la eolípila, el cual era un dispositivo compuesto por una esfera vacía unida a una caldera mediante dos tubos curvados y robustos. La caldera, llena de agua, se calentaba hasta hervir, lo que generaba vapor que ascendía a través de los tubos hacia la esfera. Este vapor se liberaba por dos tubos estrechos y curvados, lo que provocaba que la esfera girara a gran velocidad (Fundación Wikimedia, 2024).

El Tratado "Autómata"

En este tratado, Herón describió varios dispositivos automáticos, como puertas que se abrían solas, estatuas que podían hablar y

juguetes mecánicos que se movían por medio de mecanismos de aire o vapor. Estos autómatas eran ejemplos claros de ingenio mecánico, anticipando conceptos que serían esenciales en la robótica moderna.



Figura 6. Tratado autómatas .

Fuente: Ortiz (2023).

La figura 6 muestra el libro escrito por Herón de Alejandría, en el cual se describen una gran cantidad de invenciones desarrolladas por Herón, bases de la robótica moderna.

Mecanismos de aire comprimido

Herón utilizó el aire comprimido para activar dispositivos mecánicos, creando un sistema que podría ser considerado uno de los primeros ejemplos de control automático. Esto muestra su capacidad para combinar diversas disciplinas, desde la física hasta la ingeniería.

Edad Media

Durante la Edad Media, la ingeniería y la invención de dispositivos mecánicos experimentaron un desarrollo significativo, especialmente en el mundo islámico. Uno de los ingenieros más destacados de este período fue Al-Jazari.

Al-Jazari (1136-1206)

Al-Jazari fue un ingeniero musulmán cuyas contribuciones a la ingeniería mecánica han sido reconocidas por su ingenio y creatividad. Es conocido por su libro *El Libro del Conocimiento de Ingenios Mecánicos Ingeniosos* (*Kitab fi ma'rifat al-hiyal al-handasiya*), escrito en 1206. Este libro es una compilación detallada de dispositivos mecánicos innovadores, incluyendo relojes de agua y diversos autómatas.

Relojes de agua

Al-Jazari diseñó varios tipos de relojes de agua que no solo indicaban la hora, sino que también incorporaban movimientos automáticos y figuras animadas. Estos relojes eran precisos y se utilizaban tanto para la astronomía como para el entretenimiento.



Figura 7. Reloj de Agua con forma de elefante.

Fuente: Fundación Wikimedia (2023).

La figura 7 muestra El Libro del Conocimiento de Ingenios Mecánicos Ingeniosos (Kitab fi ma'rifat al-hiyal al-handasiya), donde se detalla el funcionamiento de varios dispositivos e inventos incluyendo los relojes de agua.

Autómatas

Entre sus autómatas más famosos se encuentra un barco con músicos automáticos que actuaban para los invitados en eventos reales. Este dispositivo incluía un conjunto de figuras que tocaban música de manera automática mediante un complejo sistema de engranajes y válvulas.

El trabajo de Al-Jazari no solo influyó en la ingeniería mecánica, sino que también sentó las bases para futuros desarrollos en la robótica y la automatización (Hill, 1974).

Renacimiento y Edad Moderna

El Renacimiento y la Edad Moderna fueron períodos de grandes avances en la ciencia y la tecnología. Figuras como Leonardo da Vinci y Jacques de Vaucanson hicieron contribuciones significativas al campo de la robótica y la mecánica.

Leonardo da Vinci (1452-1519)

Leonardo da Vinci, conocido por su talento multifacético, realizó importantes contribuciones a la ingeniería y la mecánica. Entre sus numerosos diseños se encuentra el “Caballero Mecánico”.

El Caballero Mecánico: Leonardo diseñó un autómatas humanoide que podía realizar una serie de movimientos, como sentarse, agitar los brazos y mover la cabeza y la mandíbula. Este dispositivo, también conocido como “robot de Leonardo”, funcionaba mediante un complejo sistema de poleas y cables, mostrando un conocimiento avanzado de la anatomía y la mecánica. Aunque no se sabe si el caballero fue construido durante su vida, sus diseños proporcionan una visión temprana de la robótica (Rosheim, 2006).

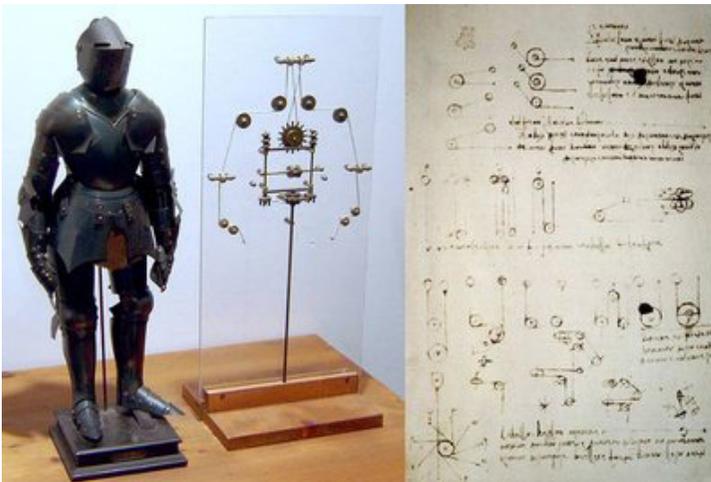


Figura 8. Autómata desarrollado por Leonardo da Vinci.

Fuente: Lizarazo (2024).

La figura 8 muestra un autómata desarrollado por Leonardo da Vinci autómata capaz de emular a la perfección los movimientos del hombre.

Jacques de Vaucanson (1709-1782)

Jacques de Vaucanson fue un inventor francés que creó algunos de los autómatas más avanzados de su tiempo.

El Pato Digestivo: Vaucanson es más conocido por su “Pato Digestivo”, un autómata que podía imitar las acciones de comer, digerir y defecar. El pato estaba diseñado con un sistema complejo de mecanismos que permitían estas funciones, incluyendo una bomba para los fluidos y una serie de engranajes y poleas. Este dispositivo no solo fascinó al público, sino que también demostró los límites de la tecnología mecánica de la época (Riskin, 2016).

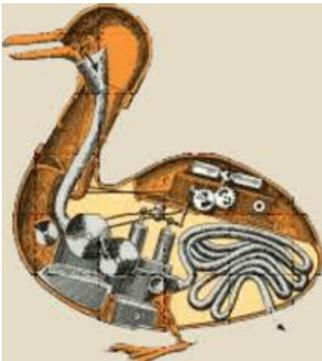


Figura 9. Pato Digestivo de Jacques de Vaucanson.

Fuente: Historia robótica timeline (2024).

La figura 9 muestra el pato con aparato digestivo, que fue creado en 1738 y se considera la primera mascota robótica de la historia.

Otros Autómatas: Vaucanson también creó otros dispositivos notables, como el “Flautista Automático”, que podía tocar una flauta real mediante un sistema de aire comprimido y mecanismos internos que controlaban los dedos y la boca del autómata.



Figura 10. Flautista automático de Jacques de Vaucanson.

Fuente: Historia robótica timeline (2024).

La figura 10 muestra el flautista creado por Jacques de Vaucanson, un muñeco de tamaño natural que podía tocar la flauta y además también el tambor con un total de hasta 12 canciones.

Revolución Industrial (siglo XVIII-XIX):

La industria, la economía y la tecnología experimentaron cambios significativos durante la Revolución Industrial. Aunque durante este período no se construyeron robots en el sentido moderno, los avances en máquinas, herramientas y la automatización industrial pusieron las bases para el desarrollo de la robótica en el futuro. Aquí se enumeran las características más significativas que contribuyeron a la evolución de la robótica.

Máquinas, herramientas y precisión mecánica

Las máquinas y herramientas desarrolladas durante la Revolución Industrial fueron fundamentales para la fabricación de componentes con precisión, una necesidad crucial en la robótica.

Torno mecánico de Henry Maudslay

El torno mecánico, desarrollado por Henry Maudslay a finales del siglo XVIII, permitió la producción de piezas intercambiables con alta precisión. Maudslay creó un torno con un carro deslizante que mejoró significativamente la precisión en el mecanizado de piezas. La capacidad de producir componentes estándar y precisos es esencial en la construcción de robots, donde la exactitud de las piezas mecánicas afecta directamente el rendimiento y la fiabilidad del sistema (Rolt, 1965).

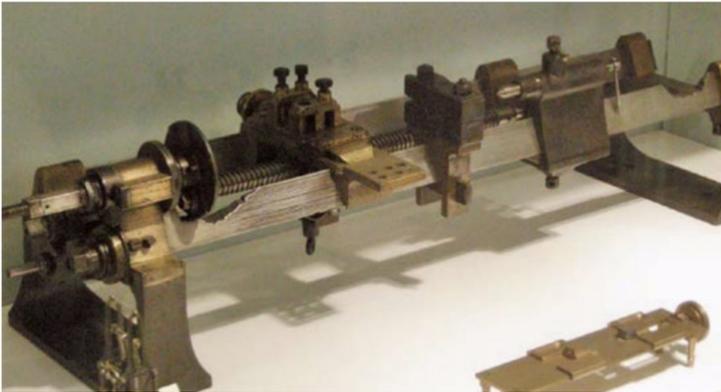


Figura 11. Torno mecánico de Henry Maudslay.

Fuente: Ramírez (2020).

La figura 11 muestra el torno de corte de tornillos construido por Henry Maudslay.

Fresadora de Eli Whitney

Eli Whitney inventó la fresadora en 1818, lo que permitió cortar materiales de forma precisa mediante la rotación de una herramienta de corte. La fresadora facilitó la creación de componentes complejos que son fundamentales en la construcción de robots, donde se requieren piezas con geometrías específicas para ensamblajes precisos (Woodbury, 1960).

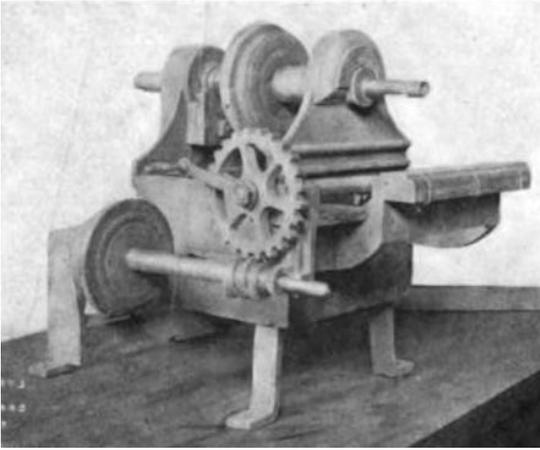


Figura 12. Fresadora de Eli Whitney.

Fuente: Industria (2018).

La figura 12 muestra la fresadora inventada por Eli Whitney en 1818.

Automatización industrial

La automatización industrial, impulsada por inventos como el telar automático de Jacquard, proporcionó los primeros ejemplos de sistemas controlados programáticamente, un concepto central en la robótica.

Telar automático de Jacquard

El telar automático fue inventado por Joseph Marie Jacquard en 1801 y utilizaba tarjetas perforadas para controlar los patrones de tejido, lo que permitió la automatización de procesos de tejido complejos. Los sistemas de control que se utilizan en la robótica contemporánea provienen de este sistema de control programable. Los sistemas de control numérico y, más tarde, las computadoras programables, que son componentes esenciales de los robots actuales, surgieron como resultado de las tarjetas perforadas de Jacquard. (Essinger, 2004).



Figura 13. Telar de Jacquard.

Fuente: Medina (2019).

La figura 13 muestra la máquina de telar de Jacquard, la cual usa tarjetas perforadas impresas para programar patrones que luego se tejen en la tela.

Máquinas de transferencia y líneas de ensamblaje

Aunque las líneas de ensamblaje se implementaron de manera efectiva a principios del siglo XX, sus principios se basaron en los avances de la Revolución Industrial. La idea de dividir el trabajo en tareas pequeñas y repetitivas, que pueden ser realizadas por máquinas, es un concepto fundamental en la robótica industrial. Henry Ford popularizó este método, permitiendo una producción más rápida y eficiente. La robótica industrial moderna aplica estos principios mediante robots programados para realizar tareas repetitivas con alta precisión y velocidad (Hounshell, 1985).

Siglo XX: El Surgimiento de la robótica moderna

El siglo XX fue testigo del surgimiento de la robótica moderna, esta etapa se encuentra marcada por avances significativos en tecnología, IA y la creación de robots industriales. Estos desarrollos sentaron las bases para la robótica tal como la conocemos hoy.

El término «Robot» (1920)

El término «Robot» fue introducido por el dramaturgo checo Čapek en su obra de teatro R.U.R. (*Rossum's Universal Robots*), estrenada en 1920. La palabra “robot” deriva del checo “robotá”, que significa “trabajo forzado” o “servidumbre”. En la obra, los robots eran seres artificiales creados por Rossum's Universal Robots para realizar trabajos manuales y repetitivos, pero eventualmente se rebelan contra sus creadores, planteando cuestiones sobre la ética y las implicaciones sociales de la automatización (Čapek, 1920).



Figura 14. R. U. R. (Robots Universales Rossum).

Fuente: Fundación Wikimedia (2024).

La figura 14 muestra un poster de R. U. R. (Robots Universales Rossum) —en checo, R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti)— es una obra teatral de ciencia ficción. Escrita por el checo Karel Čapek en 1920, se estrenó en 1921 en el Hradec Králové y en Nueva York en 1922.

Primera generación de robots industriales (1950s-1960s)

George Devol y Joseph Engelberger son considerados los padres de la robótica industrial. En 1954, Devol inventó el primer dispositivo robótico programable, al que llamó “Unimate”. En colaboración con Engelberger, este robot fue desarrollado y finalmente implementado por General Motors en 1961. Unimate fue utilizado en la planta de ensamblaje de General Motors en Nueva Jersey para realizar tareas repetitivas y peligrosas, como la manipulación de piezas de metal caliente. Esta implementación marcó el comienzo del uso de robots en la industria manufacturera (Engelberger, 1982).



Figura 15. George Devol junto al “Unimate”.

Fuente: Ecured (2024).

La figura 15 muestra a George Devol y el brazo robótico Unimate, un robot que se considera el primer robot industrial de la historia, el cual fue diseñado para levantar y apilar grandes piezas de metal caliente de hasta 225 kilos de una troqueladora de fundición por inyección.

IA y Robótica 1956

Se cree que la Conferencia de Dartmouth en 1956, organizada por John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon, fue el nacimiento oficial de la IA. Investigadores que

están interesados en la creación de máquinas inteligentes se reunieron en esta conferencia. John McCarthy inventó el término “IA” y la conferencia fomentó la investigación y el desarrollo de IA y robótica. El uso de la IA en la robótica ha permitido la creación de robots más sofisticados y autónomos que pueden realizar tareas complejas y adaptarse a entornos cambiantes (McCarthy et al., 1956).



Figura 16. Conferencia en Dartmouth sobre IA.

Fuente: Vega (2014).

La figura 16 muestra los organizadores de la conferencia en Dartmouth sobre IA, Marvin Minsky, John McCarthy y Claude Shannon. La conferencia reunió a todos los que trabajaban en el recién estrenado campo de la IA.

Avances en la robótica contemporánea

La robótica moderna ha experimentado un crecimiento exponencial en su desarrollo y aplicación en una amplia gama de campos. A continuación se enumeran algunos de los desarrollos más importantes en este campo.

Robots autónomos y móviles - Shakey (1966-1972)

En 1966 se desarrolla el robot Shakey, el cual fue el primer robot móvil con la habilidad de razonar en base a sus acciones y

posteriormente tomar decisiones en un entorno no estructurado. Desarrollado por el Stanford Research Institute (1972), Shakey combinó varias tecnologías de IA y robótica para navegar y realizar tareas simples en su entorno. Este robot podía percibir su entorno a través de sensores, planificar su ruta y ejecutar movimientos basados en una representación interna del mundo.

Shakey utilizaba un sistema de representación simbólica para comprender su entorno y tomar decisiones. Aunque sus movimientos eran lentos y limitados, su capacidad para razonar y adaptarse a diferentes situaciones sentó las bases para futuros desarrollos en robótica móvil y autónoma (Nilsson, 1984).

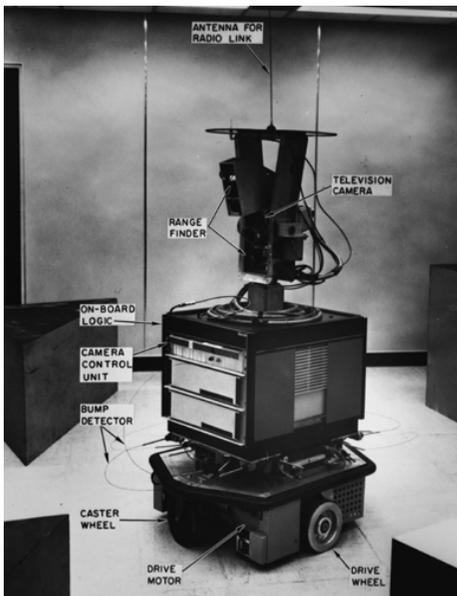


Figura 17. Robot Shakey.

Fuente: Trinick(2024).

La figura 17 muestra el primer robot móvil de propósito general, el robot Shakey, fue capaz de razonar sobre sus propias decisiones. Considerado como el primer robot en usar la IA.

Robótica humanoide - ASIMO (2000)

Advanced Step in Innovative Mobility o simplemente ASIMO es un robot humanoide creado por Honda y presentado en 2000. ASIMO tiene la capacidad de caminar, correr, subir escaleras y realizar tareas complejas de interacción humana como parte de su diseño. El sistema de control sofisticado de este humanoide le permite mantener el equilibrio y coordinar sus movimientos de manera similar a la de un ser humano.

ASIMO también puede reconocer caras y voces, lo que le permite interactuar con las personas de manera más natural. Su desarrollo representa un hito en la robótica humanoide, demostrando la posibilidad de crear robots que puedan integrarse en entornos humanos y realizar tareas cotidianas (Honda Motor Co., Ltd., 2000).



Figura 18. Robot Asimo año 2000.

Fuente: Honda Motor Co., Ltd (2024).

La figura 18 muestra al robot Asimo en su primera presentación ante el mundo.

Robots en el espacio - Mars Rover (1997-presente)

Los Rovers de Marte son una serie de robots exploradores enviados por la NASA para investigar la superficie marciana. Desde el lanzamiento de Sojourner en 1997, los Rovers han jugado un papel crucial en la exploración del planeta rojo. Estos robots están equipados con instrumentos científicos avanzados para analizar el suelo, rocas y la atmósfera de Marte.

Rovers como Spirit y Opportunity, lanzados en 2003, y Curiosity, en 2012, han proporcionado información valiosa sobre el ambiente marciano y la posibilidad de vida pasada en el planeta. Más recientemente, Perseverance, lanzado en 2020, ha continuado esta tradición, realizando investigaciones detalladas y recolectando muestras para futuras misiones (NASA, 2021).



Figura 19. Mars Exploration.

Fuente: Fundación Wikimedia (2024).

La figura 19 muestra al robot explorador Rovers, considerado uno de los robots más tecnológicos de la actualidad.

Sistema quirúrgico Da Vinci

El robot Da Vinci es una de las innovaciones más importantes en el campo de la cirugía mínimamente invasiva. Utilizando tecnología robótica avanzada, permite a los cirujanos realizar procedimientos complejos con mayor precisión, flexibilidad y control que las técnicas tradicionales. Este sistema consta de una consola donde el cirujano maneja instrumentos robóticos miniaturizados que permiten movimientos precisos a través de pequeñas incisiones. La visualización tridimensional y la capacidad de realizar movimientos delicados reducen el riesgo de complicaciones, mejoran la recuperación del paciente y disminuyen el tiempo de hospitalización.

Tabla 1. Resumen de los Principales Eventos Históricos en Robótica.

Año	Evento	Descripción
c. 285-222 a.C.	Invencciones de Ctesibio	Desarrollo de dispositivos automáticos utilizando neumática e hidráulica.
c. 10-70 d.C.	Herón de Alejandría y "Autómata"	Tratado sobre máquinas operadas por vapor y aire comprimido.
1136-1206	Al-Jazari y "El Libro del Conocimiento de Ingenios Mecánicos Ingeniosos"	Dispositivos como relojes de agua y autómatas.
1452-1519	Leonardo da Vinci y el "Caballero Mecánico"	Diseño de un autómatas humanoide mediante un sistema de poleas y cables.
1709-1782	Jacques de Vaucanson y el "Pato Digestivo"	Creación de autómatas mecánicos que imitaban funciones biológicas.
1920	Karel Čapek y la palabra "robot"	Introducción del término "robot" en la obra de teatro "R.U.R."
1956	Conferencia de Dartmouth	Evento que marcó el nacimiento oficial de la IA.

Tabla 1. Resumen de los Principales Eventos Históricos en Robótica. (Continuación)

1961	Primer uso de Unimate en General Motors	Primer robot industrial utilizado en una línea de producción.
1966-1972	Desarrollo de Shakey	Primer robot móvil con capacidad de razonar sobre sus acciones.
2000	ASIMO de Honda	Desarrollo de un robot humanoide capaz de caminar y correr en dos piernas.
1997-Pre-sente	Mars Rover	Robots exploradores enviados a Marte para investigaciones científicas.
2000-Pre-sente	Sistema Quirúrgico Da Vinci	Sistema robótico para cirugía mínimamente invasiva.

1.3. Conceptos básicos y terminología de robótica

La robótica es un campo complejo y multidisciplinario que combina conocimientos de diversas áreas de la ingeniería y la ciencia. A continuación, se describen los conceptos y la terminología más fundamentales para entender este campo.

Definición de robótica

La robótica es una rama de la ingeniería y la ciencia que implica la concepción, diseño, fabricación y operación de robots. Un robot es una máquina programable con la capacidad de realizar tareas de manera autónoma o semiautónoma, con frecuencia imitando o mejorando las capacidades de las personas. Aunque la robótica es un campo relativamente nuevo en nuestra sociedad, su origen se remonta a muchos años atrás. A continuación, examinaremos en detalle la evolución de la robótica desde sus inicios hasta lo que conocemos hoy como robot.

Robot

Un robot es un dispositivo electromecánico capaz de realizar tareas de manera independiente o parcialmente independiente.

Los robots pueden estar diseñados para realizar tareas específicas en entornos controlados, como la fabricación, o pueden estar adaptados para operar en entornos dinámicos y desconocidos.

Controlador

Un controlador es un sistema de procesamiento que recibe datos de los sensores, toma decisiones basadas en esos datos y envía comandos a los actuadores. Los controladores pueden ser microcontroladores, procesadores embebidos, o sistemas más avanzados como las unidades de procesamiento gráfico (GPU) para aplicaciones de IA.



Figura 20. Controladores usados en la robótica.

Fuente: Pololu Corporation (2024).

La figura 20 muestra un controlador usado en proyectos de robótica. Cabe recalcar que hay una gran cantidad de diferentes controladores.

Cinemática y dinámica

Cinemática: Estudio de los movimientos de los robots sin considerar las fuerzas que los causan. Incluye la cinemática directa (calcular la posición y orientación final de un robot dado un conjunto de movimientos) y la cinemática inversa (calcular los movimientos necesarios para alcanzar una posición y orientación deseada).

Dinámica: Estudio de las fuerzas y torques que causan el movimiento. La dinámica es crucial para el diseño de controladores que garanticen movimientos suaves y precisos.

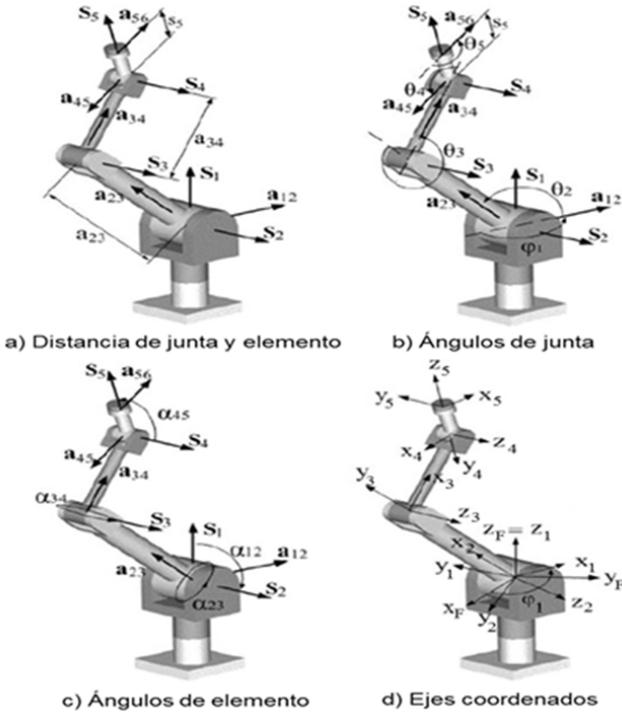


Figura 21. Cinemática de velocidad de un brazo robótico.

Fuente: Martínez et al. (2017).

La figura 21 muestra la representación de la cinemática de un brazo robótico, la cual dice cómo mover cada articulación para que la mano del robot llegue exactamente al lugar donde queremos.

Grado de libertad (DOF)

El grado de libertad se define como la cantidad de movimientos independientes que puede hacer un robot. Cada grado de libertad equivale a un movimiento posible en una dirección o alrededor de un eje específico.



Figura 22. Brazo robótico con 6 grados de libertad.

Fuente: Moodlehub (2024).

La figura 22 muestra un brazo robótico con 6 grados de libertad.

Efactor final

La herramienta o dispositivo al final del brazo robótico que interactúa con el entorno se conoce como el efector final. Pinzas, soldadores, cámaras y herramientas de corte son ejemplos.



Figura 23. Diferentes efectores finales para brazos robóticos.

Fuente: Infoplc (2024).

La figura 23 muestra los efectores finales, también conocidos como herramientas de extremo de brazo (EOAT).

Planificación de movimiento

La determinación de la secuencia de movimientos que un robot debe realizar para completar una tarea se conoce como planificación de movimientos.

- **Planificación de Trayectorias:** Determinar la trayectoria específica que un robot debe seguir.
- **Planificación de Caminos:** Determinar el camino que un robot debe tomar para moverse de un punto a otro, evitando obstáculos.

1.4. Importancia de la robótica en la sociedad moderna

La robótica se ha convertido en una disciplina importante en la sociedad moderna y ha tenido un impacto en una variedad de aspectos de la vida diaria, la industria, la medicina y la ciencia. La

evolución de la robótica y su incorporación en diversos sectores han generado un cambio significativo, lo que ha resultado en soluciones innovadoras y efectivas a problemas complejos. Este avance enfatiza el papel de la robótica en la sociedad moderna. A continuación, se enumeran algunas de las áreas en las que la robótica se ha convertido en un componente crucial.

Automatización y eficiencia industrial

La robótica ha tenido un impacto significativo en una serie de áreas, incluida la automatización industrial. Los robots industriales mejoran la eficiencia y la seguridad en la manufactura al realizar tareas repetitivas, peligrosas o que requieren alta precisión. La revolución industrial comenzó con la introducción del robot Unimate en 1961 (Engelberger, 1989). Los robots actuales en las líneas de ensamblaje de automóviles, electrónica y otros sectores industriales mejoran la productividad y garantizan la calidad del producto (Siciliano & Khatib, 2016).



Figura 24. Plantas industriales automatizadas.

Fuente: Motorpasión (2024).

La figura 24 muestra el proceso de ensamblaje de autos completamente automatizado con la ayuda de brazos robóticos.

Innovaciones médicas

La robótica ha transformado la medicina mediante la creación de sistemas robóticos avanzados para cirugía, rehabilitación y cuidado del paciente. El sistema quirúrgico Da Vinci es un ejemplo destacado, permitiendo realizar cirugías mínimamente invasivas con alta precisión y reduciendo el tiempo de recuperación del paciente (Intuitive Surgical, Inc., 2000). Además, los robots de asistencia médica y rehabilitación, como los exoesqueletos, ayudan a los pacientes a recuperar movilidad y autonomía (Bekey, 2005).



Figura 25. Robot Da Vinci en funcionamiento.

Fuente: Operarme (2024).

La figura 25 muestra el sistema de brazos robóticos quirúrgico llamado Da Vinci, el cual es considerado como el instrumento quirúrgico más sofisticado dentro de la robótica médica.

Exploración espacial y submarina

La robótica ha sido crucial en la exploración de entornos inaccesibles para los humanos. Los robots exploradores enviados

a Marte, como el Mars Rover, han proporcionado datos valiosos sobre la geología y el clima del planeta rojo, ampliando nuestro conocimiento del sistema solar (NASA, 1997-presente). Asimismo, los robots submarinos permiten explorar las profundidades oceánicas, contribuyendo a la investigación científica y a la exploración de recursos naturales (Craig, 2004).



Figura 26. Robot explorador OceanOne.

Fuente: La Vanguardia (2016).

La figura 26 muestra el robot explorador OceanOne, el cual es un robot que mide aproximadamente 1,5 metros de altura. Posee brazos con manos articuladas, así como una cabeza con un sofisticado sistema de visión binocular y un sistema de IA integrado.

Educación y aprendizaje

En las últimas décadas, la robótica educativa ha ganado popularidad porque promueve las habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) entre los estudiantes. Los programas educativos que involucran la construcción y programación de robots fomentan la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico. Esta capacitación es

fundamental para preparar a las generaciones futuras para los desafíos tecnológicos del siglo XXI (Siciliano & Khatib, 2016).

Con el avance de la tecnología, la robótica se ha vuelto cada vez más accesible para un mayor número de personas. Los programas académicos permiten que los estudiantes se involucren con los robots desde muy temprana edad.

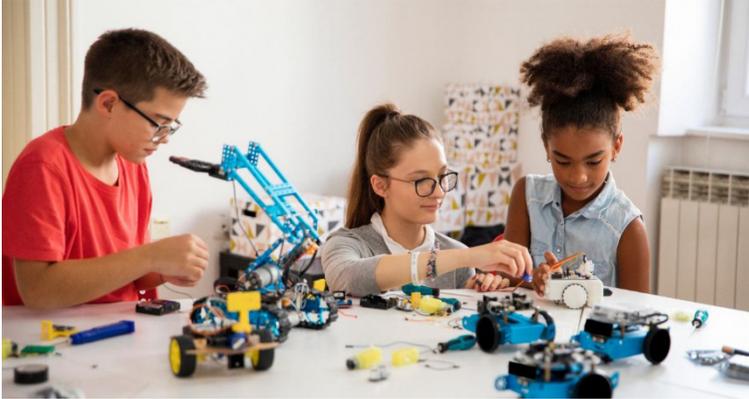


Figura 27. Estudiantes con kits de robótica de bajo costo.

Fuente: Euroinnova Business School S.L (2024).

La figura 27 muestra a un grupo de niños usando kits de robótica especialmente diseñados para una fácil comprensión de los conceptos fundamentales de mecánica y electrónica.

Aplicaciones domésticas y de servicios

Los robots de servicio, como las aspiradoras automáticas, asistentes personales y robots de cocina, están cada vez más presentes en los hogares, mejorando la calidad de vida al realizar tareas domésticas tediosas o repetitivas. Asistentes robóticos como Amazon Alexa y Google Home integran IA para proporcionar información, entretenimiento y control de dispositivos inteligentes

en el hogar, haciendo la vida diaria más conveniente y eficiente (Bekey, 2005).



Figura 28. Robot aspirador comercial.

Fuente: Electrolux (2024).

La figura 28 muestra a uno de los modelos de aspiradoras comercializadas por la marca Electrolux.

Seguridad y defensa

Dentro del contexto de la seguridad y defensa, los robots desempeñan roles cruciales en la desactivación de bombas, la vigilancia y el rescate en situaciones de desastre. Los drones y robots terrestres proporcionan capacidades de reconocimiento y monitoreo sin poner en riesgo la vida humana. Estas tecnologías han demostrado ser vitales en operaciones militares y en la respuesta a emergencias naturales y provocadas por el hombre (Engelberger, 1989).



Figura 29. Robot desactivador de bombas usado por el ejército.

Fuente: Com.tr (2024).

La figura 29 muestra a un robot desactivador de bombas usados en situaciones de extremo peligro para los soldados.

La robótica ha demostrado ser una tecnología transformadora con un impacto profundo en múltiples sectores de la sociedad moderna. Desde la mejora de la eficiencia industrial hasta la revolución en la medicina, la exploración de nuevos mundos y la facilitación de la vida diaria, la robótica sigue expandiendo sus fronteras. La atención a los desafíos éticos y sociales es primordial para garantizar que los beneficios de la robótica sean equitativos y sostenibles.

CAPÍTULO II.

Tecnologías de robótica avanzada



2.1. Ingeniería moderna

El avance en la robótica ha sido impulsado por el desarrollo de tecnologías innovadoras que permiten a los sistemas robóticos operar de manera más eficiente, precisa y autónoma. Este capítulo se centra en las tecnologías avanzadas que han transformado la robótica moderna, explorando herramientas y técnicas fundamentales que mejoran la percepción, el control y la interacción de los robots con su entorno.

Comenzaremos con un análisis detallado de la visión por computadora, una disciplina clave que habilita a los robots para detectar y reconocer objetos mediante el procesamiento de imágenes. Discutiremos conceptos como la segmentación semántica y sus aplicaciones en la identificación y clasificación de objetos, elementos esenciales para la interacción efectiva entre robots y entornos dinámicos.

A continuación, se examinarán los sensores avanzados, que

son fundamentales para la recopilación de datos del entorno. Se abordarán diversos tipos de sensores, como cámaras, LIDAR, sensores de fuerza y torque, así como sensores táctiles e inerciales (IMUs). También se explorarán sensores específicos para la detección de gases y compuestos químicos, y sus aplicaciones en escenarios industriales y de seguridad.

La sección dedicada a los actuadores avanzados discutirá diversas tecnologías, incluyendo actuadores eléctricos, piezoeléctricos, hidráulicos y neumáticos, así como actuadores flexibles y suaves. Además, se presentarán los actuadores musculares artificiales, que imitan el comportamiento de los músculos biológicos.

La selección de materiales es crucial en el diseño y construcción de sistemas robóticos. Por ello, se revisarán materiales avanzados, incluyendo compuestos, fibra de carbono y aleaciones de níquel-titanio (Nitinol), así como su aplicación en actuadores basados en memoria de forma y materiales suaves, como polímeros electroactivos y elastómeros.

Además, se discutirá la importancia de la energía y potencia en la robótica, abordando tecnologías de baterías de alta densidad energética, así como sistemas de energía renovable y tecnologías de recarga rápida que son esenciales para la operación continua de robots en entornos industriales y remotos.

El capítulo también introducirá conceptos de robótica colaborativa, que enfatiza la interacción y cooperación entre humanos y robots. La realidad aumentada y su aplicación en la visualización del diseño y programación interactiva también se explorarán como herramientas valiosas para mejorar la operación y mantenimiento de los robots.

Por último, se discutirá el impacto del Internet de las Cosas (IoT) en la robótica, incluyendo la interconexión de dispositivos y la comunicación en tiempo real. Se presentarán proyectos destacados y startups que están revolucionando el sector,

destacando cómo estas innovaciones están moldeando el futuro de la robótica.

Este capítulo ofrece una visión comprensiva de las tecnologías avanzadas que son fundamentales para la robótica moderna, proporcionando un marco esencial para entender las capacidades actuales y futuras de los sistemas robóticos.

Las tecnologías de robótica avanzada representan la vanguardia de la ingeniería moderna, combinando innovaciones tecnológicas, sensores de alta precisión y actuadores sofisticados para crear sistemas robóticos cada vez más autónomos y adaptativos. Estos avances no solo amplían las capacidades operativas de los robots en entornos diversos y complejos, como la manufactura flexible y la exploración espacial, sino que también prometen revolucionar sectores como la medicina, la agricultura y la logística. Con el potencial de mejorar la eficiencia, la seguridad y la calidad de vida, las tecnologías de robótica avanzada están abriendo nuevas fronteras en la interacción entre humanos y máquinas, preparando el terreno para un futuro donde la colaboración entre robots y humanos sea aún más estrecha y productiva.

Las innovaciones en diversas tecnologías han impulsado el desarrollo de la robótica en las últimas décadas. Los sistemas robóticos más avanzados, autónomos y eficientes son posibles gracias a estas tecnologías. Aunque estas tecnologías se utilizan en la robótica, funcionan de manera independiente. A continuación se detalla el principio básico de estas tecnologías dentro de la robótica.

2.2. Visión por computadora

La visión por computadora es un campo de la IA en el que las máquinas interpretan y comprenden imágenes y videos. Los sistemas automatizados pueden realizar tareas como el reconocimiento de objetos, la detección de rostros, la identificación de patrones, la segmentación de imágenes y la interpretación

del entorno en tiempo real porque utiliza algoritmos y modelos avanzados para procesar, analizar y extraer información relevante de los datos visuales. Aplicaciones como la navegación autónoma de vehículos, la inspección y control de calidad en la manufactura, la vigilancia y la seguridad, así como la realidad aumentada y la robótica, dependen de esta tecnología para permitir que los sistemas inteligentes interactúen y comprendan el mundo visual.



Figura 30. Brazo robótico de la marca KUKA con cámara.

Fuente: KUKA (2016).

La figura 30 muestra un brazo robótico de la marca KUKA, trabajando en una con la ayuda de una cámara (necesario para la visión artificial).

Detección y reconocimiento de objetos

La detección y reconocimiento de objetos son dos aspectos clave en el campo de la visión por computadora y la IA. La detección de objetos significa identificar y localizar instancias de objetos de categorías predefinidas dentro de una imagen o un video.

Utiliza algoritmos para dibujar cuadros delimitadores alrededor de los objetos detectados y puede manejar múltiples objetos simultáneamente.

El reconocimiento de objetos, por otro lado, se refiere a la identificación específica y clasificación de los objetos detectados dentro de una categoría predefinida. Mientras que la detección se enfoca en encontrar la ubicación de los objetos, el reconocimiento se centra en asignar una etiqueta o nombre a esos objetos.

Ambas tareas son fundamentales para aplicaciones prácticas como la conducción autónoma, donde los vehículos deben detectar y reconocer peatones, otros vehículos y señales de tráfico, así como en sistemas de vigilancia, donde es necesario identificar personas y comportamientos sospechosos, y en aplicaciones industriales para la inspección y control de calidad.

Ejemplo: Los sistemas de detección de objetos como YOLO (You Only Look Once) permiten que los robots realicen tareas como la navegación y la manipulación de objetos (Redmon et al., 2016). YOLO es un sistema del estado del arte, que utiliza una red neuronal convolucional para la detección de objetos en tiempo real.

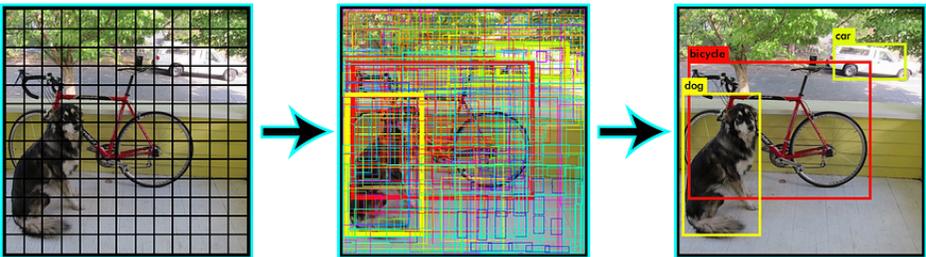


Figura 31. Detección de objetos con el sistema YOLO.

Fuente: Medium (2018).

La figura 31 muestra el proceso de reconocimiento de objetos usados por el algoritmo YOLO.

Segmentación semántica

La segmentación semántica es un proceso en la visión por computadora que implica clasificar cada píxel existente de una imagen en una categoría específica, proporcionando una comprensión detallada y precisa del contenido visual. A diferencia de la detección de objetos, que identifica y delimita objetos con cuadros alrededor, la segmentación semántica asigna una etiqueta o identificación a cada píxel, permitiendo delinear con precisión los bordes y contornos de los objetos. “La segmentación semántica es esencial para que los robots entiendan el contexto de su entorno” (Long et al., 2015).



Figura 32. Proceso de reconocimiento usando segmentación somática.

Fuente: Carierista (2024).

La figura 32 muestra el proceso de reconocimiento de objetos usando la segmentación somática, lo que permite tener una mayor precisión.

Aplicaciones de la segmentación semántica

Ejemplo 1: En vehículos autónomos, la segmentación semántica ayuda a identificar y distinguir entre carreteras, señales de tráfico, peatones, y otros vehículos.

Ejemplo 2: En imágenes médicas, esta técnica se utiliza para segmentar y analizar estructuras anatómicas específicas, como órganos y tumores.

Ejemplo 3: Permite la identificación precisa de cultivos y malezas para una gestión agrícola más efectiva.

Ejemplo 4: Mejora la interacción del usuario con el entorno al distinguir objetos y superficies de manera precisa.

Ejemplo 5: Los robots pueden utilizar la segmentación semántica para navegar y manipular objetos en su entorno con mayor precisión.

2.3. Sensores avanzados

Los sensores avanzados son fundamentales para el desarrollo de la robótica moderna, proporcionando a los robots la capacidad de percibir, interpretar y reaccionar al entorno en tiempo real. Estos sensores recopilan datos esenciales que permiten a los robots realizar tareas complejas con precisión y seguridad. La tecnología de sensores ha avanzado, permitiendo a los robots obtener información más precisa y detallada. Aquí se detallan algunos de los sensores más avanzados y su importancia en la robótica:

Sensores de visión

Cámaras: Las cámaras proporcionan datos visuales que pueden ser procesados para tareas de reconocimiento de objetos, navegación y monitoreo. Las cámaras RGB-D (que capturan tanto color como profundidad) son especialmente útiles en robótica para obtener información tridimensional del entorno. Las

cámaras y sistemas de visión por computadora permiten a los robots interpretar su entorno visualmente, facilitando tareas como el reconocimiento de objetos y la navegación. La combinación de visión por computadora con IA ha mejorado significativamente las capacidades de los robots en entornos dinámicos (Krizhevsky et al., 2012).

LIDAR (Light Detection and Ranging): Crea mapas 3D detallados del entorno utilizando láseres para medir distancias con alta precisión. Es esencial para el mapeo y la navegación en vehículos autónomos y robots de exploración. Los robots pueden crear mapas tridimensionales de su entorno utilizando sensores LIDAR, que son esenciales para la navegación autónoma. Estos sensores son comunes en vehículos autónomos y drones.

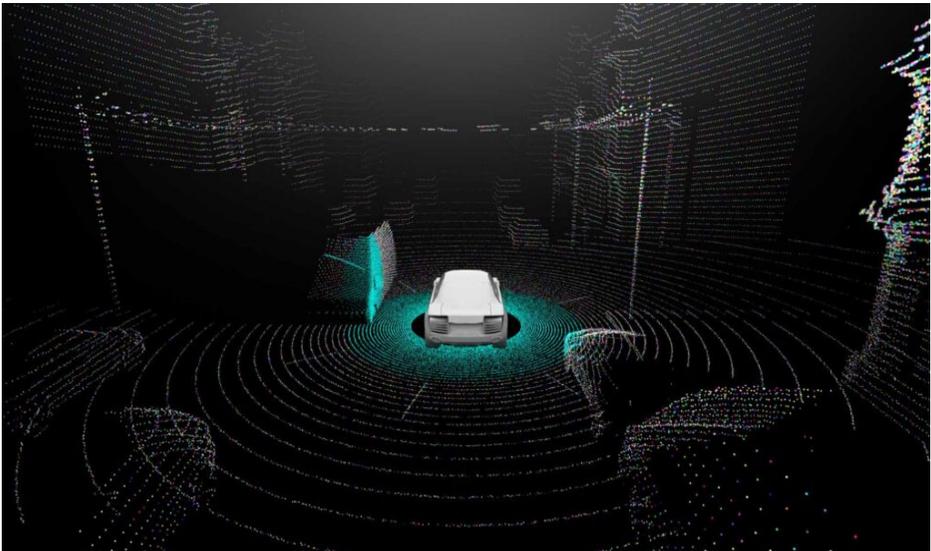


Figura 33. Reconocimiento por puntos con LIDAR.

Fuente: DENSOx (2021).

La figura 33 muestra a un vehículo usando un LIDAR para generar un mapa de su alrededor a través de puntos.

Sensores de fuerza y torque

Estos sensores son fundamentales en la robótica moderna, especialmente en tareas de manipulación y ensamblaje que requieren precisión. Al medir las fuerzas y los momentos (torques) que se aplican en diferentes puntos del robot, permiten controlar y ajustar dinámicamente el comportamiento del robot durante la interacción con su entorno. Los **sensores de fuerza y torque** se integran en las articulaciones de los brazos robóticos o en las pinzas, lo que les permite realizar tareas complejas como ensamblar piezas delicadas, manipular objetos frágiles o interactuar con humanos sin riesgo de causar daño.

Aplicaciones: En robótica colaborativa (cobots), estos sensores permiten que el robot detecte cuándo está aplicando demasiada fuerza y ajuste su movimiento para evitar dañar el objeto o la persona. Son comunes en líneas de montaje automatizadas y electrónica, donde la precisión es crucial.

Sensores Táctiles

Los **sensores táctiles** imitan el sentido del tacto humano, proporcionando a los robots la capacidad de detectar características físicas como la presión, la textura y la temperatura. Estos sensores son vitales en aplicaciones que requieren una manipulación detallada y cuidadosa, como en la industria médica, donde los robots pueden realizar cirugías mínimamente invasivas, o en la electrónica, donde deben ensamblar componentes pequeños y frágiles.

Aplicaciones: En la **industria médica**, los sensores táctiles permiten que robots quirúrgicos, como el Da Vinci, perciban la resistencia de los tejidos humanos. En la **industria electrónica**, ayudan a los robots a ensamblar componentes delicados como chips y sensores sin dañarlos.

Sensores Inerciales (IMUs - Unidad de Medición Inercial)

Las **IMUs** son dispositivos que combinan acelerómetros, giroscopios y, a veces, magnetómetros para medir la aceleración, la velocidad angular y la orientación del robot. Estos sensores permiten a los robots moverse con precisión y mantener la estabilidad, incluso en entornos dinámicos. Son esenciales para drones, robots móviles y wearables, ya que proporcionan datos críticos para la navegación, el equilibrio y el control del movimiento.

Aplicaciones: Los **drones** utilizan IMUs para mantenerse estables y orientarse en el espacio tridimensional, lo que es crucial para tareas como la cartografía o la entrega de paquetes. Los robots móviles autónomos dependen de las IMUs para moverse en terrenos irregulares o realizar movimientos complejos sin perder el equilibrio.

Sensores de proximidad

Los **sensores de proximidad** permiten a los robots detectar la presencia de objetos sin necesidad de contacto físico. Estos sensores pueden basarse en diferentes tecnologías, como infrarrojos, inductivos, capacitivos o ultrasónicos, y cada tipo tiene sus ventajas según la aplicación. Los robots utilizan estos sensores para detectar obstáculos, posicionar objetos y navegar en entornos desconocidos.

Aplicaciones: En la **navegación autónoma**, los sensores de proximidad ayudan a los robots móviles a evitar colisiones, identificando obstáculos a su alrededor. En **líneas de producción**, estos sensores detectan la presencia de componentes para asegurarse de que están en la posición correcta antes de que el robot realice una tarea, como ensamblar o soldar.

Sensores de gas y químicos

Los sensores de gas y químicos permiten a los robots detectar gases tóxicos, inflamables o sustancias químicas peligrosas en su entorno. Estos sensores son esenciales en aplicaciones industriales donde se manejan productos químicos peligrosos o en tareas de monitoreo ambiental, como la detección de fugas de gas en plantas industriales o el análisis de calidad del aire en entornos urbanos.

Aplicaciones: En la **industria alimentaria**, los sensores de gas se utilizan para monitorear los niveles de dióxido de carbono o amoníaco en el proceso de refrigeración o fermentación. En **seguridad y monitoreo ambiental**, los robots equipados con estos sensores pueden detectar fugas de gas en instalaciones industriales o medir la calidad del aire en zonas urbanas.

2.4. Actuadores avanzados

Los actuadores avanzados son esenciales para el desarrollo de la robótica moderna porque permiten que los robots se muevan y manipulen de manera precisa. Convierten las señales de control en movimiento físico al actuar como los “músculos” del sistema robótico. La capacidad de los robots para realizar tareas complejas con alta precisión y eficiencia ha mejorado significativamente gracias a los avances en tecnología de actuadores. Los siguientes son los tipos de actuadores más complejos y su relevancia en la robótica:

Actuadores Eléctricos

Motores DC y Servomotores: Los **motores de corriente continua (DC) y servomotores** son fundamentales en una amplia gama de aplicaciones robóticas debido a su capacidad de proporcionar control preciso de velocidad y posición. Los servomotores, en particular, son clave para tareas que requieren

alta precisión, como en **robótica quirúrgica o robótica industrial**, ya que incluyen mecanismos de retroalimentación que ajustan la posición en tiempo real. El sistema de control de los servomotores incluye un sensor que monitorea la posición actual y compara con la posición deseada, realizando ajustes automáticos para mantener la precisión.

Aplicaciones: Los servomotores se utilizan en **brazos robóticos** para soldadura y ensamblaje en líneas de producción automatizada, así como en robots quirúrgicos que requieren movimientos extremadamente precisos para realizar operaciones mínimamente invasivas.

Motores Paso a Paso: Los **motores paso a paso** son otro tipo de actuador eléctrico que permite el control de la posición angular mediante el uso de pasos discretos. A diferencia de los servomotores, los motores paso a paso no requieren un sensor de retroalimentación, ya que su diseño les permite moverse a intervalos exactos y predecibles. Esto los hace ideales para aplicaciones que necesitan un movimiento preciso, pero no requieren una retroalimentación continua, como impresoras 3D o sistemas de posicionamiento en robótica.

Aplicaciones: Los motores paso a paso son ampliamente utilizados en **impresoras 3D** para controlar el movimiento de las plataformas y extrusores, así como en sistemas **CNC** (control numérico por computadora) para operaciones de fresado y corte.

Actuadores piezoeléctricos

Los **actuadores piezoeléctricos** utilizan materiales que cambian de forma o tamaño cuando se les aplica una corriente eléctrica. Estos actuadores ofrecen movimientos de alta precisión y son extremadamente útiles para aplicaciones que requieren control fino a nivel micrométrico o incluso nanométrico, como en la **micro-robótica** y la **micro manipulación**. Debido a su capacidad para generar movimientos rápidos y precisos, son ideales en la

manipulación de células biológicas, sensores ópticos, o incluso en dispositivos como microscopios de fuerza atómica (AFM).

Aplicaciones: En **micro-robótica** se utilizan para realizar movimientos delicados como la manipulación de microestructuras o la creación de circuitos integrados en la industria de semiconductores.

Actuadores hidráulicos

Los **actuadores hidráulicos** funcionan utilizando líquidos a alta presión para generar movimiento. Son ideales en aplicaciones que requieren **fuerzas altas y resistencia**, siendo capaces de levantar grandes cargas y operar en condiciones exigentes. Estos actuadores se utilizan en **robots industriales** y maquinaria pesada donde es necesario generar una gran cantidad de fuerza, como en operaciones de construcción, minería, y sistemas de transporte.

Aplicaciones: Se utilizan en robots como los que se encuentran en fábricas automotrices para realizar tareas de **prensado y moldeo**, así como en maquinaria pesada para excavación o manipulación de materiales.

Actuadores neumáticos

Los **actuadores neumáticos** utilizan aire comprimido para generar movimiento. Son rápidos, económicos y fáciles de mantener, lo que los hace ideales para **aplicaciones de producción automatizada y sistemas de ensamblaje** que requieren movimientos repetitivos y de alta velocidad. Los actuadores neumáticos se destacan por su capacidad de realizar movimientos rápidos y suaves, además de su resistencia en ambientes de trabajo duros.

Aplicaciones: Son comúnmente empleados en **sistemas de pick-and-place**, donde los robots deben mover piezas de un lugar a otro de manera rápida y eficiente en líneas de ensamblaje de alta velocidad, como en la fabricación de componentes electrónicos.

Actuadores flexibles y suaves

Los **actuadores flexibles y suaves** están diseñados con materiales flexibles, como elastómeros, que les permiten adaptarse a diferentes formas y ejercer fuerzas moderadas sin causar daño. Estos actuadores suelen ser accionados por aire **comprimido** o **fluidos**, y son especialmente útiles en aplicaciones donde se requiere un contacto suave y adaptable, como en la **robótica médica** o en la **manipulación de objetos frágiles**. Son muy populares en la robótica bio-inspirada, donde se imitan los movimientos naturales de organismos vivos.

Aplicaciones: Estos actuadores se utilizan en la **robótica asistencial** para ayudar en la rehabilitación física de pacientes, ya que su diseño les permite realizar movimientos controlados y seguros que interactúan de forma segura con el cuerpo humano.

Actuadores electromagnéticos

Los **actuadores electromagnéticos** emplean campos magnéticos para generar movimiento. Entre los ejemplos más comunes se encuentran los **solenoides y actuadores lineales**, que se utilizan para producir un movimiento rápido y lineal. Son especialmente útiles en aplicaciones donde se requiere un movimiento directo y preciso, como en el control de válvulas, interruptores eléctricos y sistemas de bloqueo.

Aplicaciones: Los solenoides son frecuentemente utilizados en **dispositivos de seguridad**, como cerraduras electromagnéticas, y en **sistemas de automatización** para accionar mecanismos con rapidez.

Actuadores musculares artificiales

Los **actuadores musculares artificiales** intentan replicar el funcionamiento de los músculos humanos mediante materiales avanzados como **polímeros electroactivos** o **fluidos electro-reológicos**. Estos actuadores ofrecen una combinación única

de **flexibilidad, fuerza y precisión**, lo que los hace ideales para aplicaciones en **robótica bio-inspirada y prótesis avanzadas**. Estos actuadores permiten movimientos naturales y adaptativos, lo que es esencial para desarrollar robots humanoides o prótesis que se integren de manera efectiva con el cuerpo humano.

Aplicaciones: En la **robótica bio-inspirada**, los actuadores musculares artificiales son utilizados para replicar el movimiento humano en robots de servicio o en prótesis, donde se requiere flexibilidad y capacidad de respuesta. También se utilizan en el desarrollo de **exoesqueletos**, que asisten a personas con discapacidades físicas.

2.5. Materiales avanzados

El avance en la robótica moderna ha estado profundamente influenciado por el desarrollo y la aplicación de materiales avanzados. Estos materiales permiten la construcción de robots con propiedades mejoradas, como menor peso, mayor durabilidad y mejor eficiencia operativa. A continuación, se detallan algunos de los materiales más importantes utilizados en la robótica avanzada:

Materiales Compuestos

Fibra de Carbono

La fibra de carbono es un material ideal para aplicaciones en las que el peso es esencial debido a su alta relación resistencia-peso. Aunque tiene una densidad menor que los metales convencionales, ofrece una resistencia y rigidez excepcionales. La fibra de carbono se usa en la fabricación de estructuras robóticas, brazos robóticos y componentes que requieren alta resistencia sin añadir peso innecesario. La fibra de carbono es particularmente útil en drones, robots de exploración y sistemas robóticos de alto rendimiento que operan en condiciones exigentes.

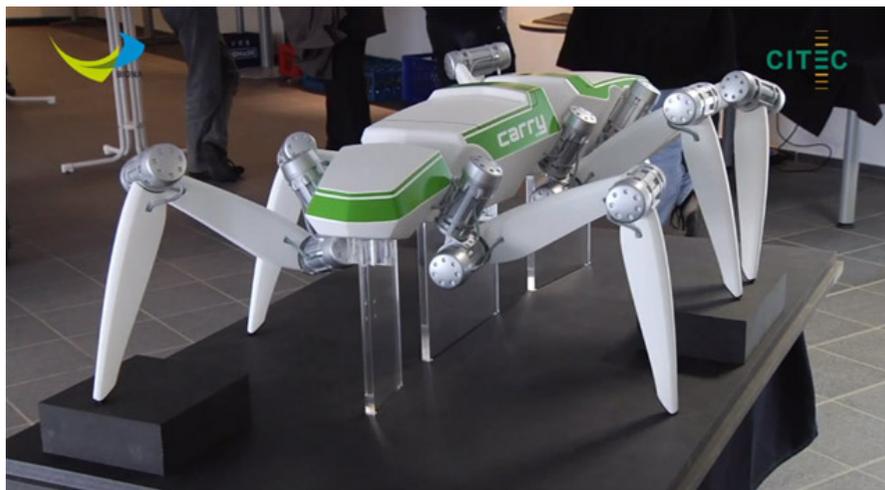


Figura 34. Robot insecto en fibra de carbono.

Fuente: FibraDeCarbono (2018).

La figura 34 muestra HECTOR, que significa Robot de funcionamiento autónomo hexápodo cognitivo, fabricado por la Universidad de Bielefeld y su Centro de Tecnología de Interacción Cognitiva.

Resinas compuestas

Las resinas compuestas, como los compuestos de matriz de polímero, también ofrecen una excelente relación resistencia-peso y pueden ser moldeadas en formas complejas. Utilizadas en la creación de carcasas, soportes y estructuras complejas en robots, permitiendo un diseño más ligero y adaptable.

Metales con Memoria de Forma

Aleaciones de Níquel-Titanio (Nitinol)

Las aleaciones de níquel-titanio, conocidas como Nitinol, tienen la capacidad de regresar a su forma original después de haber sido deformadas, cuando se les aplica una temperatura específica.

Este fenómeno se llama efecto memoria de forma. Se emplean en actuadores flexibles, mecanismos de agarre y componentes que requieren un cambio de forma controlado y repetible. Las aleaciones de Nitinol son útiles en robots quirúrgicos, sistemas de liberación y en mecanismos que necesitan adaptarse a diferentes configuraciones.

Actuadores basados en memoria de forma

Estos actuadores aprovechan el efecto de memoria de forma para realizar movimientos específicos y repetitivos sin la necesidad de sistemas de control complejos. Se utilizan en aplicaciones donde se requiere una respuesta rápida y confiable a cambios de temperatura, como en mecanismos de ajuste automático y dispositivos de sujeción.

Materiales Suaves

Polímeros electroactivos

Los polímeros electroactivos cambian sus propiedades físicas en respuesta a una corriente eléctrica aplicada, permitiendo movimientos suaves y adaptables. Estos materiales pueden imitar el comportamiento de los músculos biológicos. Empleados en la robótica blanda (soft robotics) para crear componentes que pueden deformarse y adaptarse a su entorno. Son ideales para aplicaciones que requieren interacción segura y delicada, como en la manipulación de objetos frágiles y en robots que trabajan en estrecha colaboración con humanos.

Gomas y elastómeros

Los elastómeros y gomas ofrecen una flexibilidad y deformabilidad excepcionales, permitiendo la creación de estructuras blandas que pueden moverse y adaptarse a diferentes formas. Utilizados en la creación de brazos robóticos blandos, dedos artificiales y en robots que requieren una alta capacidad de deformación y

adaptación a distintos entornos. La robótica blanda se beneficia enormemente de estos materiales para lograr una interacción segura y eficiente con humanos y objetos delicados.

Materiales compuestos suaves

Combinan características de materiales blandos y rígidos para proporcionar flexibilidad donde se necesita y rigidez donde es esencial. Empleados en el diseño de robots que deben adaptarse a entornos cambiantes y realizar tareas complejas con una combinación de movimiento suave y control preciso. Los materiales avanzados están transformando la robótica al permitir la creación de robots más eficientes, versátiles y capaces de realizar tareas complejas en una variedad de entornos. Desde la fibra de carbono y las aleaciones de memoria de forma hasta los polímeros electroactivos y los elastómeros, cada tipo de material ofrece ventajas específicas que permiten a los robots operar de manera más efectiva y segura.

2.6. Energía y potencia

El rendimiento y la autonomía de los robots dependen de la eficiencia energética y la gestión adecuada de la potencia. A medida que los robots se vuelven más complejos y sus aplicaciones más exigentes, es esencial desarrollar tecnologías sofisticadas para el almacenamiento, la generación y la recarga de energía. Luego se examinan las tecnologías más avanzadas en estos campos:

Baterías de Alta Densidad Energética

Baterías de Ion de Litio (Li-ion)

Las baterías de ion de litio tienen una alta densidad energética, lo que significa que pueden almacenar mucha energía en un tamaño pequeño. En comparación con otras tecnologías de baterías, también tienen una larga vida útil y una baja tasa de

autodescarga. Son ampliamente utilizadas en robots móviles, drones y dispositivos portátiles debido a su capacidad para proporcionar una potencia consistente durante períodos prolongados sin necesidad de recarga frecuente. Esto es crítico para robots en operaciones autónomas y en entornos remotos.

Baterías de polímero de Litio (LiPo)

Las baterías LiPo ofrecen una densidad energética aún mayor y una flexibilidad en el diseño que permite formas personalizadas. Aunque son más delicadas en comparación con las Li-ion, su peso ligero y su capacidad de alto rendimiento las hacen ideales para aplicaciones de alta potencia. Se utilizan en drones y robots que requieren una alta potencia en relación con el peso, como en aplicaciones de carreras de robots y en sistemas robóticos móviles de alta velocidad.

Baterías de estado sólido

Las baterías de estado sólido usan un electrolito sólido en lugar de líquido, lo que mejora la seguridad y la densidad energética. Son más duraderos y menos susceptibles a fugas. Prometen mejorar la autonomía y la seguridad en robots que requieren almacenamiento de energía denso y confiable, como en exploradores espaciales y robots de misión crítica.

Sistemas de Energía Renovable

Paneles solares integrados

Los paneles solares convierten la luz solar en energía eléctrica y pueden ser integrados en la estructura de robots para proporcionar una fuente de energía continua durante misiones prolongadas en entornos donde el acceso a fuentes de energía tradicionales es limitado. Utilizados en robots exploradores y en misiones espaciales, donde la energía solar puede ser aprovechada para extender la autonomía y reducir la dependencia de las baterías.

También se emplean en robots terrestres en entornos remotos o en el desarrollo de robots autónomos que operan al aire libre.

Generadores termoeléctricos

Estos dispositivos convierten el calor residual en electricidad utilizando el efecto Seebeck. Son útiles en aplicaciones donde se genera calor como subproducto, permitiendo la recuperación y reutilización de energía. Utilizados en robots que operan en ambientes industriales o en el espacio, donde el calor generado por otros sistemas puede ser aprovechado para recargar las baterías y prolongar la vida útil operativa.

Tecnologías de Recarga Rápida

Cargadores de alta velocidad

Los cargadores de alta velocidad permiten recargar baterías en un tiempo significativamente reducido en comparación con los cargadores tradicionales. Utilizan técnicas avanzadas de carga, como la carga rápida por pulsos y la optimización de corriente. Utilizados en aplicaciones industriales y comerciales donde los robots necesitan minimizar el tiempo de inactividad. Son críticos para robots en líneas de producción y sistemas de logística automatizados que requieren alta disponibilidad y eficiencia operativa.

Sistemas de carga inalámbrica

Utilizan tecnología de inducción magnética para transferir energía sin contacto físico entre el cargador y la batería. Esto elimina la necesidad de conectores físicos y facilita la carga en entornos de trabajo dinámicos. Empleados en robots móviles y en robots de servicio, permitiendo una carga rápida y conveniente sin la necesidad de conexiones físicas, lo que facilita la integración en estaciones de carga automatizadas y en entornos donde el contacto físico es limitado. El desarrollo de tecnologías

avanzadas en almacenamiento y gestión de energía está transformando la robótica, permitiendo la creación de robots más eficientes, autónomos y operativos en una variedad de entornos. Desde baterías de alta densidad energética y sistemas de energía renovable hasta tecnologías de recarga rápida, estas innovaciones son fundamentales para mejorar la eficiencia y la funcionalidad de los robots en aplicaciones industriales, comerciales y exploratorias.

2.7. Robótica colaborativa

La robótica colaborativa se refiere a la interacción segura y eficiente entre robots y humanos en entornos compartidos. *“La robótica colaborativa está transformando la manufactura y la logística, permitiendo una mayor eficiencia y flexibilidad”*. (Baker & Eger, 2020)



Figura 35. Ejemplo de robótica colaborativa en la empresa Universal Robots.

Fuente: VIA empresa (2022).

La figura 35 muestra como la empresa Universal Robots implementa el uso de robótica cooperativa dentro de sus instalaciones.

Esta área de la robótica busca integrar robots en ambientes de trabajo y producción donde colaboren directamente con los operadores humanos, mejorando la eficiencia, flexibilidad y seguridad en diversas aplicaciones industriales y comerciales. La robótica colaborativa ha avanzado significativamente, facilitando la integración de robots en procesos donde anteriormente era complicado o peligroso para los humanos trabajar junto a máquinas automatizadas.

Los cobots, o robots colaborativos, están diseñados para trabajar junto a humanos en un entorno compartido. A diferencia de los robots industriales tradicionales, que suelen estar aislados en celdas de trabajo específicas, los cobots pueden operar de manera segura y eficiente en proximidad directa con los operadores humanos. Están equipados con sensores avanzados y sistemas de control para detectar y responder a la presencia humana, minimizando el riesgo de accidentes.

Utilizados en diversas áreas como la manufactura, la logística y la ensambladura, los cobots pueden realizar tareas como la manipulación de piezas, el ensamblaje de productos y la realización de tareas repetitivas. Su diseño modular y su capacidad para ser reprogramados fácilmente permiten una alta flexibilidad en los procesos de producción y una rápida adaptación a diferentes tareas.

2.8. Realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) es una tecnología emergente que superpone información digital, como imágenes, datos y gráficos, sobre el mundo real, proporcionando una experiencia interactiva e inmersiva. En el contexto del desarrollo de la robótica, la RA ofrece herramientas innovadoras que mejoran tanto el diseño y la

programación de robots como su operación y mantenimiento en entornos reales.

La integración de la RA en la robótica permite una interacción más eficiente, una visualización detallada y una mejora en la capacitación y el soporte en tiempo real. *“La realidad aumentada puede proporcionar información útil durante la interacción con robots en entornos complejos”*. (Azuma, 1997)



Figura 36. Ejemplo de realidad aumentada dentro de la educación.

Fuente: Freepick (2024).

La figura 36 muestra como la realidad aumentada es usada dentro de la educación en el área de la robótica. La RA presenta varias alternativas y usos dentro de la robótica, a continuación se explican algunas de estas alternativas.

Visualización del diseño

La RA permite a los ingenieros y diseñadores visualizar modelos 3D de robots en el entorno físico donde serán utilizados. Esto

facilita la evaluación del diseño en contexto y la realización de ajustes antes de la fabricación física. Por ejemplo, los diseñadores pueden superponer el modelo virtual del robot en el espacio de trabajo real para identificar posibles interferencias o mejoras en el diseño. La visualización inmersiva ayuda a detectar problemas potenciales y optimizar el diseño del robot, lo que puede reducir el tiempo y los costos asociados con el desarrollo y la modificación de prototipos físicos.

Programación Interactiva

La RA también se utiliza para la programación de robots, permitiendo a los operadores interactuar con simulaciones del robot en tiempo real. A través de dispositivos de RA, los usuarios pueden arrastrar y soltar comandos en un entorno virtual que refleja el comportamiento real del robot. Este enfoque simplifica el proceso de programación, especialmente para usuarios que no son expertos en robótica, al permitir una programación intuitiva y directa mediante la interacción con representaciones visuales del robot.

Operación y mantenimiento de robots

En el mantenimiento de robots, la RA puede proporcionar instrucciones y diagnósticos superpuestos sobre el robot físico. Los técnicos pueden usar dispositivos de RA para recibir indicaciones en tiempo real sobre cómo realizar tareas de reparación, identificar problemas y realizar ajustes necesarios. Esto mejora la precisión y reduce el tiempo de inactividad, ya que los técnicos reciben orientación directa sobre el procedimiento de mantenimiento y pueden acceder a información técnica relevante sin necesidad de consultar manuales físicos.

Entrenamiento y capacitación

La RA ofrece simulaciones inmersivas para la capacitación de operadores y técnicos, permitiéndoles interactuar con modelos

virtuales del robot en un entorno controlado. Esto incluye la práctica de operaciones y el manejo de posibles fallos sin el riesgo de dañar equipos reales. La capacitación en un entorno virtual interactivo mejora la comprensión y las habilidades del personal, facilitando un aprendizaje más efectivo y una preparación más sólida para trabajar con robots en escenarios reales.

Aplicaciones industriales

La RA puede ser utilizada en fábricas para superponer datos operativos y de rendimiento sobre robots en funcionamiento. Esto permite a los operadores monitorear el estado de los robots y realizar ajustes en tiempo real, mejorando la eficiencia y la respuesta a problemas. Los operadores pueden ver gráficos de rendimiento y alertas directamente en su campo de visión, facilitando la toma de decisiones rápida y basada en datos.

Exploración y operaciones en entornos remotos

En entornos remotos, como el espacio o zonas de desastre, la RA puede proporcionar a los operadores información crítica sobre el robot y su entorno. Esto incluye la visualización de mapas, datos ambientales y estados del robot, mejorando la capacidad de respuesta y el control en situaciones difíciles.

La RA está revolucionando el desarrollo y la operación de robots al proporcionar herramientas avanzadas para el diseño, la programación, el mantenimiento y la capacitación. Al integrar información digital con el mundo físico, la RA mejora la interacción y la eficiencia en el trabajo con robots, facilitando una mayor precisión y reduciendo los tiempos de inactividad. A medida que la tecnología de RA continúa evolucionando, se espera que su impacto en la robótica se expanda, abriendo nuevas posibilidades para la innovación y la mejora en la industria robótica.

2.9. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la interconexión de dispositivos físicos a través de redes digitales, permitiendo que estos dispositivos recojan, intercambien y analicen datos en tiempo real. Robots que utilizan la nube para realizar análisis en tiempo real y mejorar su toma de decisiones (Shi et al., 2016). En el desarrollo de la robótica, IoT juega un papel crucial al permitir la integración y comunicación entre robots, sensores y sistemas de control a través de internet. Esto facilita la creación de robots más inteligentes, autónomos y adaptativos, capaces de interactuar de manera efectiva con su entorno y con otros dispositivos.

Interconexión de dispositivos

Los robots equipados con capacidades IoT pueden conectarse a redes locales o a la nube, intercambiando datos con otros dispositivos y sistemas. Esto se logra mediante protocolos de comunicación estándar como MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), HTTP (Hypertext Transfer Protocol), y CoAP (Constrained Application Protocol), que facilitan la transmisión de datos entre robots y servidores. La integración de IoT permite una mayor interoperabilidad entre robots y otros sistemas, como sensores, actuadores y plataformas de análisis. Esto facilita la coordinación de múltiples robots en tareas complejas y la supervisión remota de sus operaciones.

Comunicación en tiempo real

A través de IoT, los operadores pueden monitorear el estado y el rendimiento de los robots en tiempo real desde cualquier lugar. Esto incluye la visualización de datos operativos, el control de movimientos y la programación de tareas a distancia. El control remoto y el monitoreo en tiempo real permiten una gestión más eficiente de los robots, la detección temprana de problemas y la capacidad de realizar ajustes o reparaciones sin necesidad de estar físicamente presentes.

2.10. Proyectos destacados de robótica

Varios proyectos emblemáticos han llevado la robótica a nuevas alturas, mostrando sus aplicaciones en el mundo real:

Boston Dynamics: Con sus robots como Atlas y Spot, Boston Dynamics ha demostrado capacidades avanzadas de locomoción y manipulación, abriendo nuevas oportunidades en la robótica de servicio y exploración.



Figura 37. Robot Atlas, construido por Boston Dynamics.

Fuente: Boston Dynamics (2021).

La figura 37 muestra al robot Atlas, uno de los robots humanoides más avanzados del mundo, diseñado y construido por la empresa Boston Dynamics.

2.11. Startups y empresas que están revolucionando el sector

El sector de la robótica está en constante evolución, impulsado por startups innovadoras y empresas consolidadas:

Zipline: Esta startup ha transformado la logística médica mediante el uso de drones para entregar suministros médicos en áreas de difícil acceso. Su enfoque ha demostrado ser esencial en situaciones de emergencia.

Nuro: Se especializa en vehículos autónomos para la entrega de bienes, desarrollando robots que pueden operar en entornos urbanos, optimizando la cadena de suministro.

iRobot: Con su famoso robot aspirador Roomba, iRobot ha popularizado la robótica de consumo, llevando la automatización al hogar de millones de personas.

CAPÍTULO III.

Inteligencia artificial y robótica

3.1. Robótica e inteligencia artificial

La convergencia entre inteligencia artificial (IA) y robótica ha dado lugar a sistemas más autónomos y capaces, permitiendo a los robots abordar tareas complejas con un alto grado de eficiencia y adaptabilidad. Este capítulo se centra en la interacción entre la IA y la robótica, explorando cómo las técnicas de inteligencia artificial, en particular las redes neuronales y el aprendizaje automático, están revolucionando el diseño y la operación de sistemas robóticos.

Comenzaremos con un análisis exhaustivo del concepto de redes neuronales, que simulan el funcionamiento del cerebro humano para resolver problemas complejos. Se detallarán las diferentes capas de una red neuronal: la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida. También se examinarán los componentes fundamentales de las redes neuronales, incluidas las neuronas, las funciones

de activación, y las conexiones y pesos que determinan el aprendizaje.

El capítulo abordará los diversos tipos de redes neuronales utilizadas en robótica, incluidas las redes neuronales convolucionales (CNN), que son especialmente eficaces en tareas de percepción visual; las redes neuronales recurrentes (RNN), que manejan datos secuenciales; y las redes neuronales generativas adversariales (GAN), que permiten la creación de nuevos datos a partir de ejemplos existentes.

A continuación, se explorarán las aplicaciones prácticas de las redes neuronales en robótica, abarcando áreas como la percepción y reconocimiento de objetos, la navegación autónoma y el control de movimiento. También se discutirá el proceso de entrenamiento de redes neuronales en el contexto robótico, destacando la importancia del aprendizaje automático como una herramienta esencial.

El aprendizaje automático se desglosará en sus tres categorías principales: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje por refuerzo. Cada una de estas metodologías ofrece diferentes enfoques para capacitar a los robots en la toma de decisiones y la mejora de su rendimiento en diversas tareas.

Además, se analizarán las aplicaciones de la inteligencia artificial en distintas ramas de la robótica, incluyendo la robótica industrial, la robótica de servicio, y la robótica móvil. Se prestará especial atención a la percepción y reconocimiento de objetos, la navegación y mapeo, la manipulación de objetos, y la interacción humano-robot, todos aspectos críticos para el desarrollo de robots más inteligentes y funcionales.

Por último, se presentará un ejemplo de aplicación concreta: un robot autónomo, que ilustra cómo la integración de IA en la robótica puede dar lugar a sistemas capaces de operar de manera independiente en entornos reales.

Este capítulo proporciona una comprensión integral de la inteligencia artificial en el ámbito de la robótica, destacando su impacto en el avance de sistemas robóticos más inteligentes y autónomos, y estableciendo un fundamento esencial para el estudio de estas tecnologías emergentes.

La unión de la robótica y la IA es un hito en la evolución tecnológica que ha cambiado la forma en que interactuamos con máquinas inteligentes y autónomas en varias áreas de la sociedad. Los robots pueden aprender, adaptarse y tomar decisiones en tiempo real gracias a la IA, lo que amplía sus aplicaciones, que van desde la manufactura avanzada hasta la atención en el hogar y la atención médica. Los robots pueden procesar grandes cantidades de datos, reconocer patrones complejos y mejorar continuamente sus habilidades y rendimiento mediante el uso de redes neuronales y algoritmos de aprendizaje automático. La integración no solo mejora la eficiencia operativa y la precisión en tareas complejas, sino que también plantea preguntas éticas y sociales sobre la interacción entre humanos y máquinas, así como sobre el futuro del trabajo y la autonomía tecnológica en un mundo cada vez más automatizado.

La robótica tiene muchas ramas de la IA, y seguiremos hablando sobre cada una de ellas. A continuación, se presenta un resumen de las principales tecnologías que han sido fundamentales para el desarrollo de la IA.

3.2. Aprendizaje automático (Machine Learning)

El aprendizaje por refuerzo es un tipo de aprendizaje automático en el que un agente (como un robot, un software o incluso un animal) aprende a tomar decisiones en un entorno para maximizar una recompensa a largo plazo. En lugar de estar explícitamente programado, el agente aprende interactuando con su entorno, recibiendo recompensas o castigos por las acciones que realiza. El campo fundamental de la robótica es el aprendizaje automático,

también conocido como aprendizaje automático, que permite a los sistemas aprender y adaptarse a partir de datos. Las tres categorías principales de algoritmos de aprendizaje automático son el aprendizaje supervisado, el aprendizaje no supervisado y el aprendizaje por refuerzo.

Funcionamiento

Observación: El agente observa el estado actual del entorno.

Acción: El agente selecciona una acción basada en su política (una estrategia que determina qué acción tomar en cada estado).

Recompensa: El entorno proporciona una recompensa al agente en función de la acción realizada.

Nuevo estado: El entorno cambia a un nuevo estado como resultado de la acción.

Aprendizaje: El agente actualiza su política para aumentar la probabilidad de tomar acciones que conduzcan a mayores recompensas en el futuro.

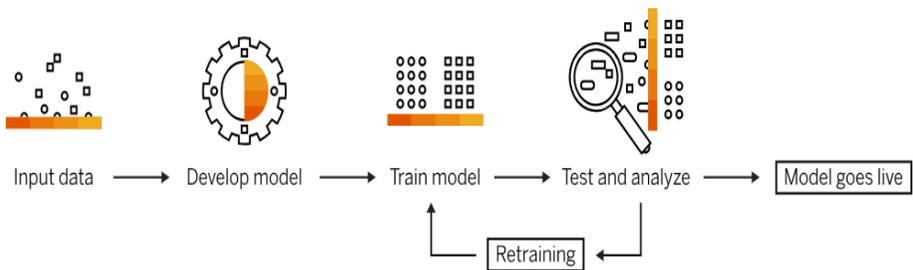


Figura 38. Funcionamiento del machine learning.

Fuente: Sap.com (2024).

La figura 38 muestra las etapas que suceden para completar el proceso de machine learning.

Ejemplo:

Un robot que aprende a desplazarse por un laberinto, el estado del robot es su posición en el laberinto, las acciones son moverse hacia arriba, abajo, izquierda o derecha y la recompensa es +1 si el robot llega a la meta y -1 si choca contra una pared. A través de múltiples intentos, el robot aprenderá la secuencia de acciones óptima para llegar a la meta.

Aprendizaje Supervisado

Los modelos que hacen predicciones basadas en datos etiquetados se entrenan con aprendizaje supervisado. Este método utiliza un conjunto de datos de entrenamiento con entradas y salidas conocidas, y el modelo aprende a mapear las entradas a las salidas correctas. Los modelos que pueden hacer predicciones basadas en datos etiquetados se entrenan con aprendizaje supervisado. Se utiliza en robótica para tareas como clasificar imágenes y detectar objetos.

Aprendizaje No Supervisado

El aprendizaje no supervisado permite a los robots encontrar patrones en datos no etiquetados. A diferencia del aprendizaje supervisado, el entrenamiento no proporciona salidas conocidas, lo que obliga al modelo a identificar estructuras o agrupaciones dentro de los datos.

El aprendizaje no supervisado es útil para la segmentación y agrupación de entornos en robótica. Los k-means y otros algoritmos de agrupamiento se utilizan para dividir entornos complejos en diferentes categorías, lo que facilita la navegación y el reconocimiento de escenarios. Por ejemplo, un robot puede usar k-means para segmentar imágenes en regiones distintas y posteriormente identificar patrones o características relevantes en el entorno (Hastie et al., 2009).

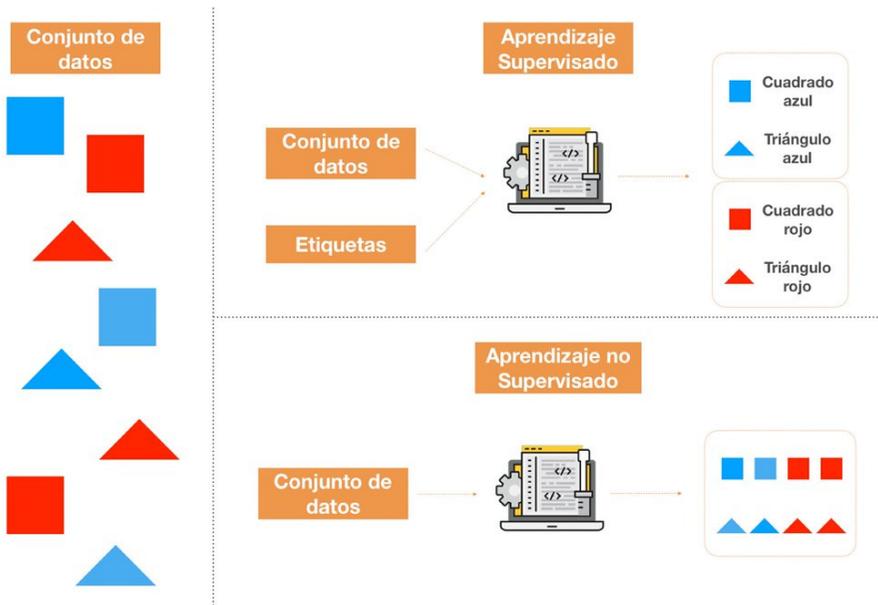


Figura 39. Diferencia entre aprendizaje supervisado y no supervisado.

Fuente: González (2018).

La figura 39 muestra por medio de un ejemplo la diferencia fundamental entre el aprendizaje supervisado y no supervisado.

Tabla 2. Tabla comparativa entre el aprendizaje supervisado y no supervisado.

Característica	Aprendizaje Supervisado	Aprendizaje No Supervisado
Datos	Etiquetados	No etiquetados
Objetivo	Predecir una etiqueta	Descubrir patrones
Técnicas	Regresión, clasificación, etc.	Clustering, reducción de dimensionalidad
Ejemplo	Clasificación de imágenes, predicción de precios	Segmentación de clientes, detección de anomalías

El aprendizaje supervisado y el aprendizaje no supervisado (Tabla 2) son dos de las categorías más importantes del aprendizaje automático. La principal distinción entre ambos radica en el tipo de datos que se utilizan para entrenar los modelos.

Aprendizaje por refuerzo

El aprendizaje por refuerzo permite a los robots aprender a través de su entorno utilizando recompensas y penalizaciones para optimizar sus acciones. El concepto de que los agentes aprenden a tomar decisiones secuenciales para maximizar una señal de recompensa a lo largo del tiempo es la base de este método. En robótica, el aprendizaje por refuerzo es utilizado para enseñar a los robots a realizar tareas complejas mediante la experiencia. Por ejemplo, un robot de manipulación puede aprender a ensamblar piezas al recibir recompensas por realizar acciones correctas y penalizaciones por errores, ajustando su comportamiento para mejorar su rendimiento (Sutton & Barto, 2018).



www.aprendemachinelearning.com

Figura 40. Aprendizaje por refuerzo.

Fuente: Aprende Machine Learning (2024).

La figura 40 muestra el proceso de aprendizaje por refuerzo por el cual se aplica un premio o un castigo al agente o robot.

3.3. Redes neuronales

Dentro del campo de la robótica las redes neuronales son sistemas de IA que imitan el funcionamiento del cerebro humano para ayudar a los robots a aprender y tomar decisiones. Piensa en ellas como una especie de “cerebro artificial” que puede analizar información y aprender de ella para mejorar su desempeño.

Concepto de redes neuronales

Las redes neuronales son modelos computacionales basados en el cerebro humano. Las capas de nodos, también conocidas como neuronas, están conectadas entre sí y procesan datos a través de conexiones ponderadas. Recibe entradas de cada neurona a través de una función de activación, las transforma y transmite el resultado a las neuronas de la siguiente capa.

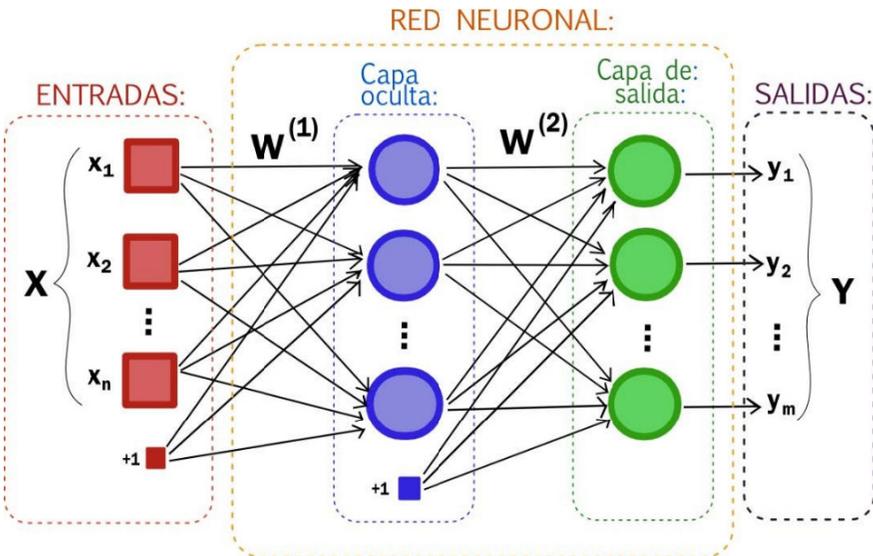


Figura 41. Estructura de una red neuronal.

Fuente: Boston Dynamics (2024).

La figura 41 muestra las diferentes capas que conforman una red neuronal.

Las redes neuronales son modelos computacionales basados en el cerebro humano. Las capas de las unidades de procesamiento conocidas como neuronas las componen. La siguiente es una descripción detallada de la estructura de una red neuronal:

Capas de la Red Neuronal

Capa de entrada

La capa de entrada recibe las señales de entrada directamente desde los datos de entrada. No realiza ningún procesamiento sobre la información; simplemente transmite las entradas a las capas ocultas. Según Goodfellow et al. (2016), la capa de entrada es crucial porque define la dimensionalidad de los datos que la red procesará.

Ejemplo: En una red neuronal que procesa imágenes, cada neurona de la capa de entrada podría representar un píxel de la imagen.

Capas ocultas

Las capas ocultas realizan la mayor parte del procesamiento de la información. Cada capa oculta aplica una serie de transformaciones sucesivas a los datos. Estas transformaciones permiten a la red neuronal aprender características complejas y abstraídas de los datos de entrada. LeCun et al. (2015), explican que las capas ocultas permiten a las redes neuronales captar y representar características jerárquicas de los datos.

Cada neurona en una capa oculta aplica una función de activación a su salida. Las funciones de activación comunes incluyen la ReLU (Rectified Linear Unit), la función sigmoide y la tangente hiperbólica (tanh).

Ejemplo: En una red neuronal para reconocimiento de imágenes, las primeras capas ocultas pueden detectar bordes y texturas, mientras que las capas más profundas pueden identificar partes de objetos y, eventualmente, objetos completos.

Capa de salida

La capa de salida produce el resultado final de la red neuronal, que puede ser una clasificación, una predicción numérica, una acción en el caso de un agente de aprendizaje por refuerzo, etc. En un estudio de Krizhevsky et al. (2012), la estructura de la capa de salida es fundamental para la interpretación de los resultados y la obtención de predicciones precisas.

Dependiendo del tipo de problema, la capa de salida puede usar diferentes funciones de activación, como softmax para clasificación multiclase, sigmoide para clasificación binaria, o ninguna función de activación (identidad) para problemas de regresión.

Ejemplo: En un modelo de clasificación de imágenes, la capa de salida podría tener tantas neuronas como clases a predecir, y cada neurona produciría una probabilidad de que la imagen pertenezca a cada clase.

Neuronas y funciones de activación

Cada neurona en una red neuronal es una unidad de procesamiento que toma múltiples entradas, aplica una función de activación, y produce una salida.

La salida de una neurona se calcula como una función de activación aplicada a la suma ponderada de sus entradas más un sesgo (bias).

Ejemplo de Cálculo: Para una neurona con entradas x_1, x_2, \dots, x_n , pesos $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ y sesgo b , la salida es $y = \phi(\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \dots + \omega_n x_n + b)$, donde ϕ es la función de activación.

Conexiones y pesos

Las conexiones entre neuronas en diferentes capas tienen pesos asociados. Estos pesos determinan la importancia de la conexión en la salida de la neurona.

Ajuste de Pesos: Durante el proceso de entrenamiento, los pesos de las conexiones se ajustan iterativamente para minimizar el error en las predicciones de la red.

Retropropagación: El algoritmo de retropropagación (backpropagation) es el método estándar para ajustar los pesos. Involucra calcular el gradiente del error con respecto a cada peso y ajustar los pesos en la dirección que reduce el error.

Ejemplo de funcionamiento

Imagina un robot que debe aprender a identificar y recoger diferentes tipos de frutas, como manzanas y plátanos. Para lograr esto, el robot está equipado con una cámara que toma fotos de las frutas y una red neuronal que procesa esas imágenes.

Entrenamiento: Primero, el robot se entrena con muchas imágenes de manzanas y plátanos, junto con etiquetas que dicen qué fruta es cuál. La red neuronal analiza estas imágenes y aprende a reconocer las características que distinguen a cada fruta, como el color y la forma.

Aprendizaje: Durante el entrenamiento, la red neuronal ajusta sus “conexiones” internas para mejorar la precisión en la identificación de frutas. Es como si estuviera ajustando sus “circuitos” internos para aprender a ver patrones en las imágenes.

Aplicación: Una vez que el robot ha sido entrenado, puede usar la red neuronal para identificar frutas en nuevas imágenes que no ha visto antes. Por ejemplo, si el robot toma una foto de una fruta desconocida, la red neuronal analiza la imagen y decide si es una manzana o un plátano basándose en lo que ha aprendido.

Los robots pueden realizar tareas o tomar decisiones de manera más inteligente y adaptable con la ayuda de las redes neuronales, especialmente las redes neuronales profundas, han revolucionado la IA en la robótica al permitir el procesamiento de grandes cantidades de datos y la creación de modelos complejos capaces de realizar tareas como el reconocimiento de objetos, la navegación autónoma y la manipulación. Las redes neuronales son un componente fundamental en el avance de la IA, especialmente en el ámbito de la robótica. Su capacidad para aprender patrones complejos a partir de grandes volúmenes de datos las convierte en herramientas esenciales para tareas como la percepción, la toma de decisiones y el control en sistemas robóticos.

Tipos de redes neuronales en robótica

Debido a su capacidad para aprender y generalizar a partir de datos complejos, las redes neuronales se utilizan ampliamente en robótica para una amplia gama de aplicaciones. A continuación se describen los tipos más comunes de redes neuronales utilizadas en robótica y sus aplicaciones.

- **Redes Neuronales Convolucionales (CNN)**

Las Redes Neuronales Convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) son especialmente efectivas para el procesamiento de datos con estructura de cuadrícula, como imágenes. Las CNN emplean capas de convolución que aplican filtros a las entradas para extraer características relevantes, lo que las hace particularmente adecuadas para tareas de visión por computadora.

Son un tipo especial de redes neuronales artificiales diseñadas específicamente para procesar datos con una estructura cuadrículada, como imágenes o videos. Son inspiradas en la organización del cerebro humano y han revolucionado el campo del aprendizaje profundo.

Componentes clave de una CNN:

Capa de Convolución: La capa de convolución de una CNN es la capa principal. Para extraer características como bordes, texturas y colores, aplica filtros (también llamados kernels) a la imagen de entrada.

Capa de Pooling: La capa de Pooling reduce la dimensionalidad de los datos de salida, lo que ayuda a reducir el sobreajuste y el tiempo de cálculo.

Capas Completamente Conectadas: Estas capas, que se asemejan a las redes neuronales convencionales, clasifican las características que las capas anteriores han extraído.

Funcionamiento:

Entrada: La imagen se introduce en la red.

Convolución: Los filtros se deslizan sobre la imagen, calculando el producto punto entre el filtro y la región de la imagen.

Activación: Se aplica una función de activación (como ReLU) para introducir no linealidad en la red.

Pooling: Se reduce la dimensionalidad de la salida de la capa de convolución.

Clasificación: Las capas completamente conectadas clasifican las características extraídas.

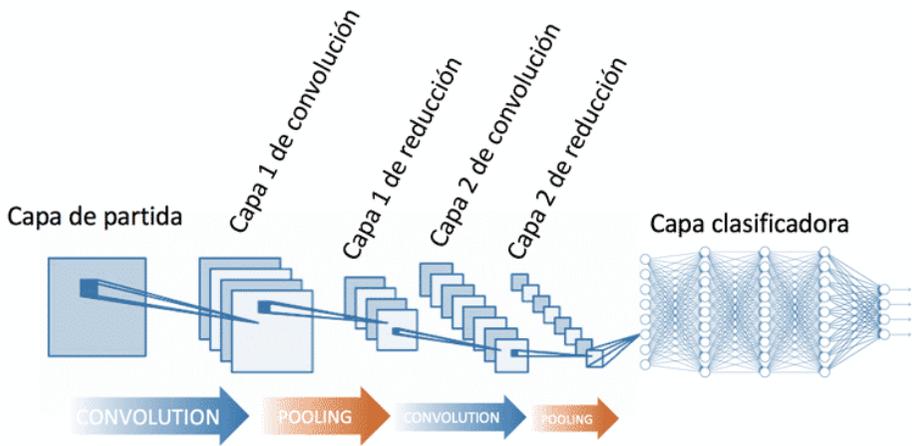


Figura 42. Estructura de una CNN.

Fuente: Calvo (2017).

La figura 42 muestra la estructura de una CNN, la cual es una red de múltiples capas con capas convolucionales y de reducción alternadas y capas de conexión total, similares a las de una red perceptrón multicapa.

Imagina que estás tratando de identificar un objeto en una imagen. Una CNN es como un detector de características que busca patrones específicos en la imagen. Por ejemplo, puede buscar bordes, curvas o texturas. Al combinar estos patrones, la CNN puede identificar el objeto con un alto grado de precisión.

Las CNN se utilizan en robótica para tareas como detectar objetos, reconocer patrones y clasificar imágenes. Por ejemplo, una CNN puede identificar obstáculos en imágenes de su entorno y planificar rutas. La navegación autónoma y la interacción segura con el entorno requieren este uso. Krizhevsky et al. (2012), establecieron un estándar para las aplicaciones de visión por computadora en robótica al demostrar que las CNN funcionan bien para clasificar imágenes en el conjunto de datos ImageNet.

Krizhevsky et al. (2012), demostraron la eficacia de las CNN en la clasificación de imágenes en el conjunto de datos ImageNet, estableciendo un estándar para aplicaciones de visión por computadora en robótica.

- **Redes Neuronales Recurrentes (RNN)**

Un tipo particular de redes neuronales artificiales llamadas redes neuronales recurrentes (RNN) están diseñadas para trabajar con datos en secuencia. Las RNN tienen la capacidad de “recordar” información anterior, lo que les permite modelar secuencias de entrada y salida, a diferencia de las redes neuronales feedforward, que procesan cada entrada de forma independiente.

Debido a su capacidad para almacenar información a lo largo de secuencias temporales, las Redes Neuronales Recurrentes (RNN) son adecuadas para procesar secuencias de datos. Esta característica es vital para aplicaciones que requieren contexto temporal, como la predicción de movimientos o el procesamiento de señales.

Memoria: Las RNN utilizan conexiones recurrentes, lo que significa que la salida de una neurona en un momento de tiempo dado se retroalimenta como entrada en el siguiente momento de tiempo. Esto crea un “bucle” que permite a la red “recordar” información de pasos anteriores.

Secuencias: Gracias a esta memoria, las RNN son ideales para procesar datos secuenciales como:

Texto: Traducción automática, generación de texto, análisis de sentimientos.

Series de tiempo: Predicción de valores bursátiles, pronóstico del tiempo.

Voz: Reconocimiento de voz, generación de voz.

Funcionamiento:

Entrada: La red recibe un elemento de la secuencia en cada paso de tiempo.

Procesamiento: La información actual se combina con la información del estado oculto anterior (la “memoria”) para generar una nueva salida y un nuevo estado oculto.

Salida: La salida puede ser una predicción para el elemento actual o un estado oculto que se utilizará en el siguiente paso de tiempo.

Imagina que estás tratando de predecir la siguiente palabra en una oración. Una RNN puede utilizar el contexto de las palabras anteriores para hacer una predicción más precisa. Por ejemplo, si las palabras anteriores son “El gato subió al...”, la RNN probablemente prediga la palabra “árbol”.

Recurrent neural network

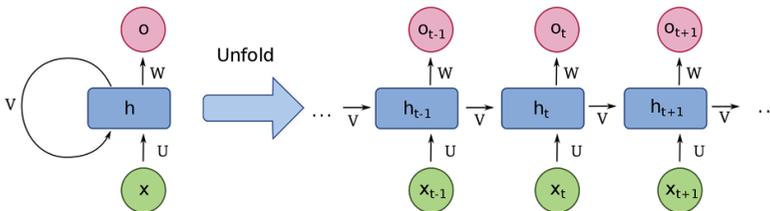


Figura 43. Estructura de una red neuronal recurrente.

Fuente: Dávila (2024).

Las RNN son una herramienta poderosa (Figura 43) en el Procesamiento de Lenguaje Natural debido a su capacidad para procesar y mantener contextos secuenciales. En robótica, las RNN se utilizan para tareas que implican la comprensión y generación de secuencias temporales. Un uso común es en robots que interactúan verbalmente, donde las RNN ayudan a

entender el contexto de las conversaciones y a responder de manera adecuada.

Esto incluye tareas como el procesamiento del lenguaje natural y el control de movimientos complejos. Hochreiter & Schmidhuber (1997), introdujeron las Long Short-Term Memory (LSTM), una variante de las RNN que aborda el problema del gradiente que desaparece y se desvanece, mejorando significativamente el rendimiento en tareas de secuencias largas.

- **Redes Neuronales Generativas (GAN)**

Las Redes Neuronales Generativas Adversariales (GAN) se utilizan para generar datos sintéticos adicionales a partir de un conjunto de entrenamiento. Las GAN están formadas por dos redes neuronales que compiten entre sí: una red generadora que crea datos falsos y una red discriminadora que evalúa la autenticidad de los datos.

Generative adversarial networks (conceptual)

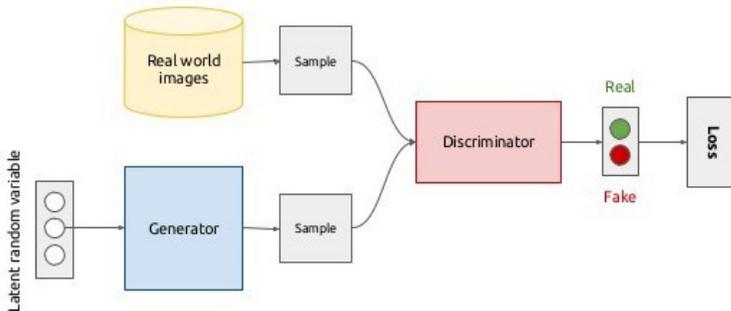


Figura 44. Estructura de una red neuronal GAN (Generative Adversarial Networks).

Fuente: Mitaritonna (2020).

La figura 44 muestra un esquema explicativo de las Redes Neuronales GAN, las cuales son un tipo de algoritmos de IA que se usan dentro del aprendizaje no supervisado.

Las GAN se pueden usar en robótica para simular entornos o para producir más datos de entrenamiento. Esto es particularmente útil cuando los datos reales son limitados o costosos de obtener. Por ejemplo, una GAN puede generar imágenes de entorno realistas para entrenar un modelo de visión por computadora. Esto mejora la robustez y la precisión de los modelos sin utilizar una gran cantidad de datos etiquetados. Goodfellow et al (2014), introdujeron las GAN y demostraron su capacidad para generar imágenes sintéticas que son casi indistinguibles de las reales, estableciendo un nuevo paradigma en la generación de datos.

Aplicaciones de Redes Neuronales en Robótica

Percepción y reconocimiento de objetos

Las redes neuronales son fundamentales para que los robots interpreten su entorno y reconozcan objetos específicos. Utilizando CNN, los robots pueden clasificar imágenes y detectar objetos en tiempo real. *“Las redes neuronales convolucionales han revolucionado el reconocimiento de imágenes al permitir una identificación precisa de objetos en diversas condiciones”*. (LeCun et al., 1998)

Navegación autónoma

Las redes neuronales también se utilizan en algoritmos de navegación para que los robots se desplacen de manera autónoma y segura en entornos complejos. *“Las técnicas de aprendizaje profundo han permitido avances significativos en la navegación autónoma, mejorando la capacidad de los robots para adaptarse a entornos dinámicos”*. (Peters & Schaal, 2008)

Control de movimiento

Las redes neuronales pueden aprender a controlar el movimiento de un robot, optimizando trayectorias y reduciendo el error en la ejecución de tareas. *“El aprendizaje de políticas mediante redes*

neuronales ha demostrado ser efectivo para la ejecución de tareas complejas de control en robótica”. (Levine & Koltun, 2016)

Entrenamiento de redes neuronales en robótica

El uso de algoritmos de optimización como el descenso de gradiente para ajustar los pesos de las conexiones es parte del proceso de entrenamiento de redes neuronales. Este proceso requiere un conjunto de datos de entrenamiento, que se utilizan para enseñar a la red a realizar tareas específicas.

Técnicas de entrenamiento

Aprendizaje Supervisado: Los ejemplos de entrada y salida esperadas se proporcionan para el entrenamiento de la red. La clasificación y la regresión utilizan este método con frecuencia.

Aprendizaje por Refuerzo: En este contexto, la red neuronal aprende a maximizar su rendimiento en tareas dinámicas al interactuar con su entorno y recibir recompensas o castigos por sus acciones (Sutton & Barto, 2018).

Desafíos y futuro de las redes neuronales en robótica

A pesar de los avances, la implementación de redes neuronales en robótica enfrenta desafíos significativos, como:

Escalabilidad: Las aplicaciones del mundo real pueden verse obstaculizadas por la necesidad de entrenar modelos efectivos con grandes cantidades de datos.

Generalización: Los modelos deben ser capaces de generalizar su aprendizaje a situaciones no vistas, lo que a menudo es un desafío en entornos dinámicos.

Interpretabilidad: Las decisiones tomadas por las redes pueden ser difíciles de entender, lo que plantea problemas de confianza y seguridad en sistemas autónomos.

El futuro de las redes neuronales en robótica se dirige hacia la creación de modelos más robustos, eficientes y capaces de aprender en entornos reales, incluyendo enfoques como el aprendizaje continuo y el aprendizaje autónomo.

3.4. Aplicaciones de la inteligencia artificial en robótica

Robótica industrial

En la robótica industrial, la IA optimiza procesos de manufactura, ensamblaje y control de calidad.

Automatización de Tareas Repetitivas: Los robots pueden aprender y adaptar sus movimientos para realizar tareas repetitivas con alta precisión.

Mantenimiento Predictivo: Mediante el análisis de datos, los robots pueden predecir fallos y realizar mantenimiento preventivo.

Robótica de Servicio

En la robótica de servicio, la IA se utiliza para desarrollar robots que interactúan con humanos y realizan tareas domésticas, educativas y de atención médica.

Asistentes Domésticos: Robots como Roomba utilizan algoritmos de IA para limpiar eficientemente los hogares.

Robots Médicos: Asisten en cirugías, diagnóstico y cuidado de pacientes, utilizando IA para mejorar la precisión y reducir los errores humanos.

Robótica Móvil

Los robots móviles utilizan IA para navegar en entornos complejos y desconocidos.

Vehículos Autónomos: Utilizan redes neuronales y algoritmos de aprendizaje automático para interpretar el entorno, tomar decisiones de conducción y evitar obstáculos (Thrun, 2010).

Drones: Utilizan IA para tareas como la entrega de paquetes, inspección de infraestructuras y monitoreo ambiental.

Percepción y reconocimiento de objetos

Los robots utilizan aprendizaje automático para interpretar datos sensoriales y reconocer objetos en su entorno. Por ejemplo, mediante redes neuronales convolucionales (CNN), un robot puede identificar y clasificar objetos en imágenes o vídeos (Krizhevsky, Sutskever, & Hinton, 2012).

Navegación y mapeo

Los robots móviles utilizan técnicas de aprendizaje automático para mejorar su capacidad de navegación y mapeo en entornos desconocidos. A través de algoritmos de aprendizaje por refuerzo, pueden aprender rutas óptimas y evitar obstáculos dinámicos.

Manipulación de objetos

Los robots en entornos industriales y de servicio pueden emplear el aprendizaje automático para aprender a manipular objetos de diferentes formas y tamaños. Esto incluye desde el agarre hasta la colocación en posiciones específicas, adaptándose a variaciones en el entorno (Levine & Koltun, 2016).

Interacción humano-robot

El aprendizaje automático permite que los robots comprendan y respondan a las intenciones humanas. Por ejemplo, un robot asistente puede aprender a seguir comandos de voz y reconocer patrones en el comportamiento humano para ofrecer una mejor interacción (Huang & Jiao, 2020).

3.5. Ejemplo de aplicación: robot autónomo

Descripción

Imaginemos un robot de entrega autónomo que utiliza aprendizaje automático para navegar por una ciudad, reconocer objetos y evitar obstáculos.

Funcionamiento

Sensores: El robot está equipado con cámaras y sensores LIDAR para recopilar datos sobre su entorno.

Entrenamiento: Durante la fase de entrenamiento, el robot se expone a diferentes escenarios de navegación, recolectando datos de sensores y etiquetando situaciones (como obstáculos, peatones y rutas óptimas).

Modelo: Se utiliza un modelo de aprendizaje profundo, como una CNN, para procesar las imágenes y reconocer objetos, mientras que un algoritmo de aprendizaje por refuerzo optimiza la estrategia de navegación.

Implementación: Durante la operación, el robot utiliza el modelo entrenado para interpretar datos en tiempo real, tomar decisiones sobre su ruta y evitar obstáculos mientras se dirige a su destino.

Resultados esperados

El robot se adapta continuamente a su entorno, mejorando su eficiencia y seguridad en las entregas, y aprendiendo de nuevas experiencias para optimizar su comportamiento.

CAPÍTULO IV.

Humanos y robots: colaboración y coexistencia



4.1. Robótica colaborativa

La interacción entre humanos y robots ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, dando paso a un nuevo paradigma en el que la colaboración entre ambos se convierte en un factor clave para la mejora de la productividad, la seguridad y la calidad de vida. Este capítulo se dedica a explorar las diversas facetas de esta relación, abarcando normativas, beneficios, desafíos y casos de éxito que ilustran cómo la coexistencia entre humanos y robots puede ser beneficiosa para ambas partes.

Iniciaremos con un análisis de las normativas relevantes en el ámbito de la robótica, haciendo hincapié en las normas internacionales de seguridad y en la importancia de la evaluación de riesgos. Estas regulaciones son fundamentales para garantizar un entorno seguro tanto para los trabajadores humanos como para los sistemas robóticos que operan en su proximidad.

A continuación, se explorarán los desafíos legales y éticos asociados a la colaboración humano-robot. A medida que los robots asumen un papel más activo en la sociedad, surge la necesidad de abordar cuestiones como la responsabilidad en caso de accidentes, la privacidad de los datos y el impacto en el empleo.

El capítulo también examina las diversas formas de colaboración entre humanos y robots, destacando los beneficios que esta interacción puede aportar en distintos contextos. En el hogar, por ejemplo, los robots pueden ahorrar tiempo y esfuerzo, mejorando así la calidad de vida de sus usuarios. En el ámbito industrial, se analizará cómo la colaboración robótica contribuye a la eficiencia y productividad, al tiempo que mejora la seguridad en entornos de trabajo potencialmente peligrosos.

Asimismo, se abordarán aplicaciones en sectores específicos, como la salud, la agricultura, la logística, la educación y el entretenimiento. Cada uno de estos ámbitos presenta oportunidades únicas para la integración de robots, que pueden complementar las habilidades humanas y facilitar la realización de tareas complejas o tediosas.

Sin embargo, la coexistencia entre humanos y robots no está exenta de desafíos. Este capítulo se adentrará en aspectos éticos y sociales que afectan esta relación, incluyendo problemas de integración y la percepción pública sobre los robots. Factores como las experiencias previas y las representaciones en los medios juegan un papel crucial en cómo se perciben los robots y su aceptación en la sociedad.

Se presentarán también los desafíos relacionados con la interacción social, enfatizando la importancia de diseñar robots que no solo sean funcionales, sino que también se integren adecuadamente en el entorno social humano. Definiremos las características de los robots sociales y discutiremos la relevancia de la interacción social en su diseño y operación.

Finalmente, se ilustrarán casos de éxito en la colaboración humano-robot, con ejemplos en atención médica, educación y diversas industrias. Estas historias destacan cómo la implementación efectiva de robots puede transformar prácticas laborales y sociales, ofreciendo soluciones innovadoras que benefician tanto a individuos como a comunidades enteras.

Este capítulo proporcionará una visión integral sobre la colaboración y coexistencia entre humanos y robots, estableciendo un marco para entender cómo estas interacciones pueden moldear el futuro de la sociedad y la tecnología.

La colaboración y coexistencia entre humanos y robots, especialmente en el contexto de la robótica colaborativa, presenta desafíos importantes en términos de normativas para el trabajo en conjunto. Es fundamental establecer un marco legal que garantice la seguridad, la moralidad y la responsabilidad en la interacción entre humanos y máquinas a medida que avanza la tecnología.

La robótica y la IA se consideran tecnologías disruptivas que transforman no solo las prácticas laborales, sino también la estructura social y económica. La Federación Internacional de Robótica (2021) y diversas normativas internacionales, como la ISO 8373, definen los robots industriales como manipuladores reprogramables diseñados para automatizar tareas. Sin embargo, la rápida evolución de estas tecnologías requiere un marco legal que se adapte continuamente a sus implicaciones (Real Instituto Elcano, 2017).

4.2. Normas internacionales de seguridad

Las normas de seguridad son esenciales para asegurar que la interacción entre humanos y robots sea segura y eficiente. Las siguientes normas son fundamentales:



Figura 45. Normas Internacionales para Trabajar con Robots.

Fuente: SICK (2024).

La figura 45 ilustra como es el ambiente al trabajar con un robot cerca dentro de una industria.

ISO 10218-1 e ISO 10218-2: Estas normas establecen los requisitos de seguridad para robots industriales y su integración en entornos de trabajo donde coexisten humanos y robots. La ISO 10218-1 se centra en los requisitos de seguridad para los robots, mientras que la ISO 10218-2 aborda la integración de estos robots en sistemas automatizados (SICK, 2022; Omron, 2023).

ISO/TS 15066: Esta especificación técnica proporciona directrices adicionales para la operación de robots colaborativos, definiendo parámetros de seguridad que permiten la interacción segura entre humanos y robots en el mismo espacio de trabajo. Esta norma es crucial para establecer límites seguros en la colaboración humano-robot, incluyendo valores máximos de fuerza y presión que pueden aplicarse durante la interacción (Kieffer, 2024).

ISO 12100: Esta norma de tipo A establece principios generales de diseño y evaluación de riesgos para máquinas. Es fundamental para cualquier aplicación que involucre maquinaria, ya que

proporciona un marco para identificar peligros y evaluar riesgos, lo que es esencial antes de implementar robots colaborativos en un entorno de trabajo (DOT System, 2023).

ISO 13849-1: Esta norma de tipo B se centra en la seguridad de los sistemas de control y proporciona directrices sobre cómo diseñar sistemas de control seguros para máquinas, incluidos los robots. Asegura que los sistemas de control de los robots sean capaces de funcionar de manera segura, incluso en situaciones de fallo (SICK, 2022).

Importancia de la evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos es un componente esencial del uso de robots colaborativos. A pesar de que estos robots tienen características de seguridad como sensores que detectan la proximidad humana, es fundamental realizar una evaluación de riesgos exhaustiva para identificar y reducir cualquier peligro potencial en el entorno de trabajo (Omron, 2023). Esto incluye considerar factores como la velocidad de operación, la fuerza aplicada y el diseño del espacio de trabajo colaborativo.

Las normas de seguridad son vitales para garantizar un entorno seguro donde los robots colaborativos puedan operar junto a los humanos. Las normas ISO 10218, ISO/TS 15066 y otras regulaciones relacionadas proporcionan un marco claro para la seguridad en la robótica colaborativa. A medida que la tecnología avanza, seguir estas reglas será crucial para maximizar los beneficios de los robots mientras se reducen los riesgos.

Desafíos legales y éticos

Los dilemas legales y éticos que surgen al incorporar robots en entornos humanos deben abordarse. Algunos de los problemas más importantes incluyen:

Responsabilidad Legal: La cuestión de quién es responsable en caso de un accidente o fallo de un robot es un tema candente.

La legislación actual no siempre aborda adecuadamente la responsabilidad de los robots, lo que genera incertidumbre en la aplicación de la ley (Real Instituto Elcano, 2017).

Derechos Humanos y Ética: La regulación debe garantizar que los avances tecnológicos no socaven valores fundamentales como la dignidad, la privacidad y la no discriminación. La creación de un marco ético que guíe el desarrollo y la implementación de la robótica es esencial (Sánchez-Urán Azaña & Grau Ruiz, 2018).

Impacto en el Empleo: La automatización y la robótica están transformando el mercado laboral, lo que plantea la necesidad de políticas que protejan a los trabajadores y promuevan la formación en habilidades relevantes para el futuro (Real Instituto Elcano, 2017).

El marco regulatorio y legal de la colaboración y coexistencia entre humanos y robots está en constante evolución y necesita atención. Es esencial establecer normas claras que garanticen la seguridad, la moralidad y la responsabilidad a medida que la robótica y la IA se integran más en la vida cotidiana. Para abordar los desafíos que surgen en esta nueva era tecnológica, se requiere la creación de un Derecho de los Robots y la regulación proactiva.

4.3. Formas de colaboración humano-robot

La colaboración entre humanos y robots puede tomar diferentes formas, desde la simple coexistencia hasta una interacción activa y coordinada. Según Cherubini et al. (2016), existen cuatro niveles principales de interacción humano-robot:

Sin interacción: En este nivel, humanos y robots trabajan de forma completamente independiente, sin compartir el mismo espacio de trabajo. Esta modalidad es común en entornos donde las tareas son altamente automatizadas y no requieren la intervención humana directa.

Coexistencia: Aquí, humanos y robots comparten el mismo entorno, pero trabajan en tareas separadas sin interactuar directamente. En este contexto, es crucial que los robots sean sensibles a la presencia humana para evitar colisiones, lo que implica la implementación de sensores y sistemas de detección que garanticen la seguridad (Tsarouchi et al., 2017).

Cooperación: En este nivel, humanos y robots realizan tareas diferentes pero complementarias, alternando su trabajo en el mismo espacio. Esto requiere un alto grado de coordinación para sincronizar las actividades, lo que puede incluir el uso de algoritmos de planificación y comunicación efectiva entre los sistemas (Tsarouchi et al., 2017).

Colaboración: En el nivel más avanzado, humanos y robots interactúan activamente, realizando conjuntamente una tarea compartida. Esta interacción implica una conexión física y cognitiva, donde los robots asisten a los humanos o viceversa. La colaboración efectiva requiere avances significativos en áreas como la percepción, la planificación y el control de robots, así como en la interacción natural entre humanos y máquinas (Lasota et al., 2014).

Un aumento en el grado de proximidad, interacción y coordinación entre humanos y robots marca la transición desde la coexistencia hasta la colaboración activa. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también puede reducir el trabajo físico y cognitivo de las personas, lo que les permite concentrarse en tareas más complejas y creativas (Fournier et al., 2022).

4.4. Beneficios de la colaboración

En la actualidad, la colaboración entre robots y humanos es crucial porque permite optimizar la eficiencia y la productividad en una variedad de entornos, desde la industria hasta el hogar. Al liberar a los trabajadores de tareas repetitivas y físicamente

exigentes, esta sinergia mejora la calidad del trabajo y fomenta la innovación.

Dado que los robots pueden asumir riesgos que los humanos podrían asumir, la interacción entre humanos y robots también puede aumentar la seguridad en el lugar de trabajo. A medida que avanza la tecnología, la colaboración humano-robot se convierte en esencial para enfrentar los desafíos del futuro y mejorar la calidad de vida.

Colaboración en el hogar

Los robots en el hogar mejoran la calidad de vida de los usuarios y ahorran tiempo y esfuerzo. A medida que avanza la tecnología, es probable que veamos una mayor adopción de robots domésticos que faciliten aún más las tareas cotidianas y brinden a los miembros del hogar un apoyo más personalizado.

Ahorro de tiempo y esfuerzo

Los robots domésticos, como aspiradoras automáticas y asistentes de cocina, permiten a los usuarios delegar tareas repetitivas y físicamente exigentes. Esto no solo libera tiempo valioso que los individuos pueden dedicar a actividades más placenteras o productivas, sino que también reduce el esfuerzo físico requerido para mantener un hogar.

Según un estudio realizado por la Universidad de Michigan, el uso de robots aspiradores puede ahorrar a los propietarios de viviendas hasta 27 minutos por día en tareas de limpieza (Srinivasan et al., 2020). Además, los robots de cocina pueden automatizar la preparación de alimentos, lo que simplifica el proceso de cocinar y permite a los usuarios disfrutar de comidas caseras sin la carga de la preparación.



Figura 46. Mujer junto a un robot aspiradora.

Fuente: Ojo (2023).

La figura 46 muestra a una mujer interactuando con un robot aspiradora, un dispositivo diseñado para facilitar la limpieza del hogar.

Mejora de la calidad de vida

Los robots en el hogar también pueden mejorar la calidad de vida de los usuarios, especialmente de aquellos con necesidades especiales o movilidad reducida. Los robots de asistencia pueden ayudar a las personas mayores o con discapacidades con tareas como el cuidado personal, la movilidad y la interacción social. Esto les permite mantener su independencia y mejorar su bienestar general.

Un estudio de la Universidad de Toronto encontró que el uso de robots de asistencia en el hogar puede reducir significativamente los niveles de estrés y ansiedad en personas mayores (Broadbent et al., 2018). Además, los robots de compañía pueden ofrecer interacción social, lo que es especialmente beneficioso para

aquellos que viven solos, ayudando a combatir la soledad y proporcionando compañía.



Figura 47. Adulto mayor interactuando en compañía de un robot.

Fuente: Wang et al. (2020).

La figura 47 muestra a un adulto mayor interactuando con un robot de aprendizaje, diseñado para facilitar la estimulación cognitiva y social en personas mayores.

Colaboración en la industria

Se ha demostrado que la colaboración entre humanos y robots, particularmente a través de los cobots, es esencial para mejorar la eficiencia y la seguridad en los lugares de trabajo. A continuación, se enumeran las ventajas más importantes de esta cooperación.

Eficiencia y productividad

Los robots colaborativos son capaces de colaborar con humanos en tareas repetitivas y físicamente exigentes. Esto reduce la carga

de trabajo de los empleados y mejora la productividad general de la empresa. Según un estudio de Bock et al. (2019), al permitir que los humanos se concentren en tareas más complejas y creativas, la implementación de cobots puede aumentar la productividad de hasta un 85 % en ciertas tareas.

Los cobots pueden adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes de producción porque son versátiles y pueden ser reprogramados para realizar una variedad de tareas. Esto es diferente a los robots industriales tradicionales, que suelen estar destinados a tareas específicas y requieren mucho tiempo para reconfigurarse. Esta flexibilidad mejora la eficiencia y reduce los costos operativos (Kässi & Lehdonvirta, 2018).

Además, los cobots pueden trabajar de manera constante sin requerir algún descanso, lo que contribuye a una producción ininterrumpida. Esto es especialmente valioso en industrias donde la demanda fluctúa y se requieren ajustes rápidos en la producción (Hirsch et al., 2020).

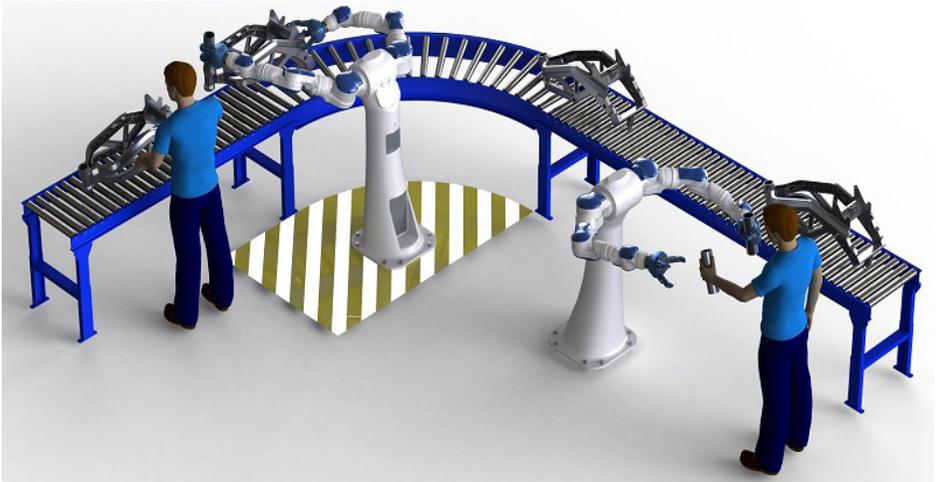


Figura 48. Colaboración robot-humano dentro de la industria.

Fuente: Des-Show (2017).

La figura 48 ilustra un entorno de trabajo donde un robot colaborativo (cobot) y un operario humano trabajan juntos en una línea de producción.

Mejora de la seguridad

La mejora en la seguridad laboral es uno de los avances más importantes en la robótica colaborativa. Los cobots tienen sensores sofisticados que les permiten reconocer la presencia humana y responder en consecuencia. Esto les permite trabajar en estrecha proximidad con los empleados sin necesidad de barreras de seguridad, reduciendo el riesgo de accidentes laborales (Kässi & Lehtonvirta, 2018).

En caso de un contacto inesperado, los cobots deben tener la capacidad de detenerse o reducir la velocidad. Esto permite que robots y humanos trabajen juntos en el mismo lugar sin preocuparse, lo que resulta en una colaboración más efectiva (Hirsch et al., 2020). Los robots sensitivos mejoran la seguridad y permiten a las empresas cumplir con normas de seguridad laboral más estrictas, lo que puede reducir los costos de accidentes y lesiones.



Figura 49. Seguridad industrial con robots.

Fuente: EHS Daily Advisor (2023).

La figura 49 ilustra un entorno industrial donde humanos y robots colaboran en tareas de producción, destacando la importancia de la seguridad en estas interacciones.

La colaboración humano-robot, facilitada por los cobots, ofrece múltiples beneficios en términos de eficiencia, productividad y seguridad. Además de la colaboración con los trabajadores, los cobots se integran perfectamente con otros equipos y sistemas periféricos implicados en un proceso productivo, como PLC o CNC, utilizando protocolos de comunicación como Profinet o TCP/IP.

Esto permite una integración fluida en los procesos actuales con las automatizaciones ya existentes en las plantas productivas. A medida que las empresas continúan adoptando esta tecnología, es probable que veamos un aumento en la competitividad y la innovación en diversos sectores industriales. Los cobots son versátiles y pueden redefinirse en función de las necesidades, requieren poco espacio físico para operar, lo que elimina la necesidad de remodelaciones significativas en las infraestructuras. Además, pueden trabajar de manera constante sin fatiga ni errores, mejorando la eficiencia y reduciendo los tiempos de producción (Atria Innovation, 2023).

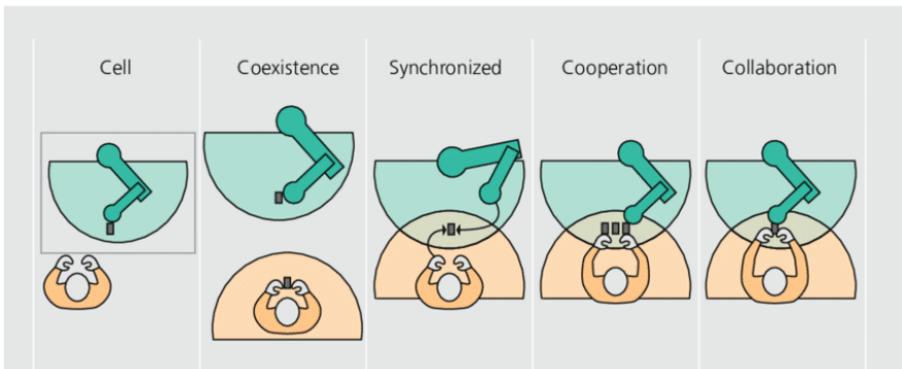


Figura 50. Tipos de colaboración humano-robot.

Fuente: Atria Innovation (2024).

La figura 50 ilustra los diferentes tipos de colaboración entre humanos y robots en entornos laborales, clasificados en diferentes categorías.

Otros tipos de colaboraciones

Además de la colaboración en el hogar y en la industria, existen otros tipos de colaboración entre humanos y robots que son importantes y están en crecimiento:

Colaboración en la salud

Los robots colaborativos han revolucionado la forma en que se llevan a cabo los procedimientos médicos en el sector de la salud, ayudando en áreas como la rehabilitación, el cuidado de pacientes y la cirugía asistida. Los cirujanos pueden realizar procedimientos con una precisión y control excepcionales gracias a los sistemas robóticos, como el famoso sistema Da Vinci, lo que resulta en menos complicaciones y una recuperación más rápida para los pacientes. La cirugía robótica utiliza incisiones más pequeñas, lo que reduce el dolor postoperatorio y el riesgo de infecciones (Fundación Mayo para la Educación y la Investigación Médicas, 2024).

Además, los exoesqueletos están siendo utilizados para ayudar a los pacientes en su rehabilitación, permitiéndoles recuperar la movilidad y mejorar su calidad de vida. Estos dispositivos no solo asisten a los pacientes en su recuperación física, sino que también les brindan un sentido de independencia y autoestima al facilitar su movilidad diaria (Broadbent et al., 2018).



Figura 51. Niño usando un exoesqueleto para obtener movilidad.

Fuente: Robot Salud.

La figura 51 muestra a un niño utilizando un exoesqueleto robótico para recuperar la movilidad en sus piernas. El exoesqueleto se ajusta a la parte inferior del cuerpo del niño y utiliza motores ubicados en las articulaciones de la cadera y la rodilla para asistir y guiar sus movimientos.

Colaboración en la agricultura

Los robots colaborativos también están teniendo un impacto significativo en la agricultura. Estos robots realizan funciones cruciales como la siembra, la cosecha y el seguimiento de los cultivos. Por ejemplo, los agricultores pueden usar drones

agrícolas para rastrear la salud de los cultivos y tomar decisiones informadas sobre el riego y la fertilización.

Además, los robots de cosecha pueden colaborar con los agricultores para recolectar frutas y verduras de manera más eficiente, lo que reduce el uso de recursos y mejora la eficiencia del manejo de cultivos. Según un estudio de la Universidad de California, el uso de robots en la agricultura puede aumentar la productividad en un 20% y reducir el uso de pesticidas, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles (González et al., 2021).



Figura 52. Robot cosechador de fruta.

Fuente: Manly Battery (2024a).

La figura 52 ilustra un robot cosechador diseñado específicamente para la recolección de tomates de árbol. Este tipo de robot utiliza tecnología avanzada, incluyendo sensores y algoritmos de IA, para identificar y cosechar frutas en su punto óptimo de maduración.

Colaboración en la logística y almacenamiento

Los robots colaborativos están revolucionando la logística y el almacenamiento. Estos robots recolectan, clasifican y transportan productos en los almacenes, trabajando junto con los empleados para aumentar la productividad y reducir el tiempo de procesamiento de pedidos.

Por ejemplo, sistemas como Kiva de Amazon permiten a los robots transportar estanterías completas a los trabajadores, minimizando el tiempo que estos pasan caminando por el almacén. Esto no solo optimiza el flujo de trabajo, sino que también reduce la fatiga del personal, mejorando la productividad general (Wang et al., 2019).

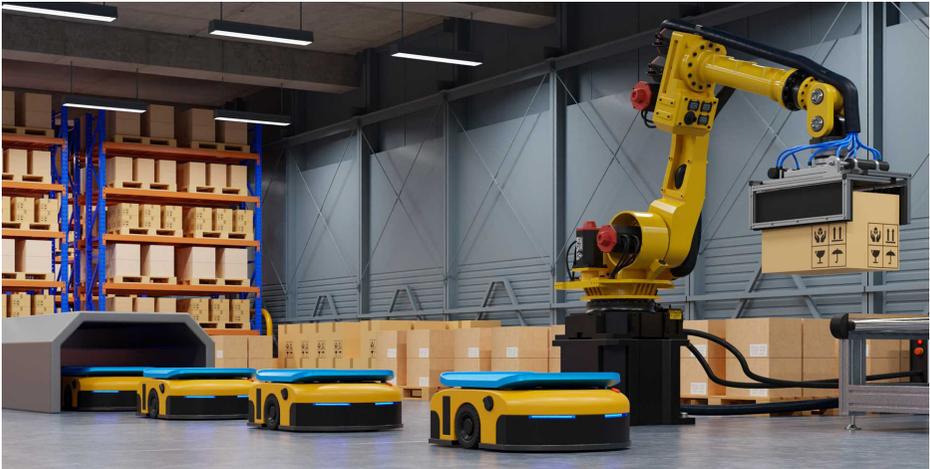


Figura 53. Robot moviendo y almacenando cajas de manera ordenada.

Fuente: Libertis Solutions (2024).

La figura 53 muestra un robot industrial realizando tareas de almacenamiento y organización de cajas en un centro de distribución. Este tipo de robots, conocidos como **robots de almacén**, están diseñados para mejorar la eficiencia y productividad en las operaciones logísticas.

Colaboración en la educación

La robótica también está ganando importancia en la educación. Los robots educativos son herramientas interactivas de aprendizaje que ayudan a los estudiantes a aprender robótica, programación y resolución de problemas.

Los estudiantes pueden experimentar con conceptos de ingeniería y tecnología con estos robots, que fomentan la creatividad y el trabajo en equipo. Según un estudio de la Universidad de Stanford, el uso de robots en el salón de clases puede aumentar significativamente la participación y el rendimiento académico de los estudiantes (Bers, 2018).



Figura 54. Niños y robot de enseñanza compartiendo en un entorno de aprendizaje.

Fuente: Rincón Educativo (2024).

La figura 54 muestra a un grupo de niños interactuando con un robot de enseñanza en un entorno educativo. Este tipo de robot está diseñado para facilitar el aprendizaje a través de la interacción lúdica y práctica, promoviendo el desarrollo de habilidades esenciales en los estudiantes.

Colaboración en el entretenimiento

En el ámbito del entretenimiento, los robots colaborativos están siendo utilizados en parques temáticos y eventos para interactuar con los visitantes. Estos robots pueden ofrecer experiencias personalizadas, actuar como guías o incluso participar en espectáculos en vivo, creando una experiencia única y atractiva para el público.

Por ejemplo, en parques temáticos, los robots pueden interactuar con los visitantes, responder preguntas y proporcionar información sobre las atracciones, mejorando la experiencia general del cliente (Wang et al., 2020).



Figura 55. Personas usando un robot de entretenimiento.

Fuente: KUKA, n.d. (2024).

La figura 55 muestra a un grupo de personas interactuando con un robot de entretenimiento en un entorno social. Los robots de entretenimiento están diseñados específicamente para proporcionar diversión, interacción y compañía a los seres humanos.

4.5. Desafíos en la coexistencia

A medida que la colaboración entre humanos y robots se vuelve más estrecha, surgen diversos desafíos éticos y prácticos que deben ser abordados. Dos de los principales retos son las implicaciones sociales y éticas de esta interacción, así como los problemas de integración que enfrentan las organizaciones al implementar tecnologías colaborativas.

Aspectos éticos y sociales

La creciente presencia de robots en el lugar de trabajo plantea importantes cuestiones éticas y sociales. Uno de los principales desafíos es el impacto en el empleo, ya que la automatización puede llevar al desplazamiento de trabajadores humanos. Bryson & Winfield (2017), argumentan que *“la integración de sistemas autónomos en la fuerza laboral puede resultar en la pérdida de empleos, lo que requiere un enfoque proactivo para la reeducación y adaptación de la fuerza laboral”* (p. 117). Esto subraya la necesidad de preparar a los empleados para las nuevas realidades laborales que surgen con la automatización.

Además, la responsabilidad y la rendición de cuentas son cuestiones críticas. Santoni de Sio & Van den Hoven (2018), señalan que *“cuando un sistema autónomo comete un error, es fundamental establecer quién es responsable, lo que plantea desafíos legales y éticos en la interacción humano-robot”* (p. 15). Este dilema ético resalta la importancia de desarrollar marcos legales que definan claramente las responsabilidades en la colaboración humano-robot.

Otro aspecto a considerar es el potencial de sesgos y discriminación en los algoritmos que controlan a los robots. Cath et al. (2018), advierten que *“los algoritmos pueden perpetuar y amplificar sesgos existentes, lo que podría llevar a decisiones discriminatorias en el lugar de trabajo”* (p. 507). Esto enfatiza la necesidad de una supervisión cuidadosa en el desarrollo y la implementación de tecnologías de IA.

Problemas de integración

Además de los desafíos éticos, las organizaciones también enfrentan obstáculos prácticos al implementar tecnologías de colaboración humano-robot. La resistencia al cambio es uno de los principales problemas, ya que los empleados pueden ser reacios a trabajar junto a robots por temor a perder sus empleos. Hengstler et al. (2016), destacan que *“la aceptación de tecnologías colaborativas por parte de los empleados es crucial para el éxito de su implementación, y la falta de familiaridad puede generar resistencia”*. (p. 108)

La complejidad técnica también representa un desafío significativo. (Monostori, 2014) menciona que *“la integración de robots colaborativos en entornos de trabajo existentes puede ser técnicamente desafiante, especialmente en términos de garantizar la interoperabilidad con otros sistemas y equipos”* (p. 12). Esto requiere un enfoque estratégico para asegurar que los robots puedan trabajar sin problemas con la infraestructura existente.

Finalmente, los costos de implementación pueden ser una barrera para muchas organizaciones. Bogue (2016), señala que *“la adquisición e implementación de robots colaborativos puede representar una inversión significativa, lo que puede ser un obstáculo, especialmente para las pequeñas y medianas empresas”* (p. 8). Esto sugiere que es fundamental buscar soluciones de financiamiento y apoyo para facilitar la adopción de estas tecnologías.

4.6. Percepción pública y aceptación

La percepción pública de los robots y su aceptación son importantes factores que influyen en la implementación y el desarrollo de tecnologías robóticas en una variedad de sectores. A medida que los robots, especialmente los colaborativos y sociales, se integran en la vida cotidiana, es fundamental comprender cómo las personas y la sociedad en general perciben estas tecnologías. La aceptación de los robots depende de factores emocionales, éticos y sociales que afectan la disposición de las personas a interactuar con ellos.

Factores que afectan la percepción pública

La aceptación de robots en la sociedad está influenciada por diversos factores que afectan la percepción pública. Estos factores incluyen las experiencias previas de los usuarios, las representaciones en los medios, los aspectos éticos y de seguridad, la usabilidad y funcionalidad, y la interacción social. A continuación, se desarrolla cada uno de estos factores.

Experiencias previas

Las experiencias previas con la tecnología son un determinante crucial en la percepción pública de los robots. Si los usuarios han tenido interacciones positivas con robots, es más probable que desarrollen una actitud favorable hacia su uso futuro.

Por el contrario, experiencias negativas pueden generar desconfianza y resistencia. Un estudio de Katz & Aspden (2020), indican que las experiencias de los usuarios con tecnologías similares pueden influir en su disposición a aceptar nuevas formas de robótica. Por lo tanto, es fundamental que las implementaciones iniciales de robots sean exitosas para fomentar una percepción positiva en la sociedad.

Representaciones en los medios

La forma en que los robots son representados en la cultura popular y los medios de comunicación tiene un gran impacto en la percepción pública. Las representaciones de robots como amenazas o rivales pueden generar miedo y desconfianza en la población. Por otro lado, representaciones positivas que resaltan las ventajas de los robots, como su capacidad para ayudar en las tareas diarias o brindar asistencia, pueden aumentar la aceptación. Duffy (2003), señala que las narrativas mediáticas influyen en la forma en que las personas conceptualizan la robótica y su papel en la sociedad.

Aspectos éticos y de seguridad

Las preocupaciones sobre la ética y la seguridad son determinantes en la aceptación pública de robots. Los individuos son más propensos a aceptar robots que perciben como seguros y éticamente responsables. Lin et al. (2011), argumentan que la percepción de riesgo asociado con el uso de robots, así como la confianza en que estos operan dentro de un marco ético, son factores que influyen en la disposición de las personas a interactuar con ellos. La transparencia en el diseño y la programación de robots, así como la implementación de regulaciones adecuadas, son esenciales para abordar estas preocupaciones.

Usabilidad y funcionalidad

La usabilidad y funcionalidad de los robots son cruciales para su aceptación. Los robots que son intuitivos y fáciles de usar, así como aquellos que demuestran ser funcionales en la realización de tareas específicas, son más propensos a ser aceptados por los usuarios. Wang et al. (2020), destacan que la capacidad de un robot para adaptarse a diferentes entornos y tareas también juega un papel importante en su aceptación. Los usuarios valoran

la eficiencia y la efectividad de los robots en su vida diaria, lo que puede aumentar su disposición a adoptar estas tecnologías.

Interacción Social

La capacidad de los robots para interactuar socialmente con los humanos es un factor clave en su aceptación. Robots que pueden reconocer y responder a las emociones humanas, así como aquellos que pueden mantener conversaciones significativas, son más propensos a ser bien recibidos. Kory Westlund et al. (2019), indican que los robots que imitan comportamientos humanos y que pueden expresar emociones generan una mayor empatía y conexión con los usuarios. Esta capacidad de interacción social es especialmente valiosa en entornos de atención médica y cuidado de personas mayores, donde el apoyo emocional es crucial.

Tabla 3. Comparativa de Factores que Afectan la Percepción Pública.

Factor	Descripción	Impacto en la Aceptación
Experiencias Previas	Interacciones anteriores con tecnología robótica.	Positivas aumentan la aceptación; negativas la disminuyen.
Representaciones en Medios	Cómo los robots son retratados en películas, series y noticias.	Representaciones positivas fomentan la aceptación; negativas generan miedo.
Aspectos Éticos	Preocupaciones sobre la ética en el uso de robots (privacidad, seguridad).	La percepción de ética y responsabilidad aumenta la aceptación.
Usabilidad y Funcionalidad	Facilidad de uso y efectividad de los robots en tareas específicas.	Robots útiles y fáciles de usar son más aceptados.
Interacción Social	Habilidad del robot para comunicarse y relacionarse con humanos.	Mejores habilidades sociales aumentan la aceptación.

Interacción social en robots

La interacción social es fundamental para el diseño y funcionamiento de los robots sociales, que están diseñados para comunicarse y relacionarse con humanos. Esta habilidad no solo implica completar tareas, sino también establecer vínculos emocionales y comprender los contextos sociales. A medida que avanza la tecnología, la interacción social es un factor clave en el éxito y la aceptación de los robots en entornos cotidianos.

Definición y características de los robots sociales

Los robots sociales son aquellos diseñados específicamente para interactuar con humanos en un contexto social. Utilizan algoritmos de IA para participar en interacciones que van más allá de comandos básicos, permitiendo la detección y respuesta a emociones humanas, lo que facilita una comunicación más natural y efectiva (México. Consejo de Datos y Tecnologías Emergentes, 2024). Estas máquinas están equipadas con sensores, cámaras y software especializado que les permiten reconocer voces, caras y estados emocionales, adaptando su comportamiento en consecuencia (Fundación Wikimedia, 2023).

Importancia de la interacción social

La interacción social en robots es crucial por varias razones:

Conexión Emocional: Los robots que pueden expresar emociones y responder a las de los humanos fomentan una conexión más profunda. Esto es especialmente importante en contextos como la atención médica, donde los robots pueden ofrecer compañía y apoyo emocional a pacientes, ayudando a mitigar la soledad y mejorar la calidad de vida (Broadbent et al., 2018).

Facilitación del Aprendizaje: Los robots sociales pueden adaptarse a las necesidades únicas de los estudiantes en entornos educativos y servir como tutores interactivos. Esto no

solo mejora la experiencia de aprendizaje, sino que también ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades sociales y emocionales (Kory Westlund et al., 2019).

Mejora de la Usabilidad: La capacidad de un robot para interactuar socialmente también mejora su usabilidad. Los usuarios son más propensos a aceptar y utilizar robots que pueden comunicarse de manera efectiva y comprender el contexto social en el que operan (Duffy, 2003).

Desafíos en la interacción social

A pesar de los avances, la interacción social en robots presenta desafíos significativos (Tabla 4):

Expectativas de los Usuarios: Los usuarios pueden tener expectativas poco realistas sobre las capacidades de los robots sociales. La discrepancia entre estas expectativas y la realidad puede llevar a la decepción y a la falta de aceptación (Lin et al., 2011).

Ética y Privacidad: La recopilación de datos personales y las interacciones emocionales generan problemas éticos. Es esencial establecer normas y estándares que protejan la privacidad de los usuarios y aseguren que los robots funcionen de manera ética (México. Consejo de Datos y Tecnologías Emergentes, 2024).

Tabla 4. Comparativa de Interacción Social en Robots.

Aspecto	Descripción	Impacto en la Aceptación
Conexión Emocional	Capacidad de los robots para expresar y responder a emociones humanas.	Mejora la empatía y la aceptación.
Facilitación del Aprendizaje	Uso de robots como tutores interactivos que se adaptan a las necesidades de los estudiantes.	Aumenta el compromiso y la efectividad en el aprendizaje.

Tabla 4. Comparativa de Interacción Social en Robots. (Continuación)

Usabilidad	La facilidad con la que los robots interactúan y se comunican con los usuarios	Robots fáciles de usar son más aceptados.
Expectativas de los Usuarios	La percepción de las capacidades de los robots puede influir en su aceptación.	Expectativas no cumplidas pueden generar decepción.
Ética y Privacidad	Preocupaciones sobre la recopilación de datos y el uso responsable de la tecnología.	La falta de confianza puede disminuir la aceptación.

4.7. Casos de éxito de colaboración humano-robot

La colaboración entre humanos y robots ha demostrado ser efectiva en una variedad de campos, desde la atención médica hasta la educación y la industria. Estos son algunos ejemplos de cómo la colaboración ha mejorado la eficiencia, la seguridad y la calidad de vida.

Atención médica

La atención médica ha sido uno de los sectores más beneficiados por la integración de robots sociales y asistenciales. Estos robots no solo optimizan la atención al paciente, sino que también mejoran la calidad de vida de los usuarios, especialmente de aquellos que requieren asistencia constante. A continuación, se presentan ejemplos destacados de cómo los robots están transformando el cuidado de la salud.

Robots de compañía

Los robots de compañía, como PARO y Pepper, han demostrado ser efectivos en la atención a pacientes mayores y personas con enfermedades neurodegenerativas. PARO, un robot en forma de foca, ha sido utilizado en residencias de ancianos para proporcionar compañía y estimulación emocional. Un estudio

realizado en Japón mostró que los residentes que interactuaron con PARO experimentaron una disminución en los niveles de ansiedad y una mejora en su bienestar general (Shibata & Wada, 2011). Pepper, por su parte, es un robot humanoide diseñado para interactuar con personas a través de la conversación y el reconocimiento de emociones. En entornos hospitalarios, Pepper ha sido utilizado para dar la bienvenida a los pacientes, proporcionar información y ayudar en la gestión de la ansiedad preoperatoria. Según un informe de la Universidad de Bristol, la interacción con Pepper ayudó a los pacientes a sentirse más cómodos y menos estresados antes de los procedimientos médicos (Bristol Robotics Laboratory, 2019).

Asistencia en rehabilitación

Los robots también son importantes en la rehabilitación de pacientes. Para ayudar a los pacientes a recuperar su movilidad después de lesiones o cirugías, se utilizan robots como Lokomat y RoboTherapist. Lokomat es un sistema de entrenamiento de marcha que utiliza un exoesqueleto para guiar a los pacientes en su proceso de rehabilitación. Un estudio de Hesse et al. (2016), encontraron que el uso de Lokomat mejoró significativamente la recuperación de la marcha en pacientes con daño cerebral. RoboTherapist, un robot diseñado para terapia ocupacional, puede interactuar con pacientes y guiarlos a través de ejercicios específicos, proporcionando retroalimentación en tiempo real. Esto no solo mejora la efectividad de la terapia, sino que también aumenta la motivación del paciente al hacer que las sesiones sean más interactivas y agradables (Kawamoto et al., 2019).

Monitoreo de la salud

La robótica social también ha ayudado a desarrollar sistemas de monitoreo de salud que utilizan robots para recopilar y analizar información sobre el estado de salud de los pacientes. Por ejemplo, el robot ARI de PAL Robotics tiene la capacidad de monitorear

la salud y el bienestar de los residentes en centros de atención. ARI utiliza sensores para recopilar información sobre la actividad física y el estado emocional de los usuarios, lo que permite a los cuidadores personalizar la atención (Hospitecnia, 2023).

Además, el objetivo del proyecto SHAPES es integrar soluciones digitales inteligentes para recopilar y analizar datos sobre el estilo de vida de las personas mayores, el medio ambiente y la salud. Este método facilita la identificación de las necesidades únicas de los usuarios y la creación de soluciones personalizadas que mejoran la calidad de vida de los usuarios. (Hospitecnia, 2023).

Educación

La robótica educativa, una herramienta poderosa en la educación, ha cambiado la forma en que los estudiantes se relacionan con la tecnología y aprenden. A continuación, se presentan algunos casos de éxito que demuestran cómo la colaboración entre humanos y robots ha mejorado la educación en diferentes etapas y contextos.

Robótica en la Educación Infantil

La robótica se utiliza en las primeras etapas educativas para familiarizar a los estudiantes con conceptos básicos de programación y pensamiento lógico. Los robots como Bee-Bot y Cubetto son fáciles de manipular y permiten que los niños aprendan a programar sin pantallas. Además de mejorar las habilidades motoras y de coordinación, estas herramientas fomentan la creatividad y la percepción espaciotemporal. Según un estudio de Iberdrola (2023), la robótica educativa en la infancia no solo mejora las habilidades técnicas, sino que también promueve la autoevaluación y la resolución de problemas.

Implementación en Educación Primaria y Secundaria

La robótica se convierte en un componente importante de las materias STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) a

medida que los estudiantes avanzan en su educación. Los robots programables como LEGO Mindstorms y Dash permiten a los estudiantes diseñar, construir y programar sus propios robots en la escuela primaria y secundaria.

Este método ingenioso y divertido ayuda a los estudiantes a mejorar sus habilidades de trabajo en equipo y resolución de problemas. Un artículo de Red Educa (2023), señala que la robótica en la educación no solo potencia habilidades técnicas, sino que también fomenta la iniciativa personal y el aprendizaje activo.

Proyectos de robótica en Universidades

En el ámbito universitario, la robótica educativa ha sido adoptada para preparar a los estudiantes para las profesiones del futuro. Universidades en todo el mundo están incorporando la robótica en sus planes de estudio, permitiendo a los estudiantes trabajar en proyectos interdisciplinarios que combinan ingeniería, programación y diseño. Por ejemplo, un programa en la Universidad de Corea ha utilizado un robot humanoide llamado “Hermosita” para impartir clases, lo que ha demostrado ser una forma innovadora de involucrar a los estudiantes en el aprendizaje (Arce Aponte, 2016).

Aprendizaje interactivo en el hogar

Los robots educativos también están revolucionando el aprendizaje en el hogar. Herramientas como Cozmo y Sphero enseñan conceptos de programación y matemáticas a través de juegos interactivos. Estos robots adaptan su complejidad a medida que los niños progresan, manteniéndolos comprometidos y motivados. La interacción con estos dispositivos no solo mejora el aprendizaje, sino que también fomenta la colaboración y el trabajo en equipo entre los niños (Learning Heroes, 2023).

Industria

La colaboración entre humanos y robots se ha beneficiado mucho en la industria. Los robots colaborativos, también conocidos como cobots, han cambiado los procesos de fabricación al colaborar de manera segura y eficiente con los trabajadores. En una variedad de aplicaciones industriales, esta colaboración ha permitido maximizar la productividad, mejorar la calidad y reducir los costos.

Ensamblaje de automóviles

En la industria automotriz, los robots colaborativos han sido ampliamente adoptados para tareas de ensamblaje. Por ejemplo, Volkswagen ha implementado cobots en sus plantas para ayudar a los trabajadores en el ensamblaje de puertas. Estos robots ligeros y flexibles trabajan junto a los humanos, reduciendo la carga física y mejorando la ergonomía. Según un estudio de Michalos et al. (2016), el uso de cobots en el ensamblaje de automóviles ha permitido a Volkswagen reducir los tiempos de ciclo en un 25% y mejorar la calidad del producto final.

Inspección de calidad en electrónica

En la industria electrónica, los robots colaborativos se utilizan para inspeccionar y clasificar componentes con un alto grado de precisión. Por ejemplo, Foxconn, un importante fabricante de electrónica, ha implementado cobots para inspeccionar pantallas de teléfonos móviles. Estos robots trabajan junto a los trabajadores, realizando inspecciones visuales y clasificando los componentes según su calidad. Un estudio de Michalos et al. (2016), encontró que el uso de cobots en la inspección de calidad ha permitido a Foxconn reducir los defectos en un 30% y mejorar la eficiencia del proceso en un 20%.

Soldadura en fabricación de maquinaria

En la fabricación de maquinaria, los robots colaborativos se utilizan para realizar tareas de soldadura con precisión y consistencia. Por ejemplo, Yaskawa Electric, un fabricante de robots industriales, ha desarrollado cobots especializados en soldadura que trabajan junto a los trabajadores en la fabricación de maquinaria pesada. Según un informe de la Federación Internacional de Robótica (2021), el uso de cobots en soldadura ha permitido a Yaskawa mejorar la calidad del producto final en un 30% y reducir los tiempos de producción en un 15%.

Servicios y hospitalidad

En el sector de servicios, algunos hoteles han comenzado a utilizar robots para interactuar con los huéspedes. Por ejemplo, el hotel “Aloft” en Cupertino, California, emplea un robot llamado “Botlr” que entrega toallas y otros artículos a las habitaciones. Este tipo de interacción no solo mejora la experiencia del cliente, sino que también permite al personal humano concentrarse en tareas más complejas y personalizadas. La aceptación de estos robots ha sido positiva, ya que los huéspedes valoran la innovación y la eficiencia que aportan (BBVA OpenMind, 2020).

Los robots de limpieza también han encontrado su lugar en la industria de la hospitalidad. Por ejemplo, el robot de limpieza de Savioke, llamado Relay, ha sido implementado en varios hoteles para entregar artículos a las habitaciones de los huéspedes. Este robot puede navegar de manera autónoma por el hotel, entregando toallas, alimentos y otros suministros. La implementación de Relay ha permitido a los empleados humanos enfocarse en tareas que requieren un toque personal, mejorando la eficiencia general del servicio (Revfine, 2024).

Robots en hoteles

Uno de los ejemplos más destacados de la colaboración humano-robot en la hospitalidad es el uso de robots en hoteles. Connie, un robot desarrollado por Hilton, actúa como un conserje que puede interactuar con los huéspedes, proporcionar información sobre el hotel y ayudar con el check-in. Este robot está equipado con IA que le permite responder preguntas y ofrecer recomendaciones personalizadas.

Según un estudio de Revfine (2024), la implementación de Connie ha mejorado la satisfacción del cliente y ha reducido el tiempo de espera en el proceso de registro. Otro ejemplo es el Hotel Henn-na en Japón, que es conocido por ser el primer hotel del mundo atendido casi en su totalidad por robots. Los robots en este hotel realizan tareas como el check-in, el servicio de maletas y la limpieza de habitaciones. La experiencia de los huéspedes ha sido generalmente positiva, destacando la eficiencia y la innovación que estos robots aportan al servicio (BBVA OpenMind, 2020).

Robots de servicio en restaurantes

En el ámbito de la restauración, los robots están siendo utilizados para mejorar la experiencia del cliente. Kime, un robot que sirve bebidas y snacks ha sido implementado en varios quioscos automatizados en España. Este robot no solo ofrece un servicio rápido, sino que también interactúa con los clientes, mejorando el ambiente del lugar. Un informe de Manly Battery (2024b), indica que la introducción de Kime ha aumentado las ventas en los quioscos y ha mejorado la satisfacción del cliente al proporcionar un servicio innovador y eficiente.

Robots en aeropuertos

Los aeropuertos también han comenzado a adoptar robots para mejorar la experiencia del viajero. PLATO, un robot desarrollado por United Robotics Group, se utiliza en varios aeropuertos para asistir a los pasajeros con información sobre vuelos, direcciones y servicios disponibles. Este robot ha demostrado ser eficaz en reducir la carga de trabajo de los trabajadores humanos, lo que les permite concentrarse en tareas más complejas que requieren atención individual. Según un estudio de Robotnik (2023), la implementación de robots en aeropuertos ha mejorado la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

CAPÍTULO V.

Legislación para los robots

5.1. Marcos legales y regulaciones emergentes para robots e inteligencia artificial

El avance imparable de la robótica y la IA plantea importantes interrogantes legales y éticos que requieren una atención exhaustiva en el ámbito normativo. Este capítulo se centra en los marcos legales y las regulaciones emergentes que afectan a los robots y a la IA, subrayando la necesidad de una legislación que se adapte a la rápida evolución de estas tecnologías.

Comenzaremos explorando los marcos legales actuales y las regulaciones emergentes que buscan abordar las particularidades de la robótica y la IA. A medida que estas tecnologías continúan desarrollándose, se presentan desafíos significativos para los legisladores, quienes deben mantener el ritmo con esta evolución tecnológica. La dificultad de legislar en un entorno que cambia rápidamente es un aspecto crítico que se discutirá en detalle, considerando cómo

equilibrar la protección de los ciudadanos con la necesidad de fomentar la innovación.

Asimismo, se abordará la importancia de la gobernanza internacional en el contexto de aplicaciones globales de la IA. La naturaleza transnacional de la tecnología exige una cooperación más estrecha entre naciones para establecer estándares y regulaciones que sean coherentes y eficaces a nivel global.

En este capítulo, también se analizará la adaptación de las leyes existentes en contraposición a la creación de nuevas regulaciones. Se explorarán propuestas innovadoras, como la idea de otorgar personalidad jurídica a los robots autónomos, y se discutirá la necesidad de un nuevo escenario normativo que contemple la responsabilidad de las máquinas. Este debate es fundamental para establecer las bases legales que guiarán la interacción entre humanos y robots en el futuro.

Adicionalmente, se examinarán las políticas de implementación y adopción que los gobiernos y las organizaciones deben considerar al introducir la automatización y los robots en diversos sectores. La formulación de políticas efectivas es crucial para garantizar una transición fluida hacia un entorno donde los robots y la automatización desempeñen un papel integral.

El capítulo también pondrá de relieve las consideraciones éticas y de responsabilidad que acompañan a la legislación de la robótica. Las implicaciones de estas tecnologías en la vida cotidiana plantean interrogantes sobre la responsabilidad legal en caso de fallos o daños, así como la necesidad de un marco regulatorio claro para abordar estos desafíos.

Finalmente, se explorarán los desafíos que pueden surgir en la implementación de políticas relacionadas con la automatización. La resistencia al cambio por parte de los empleados, la falta de un marco regulatorio claro y la preparación inadecuada de la fuerza

laboral son factores que deben ser considerados y abordados para facilitar una adopción exitosa de estas tecnologías.

A través de este análisis exhaustivo, el capítulo proporcionará una visión clara de las dinámicas legales que rodean a la robótica y la IA, ofreciendo un marco para entender cómo estas cuestiones afectan el desarrollo y la integración de tecnologías emergentes en la sociedad.

A medida que la tecnología robótica y la IA avanzan rápidamente, la legislación sobre robots se está convirtiendo en un campo emergente y crucial. Los robots se vuelven más autónomos y están presentes en una variedad de sectores, desde la atención médica hasta la conducción autónoma, es necesario establecer marcos legales y regulaciones que aborden cuestiones éticas, responsabilidades y seguridad. Estas regulaciones deben equilibrar la protección de los derechos humanos, la privacidad y la seguridad pública con la promoción de la innovación y el crecimiento económico. La legislación sobre robots tiene como objetivo establecer normas para la operación segura y ética de estos dispositivos, así como preparar el terreno para un futuro en el que la convivencia entre humanos y máquinas sea justa y beneficiosa para todos.

Los gobiernos de todo el mundo están trabajando para establecer marcos legales y regulaciones que aborden los desafíos éticos y de responsabilidad que plantean los avances rápidos de la robótica y la IA. Aunque no hay una solución universal, varias naciones han tomado medidas para regular el uso de robots e IA.

La Unión Europea ha sido líder en la creación de pautas éticas para la IA. La Comisión Europea propuso un Reglamento de IA en 2021 que establece normas para el desarrollo y uso de sistemas de IA “de alto riesgo”. Esto abarca campos como la atención médica, el transporte y la educación. La transparencia, la supervisión humana y la no discriminación son temas que se abordan en el reglamento propuesto (Comisión Europea, 2021).

En los Estados Unidos, la regulación de la robótica e IA se ha desarrollado a nivel estatal. California, por ejemplo, ha promulgado leyes que abordan el uso de IA en aplicaciones como el reconocimiento facial y la toma de decisiones automatizada. Otros estados, como Washington y Massachusetts, han establecido grupos de trabajo para estudiar los impactos de la IA y desarrollar recomendaciones de política (National Conference of State Legislatures, 2021).

China ha hecho hincapié en el desarrollo de estándares técnicos para la IA, con el objetivo de convertirse en un líder mundial en esta tecnología. En 2017, el gobierno chino publicó un plan de desarrollo de IA de nueva generación, que establece objetivos ambiciosos para 2030. China también ha promulgado regulaciones sobre el uso de IA en áreas como vigilancia y crédito social (Creemers, 2020).

Japón ha adoptado un enfoque colaborativo para la regulación de la robótica, trabajando con la industria para desarrollar pautas y estándares. En 2015, el gobierno japonés publicó las Directrices de Seguridad para Robots de Servicio, que establecen requisitos para el diseño y el uso seguro de robots. Japón también ha promulgado leyes que abordan cuestiones como la responsabilidad por accidentes causados por robots (Ministry of Economy, Trade and Industry, 2015).

5.2. Desafíos y consideraciones en la regulación de robots e inteligencia artificial

La rápida evolución de la tecnología en robótica e IA plantea numerosos desafíos y consideraciones para las regulaciones y los marcos legales. Se necesitan regulaciones que protejan y fomenten la innovación a medida que los robots se vuelven más autónomos y capaces. A continuación, se abordan tres áreas críticas de regulación de robots e IA.

Dificultad de mantener el ritmo con la rápida evolución tecnológica

La velocidad a la que avanza la tecnología de robótica e IA plantea un desafío significativo para los legisladores. Las regulaciones existentes a menudo no pueden seguir el ritmo de la innovación, lo que puede llevar a vacíos legales y a la falta de protección adecuada para los ciudadanos. Según un análisis de Cuartin (2023), la naturaleza dinámica de la tecnología significa que las leyes deben ser flexibles y adaptables para abordar nuevas realidades, como el uso de robots en entornos laborales y el impacto de la automatización en el empleo.

Además, la implementación de regulaciones puede ser un proceso lento y burocrático, lo que significa que las leyes pueden volverse obsoletas antes de que se implementen. Esto crea un entorno en el que los desarrolladores de tecnología pueden operar sin un marco regulatorio claro, lo que podría resultar en la explotación de los usuarios o en situaciones de riesgo (Robotnik, 2023).

Equilibrar protección ciudadana e innovación

Encontrar un equilibrio entre la promoción de la innovación y la protección de los ciudadanos es otro desafío importante. Las regulaciones demasiado restrictivas pueden obstaculizar la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, mientras que las regulaciones demasiado laxas pueden poner en peligro la seguridad y la privacidad de las personas. Según **Ríos Ruiz** (2017), Es crucial establecer un marco que no solo proteja a los ciudadanos, sino que también promueva el desarrollo de la robótica y la IA.

Por ejemplo, la IA debe ser regulada cuidadosamente para evitar la discriminación y el sesgo en aplicaciones como la toma de decisiones automatizada y el reconocimiento facial, mientras se permite su uso en áreas donde puede ser beneficioso (Cuartin, 2023). La creación de comités de ética y grupos de trabajo con

expertos de diferentes disciplinas puede ayudar a abordar estas complejidades y asegurarse de que las regulaciones sean justas y equilibradas.

Gobernanza internacional para aplicaciones globales de inteligencia artificial

La naturaleza global de la tecnología de IA y robótica plantea un desafío adicional en términos de gobernanza. Las aplicaciones de IA a menudo trascienden las fronteras nacionales, lo que significa que las regulaciones deben ser coherentes y armonizadas a nivel internacional. Sin embargo, los diferentes enfoques de regulación en distintos países pueden crear confusión y complicar la implementación de tecnologías en mercados globales (Cath et al., 2018).

Por ejemplo, la Unión Europea ha propuesto un marco regulatorio para la IA que establece estándares éticos y de seguridad, pero la implementación de estos estándares puede ser difícil en países que no tienen regulaciones similares. Esto resalta la necesidad de un enfoque colaborativo a nivel internacional para abordar los desafíos que presenta la IA y la robótica, garantizando que se respeten los derechos humanos y se promueva la innovación (Comisión Europea, 2021).

5.3. Adaptación de leyes existentes vs. nuevas regulaciones

La evolución de la robótica y la IA hace necesario modificar las leyes actuales y crear nuevas regulaciones para abordar los problemas éticos y legales asociados con estas tecnologías. Las leyes de Isaac Asimov, la idea de dar personalidad jurídica a los robots autónomos y la necesidad de un nuevo marco legal para la responsabilidad de las máquinas son los tres puntos principales de este análisis.

Adoptar y adaptar leyes existentes como las de Isaac Asimov

Las “Tres Leyes de la Robótica” de Isaac Asimov, formuladas en 1942, han sido fundamentales en el discurso sobre la ética y la seguridad en la robótica. Estas leyes son:

- 1. Un robot no puede dañar a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.*
- 2. Un robot debe obedecer las órdenes que le den los seres humanos, excepto cuando estas órdenes entren en conflicto con la Primera Ley.*
- 3. Un robot debe proteger su propia existencia, siempre que esta protección no entre en conflicto con la Primera o Segunda Ley.*

Estas leyes, aunque ficticias, han influido en la formulación de regulaciones y en el pensamiento sobre la ética de la IA. Sin embargo, las leyes de Asimov no abordan adecuadamente las complejidades de los robots modernos, que poseen un grado de autonomía y capacidad de decisión que no existía en la época de Asimov (Ríos Ruiz, 2017).

La necesidad de adaptar estas leyes surge de la evolución tecnológica. Por ejemplo, los robots actuales pueden operar en entornos complejos y tomar decisiones basadas en aprendizaje automático, lo que requiere un marco legal más robusto que contemple su comportamiento autónomo y las implicaciones de sus acciones (Cuartin, 2022). La adaptación de las leyes de Asimov podría incluir la consideración de la responsabilidad en situaciones donde los robots actúan de manera independiente, lo que plantea la pregunta de cómo se puede garantizar que estas máquinas no causen daño a los humanos.

Propuesta de otorgar personalidad jurídica a robots autónomos

En el ámbito legal y ético, la idea de otorgar personalidad jurídica a robots autónomos ha ganado atención. Esta idea propone que los robots tengan derechos y responsabilidades, lo que facilitaría la responsabilidad en caso de daños o fallos. En su propuesta de regulación de IA, la Comisión Europea ha examinado esta idea y propone que los robots autónomos deben tener un estatus legal específico (Comisión Europea, 2021).

La personalidad jurídica para robots plantea desafíos significativos. Por un lado, podría facilitar la resolución de disputas y la asignación de responsabilidad. Por otro lado, podría complicar la definición de la responsabilidad, especialmente en situaciones donde un robot causa daño a personas o propiedad (Ríos Ruiz, 2017). La discusión sobre este tema es crucial para establecer un marco legal que se adapte a la creciente autonomía de los robots y su capacidad para actuar de manera independiente.

Necesidad de un nuevo escenario normativo para abordar responsabilidad de máquinas

La creciente independencia de los robots y los sistemas de IA requiere un enfoque normativo renovado que tenga en cuenta la responsabilidad de las máquinas. Las leyes actuales se enfocan en la responsabilidad de los fabricantes y usuarios, pero no abordan adecuadamente las situaciones en las que un robot actúa por sí solo. Según Robotnik (2023). Se requiere un marco legal que tenga en cuenta la responsabilidad de los robots, ya sea parcial o total, por sus acciones, especialmente cuando operan sin supervisión humana.

Este nuevo marco legal debe incluir estándares claros para determinar quién es responsable de daños causados por robots. Además, establecer procedimientos de evaluación y certificación es esencial para garantizar que los robots cumplan con estándares

de seguridad y ética antes de ser utilizados en entornos críticos (Cuartin, 2022). La creación de un marco regulatorio que aborde estas cuestiones permitirá una integración más segura y efectiva de la robótica en la sociedad.

5.4. Políticas de implementación y adopción

Las políticas gubernamentales y organizacionales son fundamentales para la implementación y adopción de tecnologías robóticas en una variedad de industrias. Estas políticas pueden hacer que los robots y la automatización sean más fáciles o más difíciles de usar, lo que puede tener un impacto en la eficiencia, la productividad y la aceptación social de estas tecnologías. Luego se examinan ejemplos de políticas exitosas y sus efectos.

Políticas gubernamentales para la automatización

Los gobiernos han comenzado a comprender la importancia de la automatización y la robótica para aumentar la eficiencia y la competitividad de sus economías. En Corea del Sur, por ejemplo, el gobierno ha implementado un plan nacional de robótica que incluye inversiones importantes en investigación y desarrollo, así como incentivos fiscales para las empresas que adopten esta tecnología. La adopción de robots en la manufactura y otros campos ha aumentado como resultado de esta estrategia, lo que ha aumentado la productividad y creado nuevos puestos de trabajo en campos de alta tecnología (Lee et al., 2020).

La Comisión Europea ha sugerido establecer en Europa una agencia dedicada a la robótica y la IA con el fin de brindar a los estados miembros asistencia técnica y normativa. Esta agencia se concentraría en asegurarse de que las políticas de robótica sean coherentes y efectivas, abordando tanto la innovación como la protección de los ciudadanos (Comisión Europea, 2021). La implementación de un sistema de registro para robots avanzados también se ha discutido, lo que permitiría un mejor seguimiento

y regulación de estas tecnologías. Aquí se muestran ejemplos de políticas exitosas y sus efectos, clasificados en diversas categorías.

Inversiones en investigación y desarrollo

Los gobiernos de varios países han implementado planes nacionales de robótica que incluyen inversiones significativas en investigación y desarrollo (I+D). Por ejemplo, Corea del Sur ha establecido un plan nacional de robótica que no solo financia proyectos de I+D, sino que también ofrece incentivos fiscales a las empresas que adoptan tecnologías robóticas. Este enfoque ha resultado en un aumento notable en la adopción de robots en la manufactura y otros sectores, mejorando la productividad y creando nuevos empleos en áreas de alta tecnología (Lee et al., 2020).

Tabla 5. Ejemplos de Inversiones en I+D en Robótica.

País	Iniciativa	Impacto
Corea del Sur	Plan Nacional de Robótica	Aumento en la adopción de robots y creación de empleos
Alemania	Iniciativa "Industria 4.0"	Mejora en la competitividad y eficiencia industrial
Japón	Programa de Innovación en Robótica	Desarrollo de tecnologías avanzadas y automatización

Creación de Agencias Reguladoras

La Comisión Europea ha sugerido establecer en Europa una agencia dedicada a la robótica y la IA. Esta agencia se concentraría en brindar a los estados miembros orientación técnica y normativa para garantizar que las políticas de robótica sean coherentes y efectivas. La implementación de un sistema de registro de robots avanzados se incluye en la propuesta, lo que permitiría un mejor seguimiento y regulación de estas tecnologías (Comisión Europea, 2021).

Ejemplo de Agencia Reguladora

Agencia Europea de Robótica e IA: Se propone que esta agencia se encargue de las actividades descritas a continuación:

- Desarrollar estándares de seguridad y ética para la robótica.
- Facilitar la cooperación entre estados miembros en cuestiones de robótica.
- Proporcionar asesoramiento técnico a gobiernos y organizaciones.

Políticas de Capacitación y Adaptación Laboral

El ámbito laboral también se enfrenta a desafíos debido a la automatización, y muchos gobiernos están implementando políticas para preparar a la fuerza laboral para estos cambios. Los programas de capacitación y reentrenamiento, por ejemplo, son cruciales para ayudar a los empleados a adaptarse a un entorno laboral donde los robots son más importantes. La **Guía de Automatización de Procesos** del gobierno colombiano destaca la importancia de preparar a las personas para adoptar la automatización mediante la capacitación y el desarrollo de habilidades (Colombia. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2022).

Políticas organizacionales para la adopción de robots

Las organizaciones también son importantes para la adopción de tecnología robótica. Un estudio de Deloitte Global (2021ab), destaca que las empresas que implementan un enfoque estructurado para la automatización, que incluye la capacitación de empleados y la gestión del cambio, tienen más probabilidades de tener éxito en la adopción de robots.

Las políticas internas que fomentan la colaboración entre los departamentos de tecnología y operaciones son fundamentales para identificar procesos que se pueden automatizar y para garantizar

que los empleados estén preparados para trabajar junto a robots. Por ejemplo, la Automatización de Procesos Robóticos (RPA) ha demostrado ser exitosa para empresas como UiPath al permitir que los empleados se concentren en tareas más estratégicas y creativas mientras que los robots realizan tareas repetitivas y monótonas. Esto mejora la productividad operativa y aumenta la satisfacción laboral al liberar a los empleados de tareas aburridas.

El proceso de adopción de tecnología robótica en las organizaciones es complejo y requiere un enfoque estructurado y estratégico. Las políticas organizacionales son esenciales para facilitar esta transición, preparando a los empleados para trabajar con robots y maximizando los beneficios de la automatización. A continuación, se examinan los elementos críticos que deben tenerse en cuenta al implementar políticas de adopción de robots, junto con ejemplos de prácticas exitosas.

Enfoque estructurado para la automatización

Un estudio de Deloitte Global (2021ab), destaca que las empresas que implementan un enfoque estructurado para la automatización tienen más probabilidades de éxito en la adopción de robots. Este enfoque incluye:

Evaluación de Procesos: Determine qué procesos son aptos para la automatización. Esto implica analizar cuidadosamente las tareas actuales para determinar cuáles son repetitivas y monótonas y que los robots pueden realizar eficientemente.

Capacitación de Empleados: Es fundamental proporcionar capacitación a los empleados para que comprendan cómo interactuar con los robots y cómo estos pueden mejorar su trabajo. La formación debe incluir tanto aspectos técnicos como habilidades interpersonales para fomentar la colaboración humano-robot.

Gestión del Cambio: Implementar un plan de gestión del cambio que aborde las preocupaciones de la automatización de los empleados. Esto puede incluir sesiones informativas, talleres y oportunidades para que los empleados compartan sus preocupaciones y recomendaciones.

Tabla 6. Elementos clave en la implementación de políticas de automatización.

Elemento	Descripción
Evaluación de Procesos	Identificación de tareas repetitivas y adecuadas para la automatización.
Capacitación de Empleados	Formación técnica y habilidades interpersonales para trabajar con robots.
Gestión del Cambio	Técnicas para superar la oposición al cambio y promover su aceptación.

Fomento de la colaboración interdepartamental

El éxito de la adopción de robots depende de políticas internas que fomenten la colaboración entre los departamentos de tecnología y operaciones. Estos departamentos deben comunicarse bien para encontrar oportunidades de automatización y asegurarse de que los sistemas robóticos se integren adecuadamente en los flujos de trabajo existentes. Por ejemplo, empresas como UiPath han demostrado que la Automatización de Procesos Robóticos (RPA) es una estrategia viable porque permite a los empleados concentrarse en tareas más estratégicas y creativas mientras los robots realizan tareas repetitivas (Deloitte Global, 2021a).

Consideraciones éticas y responsabilidad

La adopción de robots también plantea consideraciones éticas que deben ser abordadas por las organizaciones. Las políticas deben incluir directrices sobre el uso responsable de la tecnología, garantizando que la automatización no comprometa la privacidad de los empleados ni genere desigualdades en el lugar

de trabajo. Las empresas deben establecer un marco ético claro que guíe la implementación de robots y la interacción humano-robot, asegurando que se respeten los derechos de todos los empleados (Rosales, 2020).

Ejemplos de Prácticas Exitosas

Algunas organizaciones han implementado políticas efectivas que han facilitado la adopción de robots:

Amazon: La empresa ha incorporado robots a sus centros de distribución para mejorar la eficiencia de sus operaciones. La productividad y los tiempos de entrega han aumentado como resultado de la capacitación continua de Amazon a sus empleados sobre cómo colaborar con los robots.

General Motors: En sus líneas de producción, la industria automotriz ha adoptado un enfoque de colaboración entre humanos y robots. La empresa ha implementado programas de capacitación para que los empleados aprendan a operar y trabajar con robots, lo que ha mejorado la calidad del producto y la satisfacción laboral.

Desafíos en la implementación de políticas

La implementación de políticas para la adopción de robots presenta numerosos desafíos, a pesar de los beneficios potenciales. Una de las principales es la resistencia al cambio de los empleados, quienes pueden temer perder su trabajo debido a la automatización. Las políticas que incluyen programas de desarrollo de habilidades y reentrenamiento son esenciales para aliviar estos miedos y preparar a la fuerza laboral para el futuro (Rosales, 2020).

La falta de regulación clara también puede obstaculizar la inversión en tecnologías robóticas. Si las empresas no están seguras de cómo se regularán en el futuro, pueden ser reacias a adoptar robots. Por lo tanto, es fundamental que los gobiernos

trabajen en la creación de un entorno regulatorio que fomente la innovación y la adopción de tecnología robótica al mismo tiempo que protejan los derechos de los trabajadores y los consumidores (Robotnik, 2023).

Resistencia al cambio de los empleados

La resistencia de los empleados al cambio es uno de los principales obstáculos en la implementación de políticas de automatización. Muchos empleados temen que la adopción de robots pueda causar inseguridad laboral y pérdida de empleos. Según un estudio de Rosales (2020), estas preocupaciones pueden ser especialmente pronunciadas en sectores donde las tareas manuales y repetitivas son comunes, como en la manufactura y la logística. Para mitigar estos temores, es esencial que las políticas incluyan programas de reentrenamiento y desarrollo de habilidades.

Estos programas deben capacitar a los empleados en el uso de tecnologías robóticas y en cómo pueden complementar su trabajo, en lugar de reemplazarlo. Las organizaciones también deben informar con claridad sobre los beneficios de la automatización, que incluyen mejoras en la productividad, la seguridad y la calidad de vida laboral (Deloitte Global, 2021b).

Falta de un marco regulatorio claro

La falta de un marco regulatorio claro para la robótica y la IA es otro desafío importante. Las empresas pueden no querer invertir en robots y automatización si no hay pautas claras sobre cómo se regularán estas tecnologías en el futuro. Esto puede retrasar la adopción de tecnologías que podrían aumentar la eficiencia y la competitividad. (Robotnik, 2023). Los gobiernos desempeñan un papel crucial en la creación de un entorno regulatorio propicio para la adopción de robots.

Deben trabajar en el desarrollo de políticas que fomenten la innovación, al tiempo que protejan los derechos de los trabajadores y los consumidores. Esto puede incluir la creación de agencias reguladoras especializadas, como la propuesta de la Comisión Europea para una Agencia Europea de Robótica e IA (Comisión Europea, 2021).

Preparación inadecuada de la fuerza laboral

Otro desafío clave es la falta de preparación de la fuerza laboral para trabajar junto a robots. Si los empleados no cuentan con las habilidades y conocimientos necesarios para interactuar con tecnologías robóticas, la adopción de robots puede verse obstaculizada y los beneficios potenciales pueden no materializarse (Deloitte Global, 2021b). Las políticas deben incluir inversiones significativas en educación y capacitación, tanto a nivel gubernamental como organizacional. Los programas de capacitación deben abordar tanto aspectos técnicos como habilidades interpersonales, como la colaboración y la resolución de problemas. Además, las colaboraciones entre empresas y universidades pueden ayudar a desarrollar planes de estudio que preparen a los futuros trabajadores para un entorno laboral automatizado (Lee et al., 2020).

CAPÍTULO VI.

Oportunidades para involucrarse en la Robótica

6.1. Programas educativos y formativos

El campo de la robótica ofrece un amplio espectro de oportunidades para la participación activa, desde la educación y la formación hasta la colaboración en comunidades y eventos especializados. Este capítulo se propone explorar las diversas vías a través de las cuales individuos y grupos pueden involucrarse en esta apasionante disciplina, destacando la importancia de la educación y el aprendizaje práctico en el desarrollo de habilidades críticas para el futuro.

Se comenzará con un análisis de los programas educativos y formativos en robótica, enfatizando los beneficios que la robótica educativa puede ofrecer a estudiantes de todas las edades. Se discutirán los diferentes tipos de robótica educativa y las iniciativas implementadas en diversas instituciones, subrayando cómo estas experiencias pueden cultivar habilidades de desarrollo cognitivo, pensamiento computacional,

resolución de problemas, creatividad, trabajo en equipo, y adaptación, entre otras.

El capítulo también abordará la relevancia de las comunidades y eventos de robótica, resaltando su papel fundamental en la creación de redes y el intercambio de conocimientos. Se explorarán los diferentes tipos de comunidades de robótica, así como los eventos más destacados a nivel mundial, tales como RoboCup, FIRST Robotics Competition, y la International Conference on Robotics and Automation (ICRA). La participación en estas plataformas no solo permite a los individuos compartir experiencias y aprender de otros, sino que también fomenta el desarrollo de una cultura colaborativa en el ámbito robótico.

A medida que se examinan las oportunidades en robótica, también es crucial considerar los escenarios futuros que pueden surgir a partir de su expansión. En este sentido, el capítulo delineará tanto escenarios optimistas como pesimistas, abordando cómo la robótica puede mejorar la productividad, generar nuevos empleos y avanzar en áreas como la salud y la sostenibilidad. Sin embargo, también se prestará atención a los desafíos que pueden acompañar a esta evolución, como el desplazamiento laboral, la brecha digital y las implicaciones éticas de la dependencia tecnológica.

A través de este capítulo, se busca proporcionar una visión integral sobre las diversas oportunidades que presenta la robótica, invitando a los lectores a considerar su papel activo en esta dinámica disciplina y a reflexionar sobre las implicaciones de su desarrollo en el futuro de la sociedad.

En la actualidad, la robótica ofrece una amplia gama de recursos y oportunidades para aquellos interesados en explorar y contribuir a este emocionante campo tecnológico. Desde cursos y programas educativos especializados hasta comunidades en línea y eventos de innovación, existen numerosas vías para adquirir conocimientos y habilidades en robótica. Además, las

iniciativas de investigación y desarrollo abren la puerta a la creación de soluciones innovadoras en áreas como la salud, la industria y la exploración espacial, ofreciendo un terreno fértil para la colaboración interdisciplinaria y el impacto positivo en nuestra sociedad y en el futuro de la tecnología.

La robótica educativa ha emergido como una disciplina fundamental en el ámbito académico, brindando a los estudiantes las herramientas necesarias para desarrollar habilidades técnicas y blandas en un entorno atractivo y práctico. Este método no solo ayuda a los estudiantes a aprender conceptos científicos y matemáticos, sino que también los prepara para los desafíos que encontrarán en el mundo laboral en el futuro. A continuación, se examinan varios aspectos de los programas educativos y formativos de robótica, incluidos sus ventajas, varios tipos de robótica educativa y casos de éxito.

Beneficios de la robótica educativa

La robótica educativa tiene muchas ventajas para el aprendizaje. Entre ellos se encuentran:

Desarrollo de Habilidades STEM: El currículo de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) incorpora la robótica, lo que fomenta un aprendizaje activo y práctico. Esto permite a los estudiantes aplicar ideas teóricas a situaciones reales, lo que mejora su comprensión y retención del tema (Iberdrola, 2023).

Fomento del Pensamiento Crítico y Creatividad: Los estudiantes experimentan desafíos en la resolución de problemas y la creación de soluciones innovadoras al trabajar con robots. La programación de robots fomenta el pensamiento lógico y la capacidad de análisis, que son habilidades cruciales en la sociedad moderna (Bustamante, 2023).

Trabajo en Equipo y Comunicación: Los proyectos de robótica con frecuencia requieren que los estudiantes trabajen juntos, lo

que mejora sus habilidades sociales y emocionales. Aprenden a negociar ideas y a colaborar para lograr un objetivo común (Bustamante, 2023).

Motivación y Compromiso: La robótica educativa despierta el interés de los estudiantes y hace que el aprendizaje sea más atractivo y divertido. Esto puede aumentar la motivación para estudiar STEM (Hobari Fundazioa, 2023).

Tipos de robótica educativa

Existen diversos tipos de robótica educativa que se adaptan a diferentes niveles educativos y objetivos de aprendizaje. Algunos de los más comunes incluyen:

Robots de Codificación Física: Diseñados para los más pequeños, estos robots permiten a los estudiantes aprender programación sin pantallas, utilizando botones y controles físicos. Ejemplos incluyen Bee-Bot y Cubetto, que introducen conceptos básicos de programación de manera divertida (Telefónica, 2023).

Robots Programables de Iniciación: Orientados a estudiantes de primaria, estos robots conservan un aspecto atractivo y permiten la programación a través de aplicaciones móviles. Ejemplos son Botley y Dash, que ofrecen una interfaz de juego para controlar el robot (Telefónica, 2023).

Kits de Robótica: Para estudiantes de secundaria, los kits de robótica permiten la construcción y programación de robots. Estos kits suelen incluir componentes como motores y sensores, proporcionando un enfoque práctico para aprender sobre mecánica y programación (Euroinnova Business School S.L, 2023).

Iniciativas y programas educativos

Numerosos programas y plataformas educativas han surgido para integrar la robótica en el aprendizaje. Algunos ejemplos incluyen:

Programas de Robótica en Escuelas: Muchas instituciones educativas han comenzado a implementar programas de robótica en sus currículos. Estos programas permiten a los estudiantes participar en competencias de robótica, donde pueden aplicar lo aprendido en un entorno competitivo y colaborativo (Hobari Fundazioa, 2023).

Cursos en Línea y Certificaciones: Los estudiantes de todas las edades pueden acceder a cursos de alta calidad en robótica y programación a través de plataformas como Coursera y edX. Desde introducciones a la robótica hasta especializaciones en robótica avanzada y programación de IA, estos cursos están disponibles (Deloitte Global, 2021b).

Talleres y Campamentos de Verano: Muchas organizaciones ofrecen talleres y campamentos de verano centrados en la robótica, donde los estudiantes pueden aprender a construir y programar robots en un ambiente divertido y educativo (Iberdrola, 2023).

Los programas de capacitación y educación en robótica ofrecen a los estudiantes una oportunidad valiosa para prepararlos para un futuro en un mundo cada vez más tecnológico. La robótica educativa no solo mejora la comprensión de conceptos científicos y matemáticos, sino que también desarrolla el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo a través del aprendizaje práctico y la integración de habilidades STEM. Para maximizar el impacto positivo de la robótica en el aprendizaje de los estudiantes, es esencial que las instituciones y los educadores sigan innovando y adaptando sus enfoques con el crecimiento continuo de esta disciplina en la educación.

Habilidades de desarrollo cognitivo

La robótica educativa se ha convertido en una herramienta pedagógica útil que introduce a los niños en el mundo de la tecnología y fomenta el desarrollo de múltiples habilidades cognitivas. Basado en los resultados de la búsqueda, se detallan

a continuación las habilidades cognitivas que los niños pueden desarrollar con la robótica educativa.

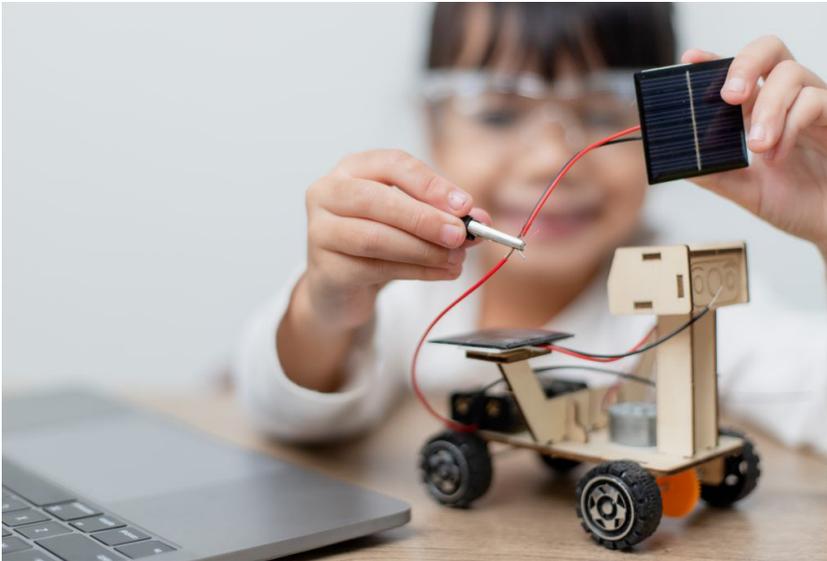


Figura 56. Niña demostrando habilidades cognitivas gracias a la robótica educativa.

Fuente: SmartTEAM (2023).

La figura 56 muestra a una niña interactuando con un robot educativo, evidenciando su capacidad para resolver problemas y aplicar el pensamiento lógico.

Pensamiento computacional

El pensamiento computacional, que es la capacidad de descomponer problemas complejos en partes más manejables y resolverlos mediante secuencias lógicas de acciones, se desarrolla en la robótica educativa.

La programación y la resolución de problemas en general dependen de este tipo de pensamiento (Iberdrola, 2023). Los robots les enseñan a los niños a planificar, depurar y ejecutar sus

ideas, lo que mejora su capacidad para abordar problemas de manera estructurada.

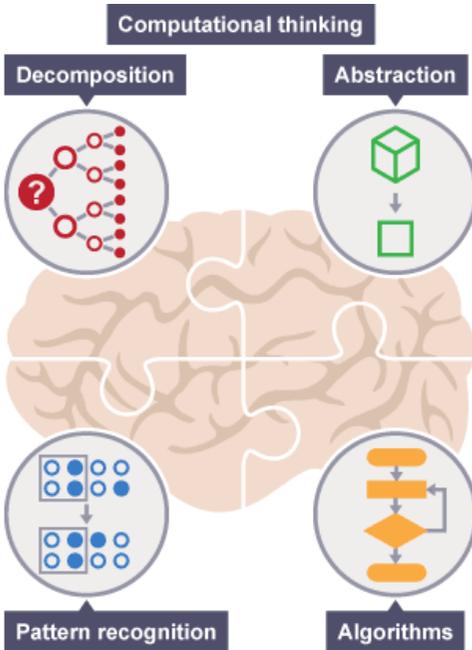


Figura 57. Elementos clave del pensamiento computacional.

Fuente: BBC Bitesize (2024).

La figura 57 muestra elementos se consideran pilares fundamentales del pensamiento computacional, ya que permiten abordar problemas de manera lógica, sistemática y eficiente.

Resolución de problemas

La robótica ofrece un entorno práctico donde los niños pueden experimentar con la **resolución de problemas**. Al enfrentarse a desafíos al programar o construir un robot, los estudiantes deben pensar críticamente y desarrollar estrategias para superar obstáculos. Este proceso no solo mejora sus habilidades en la resolución de problemas, además les enseña a aprender de

sus errores y a considerar las fallas como oportunidades de aprendizaje (Troya Heras & Buñay, 2021).



Figura 58. Niño resolviendo problemas con robots.

Fuente: Ideogram (2024).

La figura 58 muestra a un niño interactuando con un robot amigable en un entorno de aprendizaje colorido y atractivo. El niño tiene una expresión concentrada pero divertida mientras resuelve problemas junto al robot.

Creatividad e innovación

Los niños se sienten más creativos cuando buscan soluciones a problemas técnicos y tienen la oportunidad de personalizar y modificar los robots. La robótica educativa fomenta la creatividad y la imaginación al permitir a los estudiantes experimentar y explorar varias formas de usar un robot (Hobari Fundazioa, 2023). La creatividad en este entorno es esencial para desarrollar habilidades que serán útiles en el futuro laboral, donde la innovación es fundamental.

Trabajo en equipo y colaboración

Los proyectos de robótica con frecuencia requieren que los estudiantes trabajen juntos, lo que fomenta el trabajo en equipo. Los niños aprenden a compartir ideas, resolver conflictos y valorar las contribuciones de los demás al trabajar juntos para diseñar, construir y programar un robot. (Iberdrola, 2023). Estas habilidades sociales son esenciales en el mundo académico y laboral.



Figura 59. Niños formando equipo para construir un robot.

Fuente: Waters (2019).

La figura 59 muestra a niños entusiasmados y concentrados que trabajan juntos para ensamblar diferentes piezas y componentes del robot, fomentando el aprendizaje colaborativo y el desarrollo de habilidades sociales.

Adaptación y flexibilidad

Los niños también aprenden flexibilidad y adaptabilidad con la robótica educativa. Con el aumento de la automatización y la tecnología en la vida cotidiana, familiarizarse con el uso de robots

les permite estar mejor preparados para un mundo en constante cambio. (Iberdrola, 2023). Aprender a trabajar con tecnología avanzada desde una edad temprana les ayuda a crecer personal y profesionalmente.



Figura 60. Niño con autismo interactuando con un robot.

Fuente: BBC Mundo (2017).

La figura 60 muestra a un niño con autismo sonriendo mientras interactúa con un robot diseñado para ayudar en su desarrollo emocional y adaptabilidad social.

Autoestima y confianza

Por último, pero no menos importante, la robótica educativa puede mejorar la autoestima de los estudiantes. Los niños experimentan un sentimiento de éxito al completar proyectos y superar desafíos, lo que fortalece su confianza en sus habilidades (Hobari Fundazioa, 2023). Esta autoestima es crucial para su desarrollo general y su disposición para enfrentar nuevos retos en el futuro.



Figura 61. Robot tomando la mano de una niña.

Fuente: Fernández (2018).

La figura 61 muestra a una niña sonriendo y tomando la mano de un robot amigable, simbolizando la conexión emocional y el apoyo que este tipo de tecnología puede ofrecer.

6.2. Comunidades y eventos de robótica

La robótica es un campo en constante desarrollo que se beneficia de los avances tecnológicos y de la colaboración y el intercambio de conocimientos entre profesionales, estudiantes y entusiastas. Las comunidades y los eventos de robótica juegan un papel importante en fomentar esta colaboración, ya que brindan plataformas para el aprendizaje, la competición y la formación de redes. Luego se examinan las características, ventajas y ejemplos de comunidades y eventos de robótica.

Importancia de las comunidades de robótica

Las comunidades de robótica son grupos organizados que reúnen a personas interesadas en la robótica, desde principiantes hasta expertos. Estas comunidades pueden ser locales, nacionales o internacionales y suelen estar compuestas por estudiantes, educadores, investigadores y profesionales de la industria. Las comunidades de robótica ofrecen varios beneficios:

- **Intercambio de Conocimientos:** Proporcionan un espacio para que los miembros compartan experiencias, recursos y conocimientos técnicos. Esto es especialmente valioso en un campo tan dinámico como la robótica, donde las tecnologías y metodologías están en constante cambio (Cordis, 2022).
- **Soporte y Mentoría:** Los miembros más experimentados pueden ofrecer orientación y apoyo a los nuevos participantes, ayudándoles a superar obstáculos y a desarrollar sus habilidades. Este tipo de mentoría es esencial para el crecimiento personal y profesional de las personas en la robótica. (Hobari Fundazioa, 2023).
- **Colaboración en Proyectos:** Las comunidades a menudo facilitan la colaboración en proyectos, permitiendo a los miembros trabajar juntos en el desarrollo de robots y soluciones innovadoras. Esta colaboración puede llevar a la creación de productos y aplicaciones que beneficien a la sociedad (Iberdrola, 2023).

Tipos de comunidades de robótica

Las comunidades de robótica pueden clasificarse en varias categorías, dependiendo de su enfoque y objetivos:

1. **Comunidades Académicas:** La mayoría de estas comunidades están formadas por estudiantes y docentes de instituciones educativas. Se enfocan en la robótica en la educación y en

la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías (Deloitte Global, 2021b).

- 2. Hackerspaces y Makerspaces:** Estos son espacios físicos donde los entusiastas de la robótica pueden reunirse para trabajar en proyectos, compartir herramientas y aprender unos de otros. Estos espacios fomentan la creatividad y la innovación, permitiendo a los miembros experimentar con la construcción y programación de robots (Hobari Fundazioa, 2023).
- 3. Grupos de Interés Especial:** Algunos grupos se especializan en robótica específica, como robótica educativa, robótica de servicio o robótica industrial. Estos grupos permiten a los miembros explorar temas específicos y trabajar juntos en proyectos relacionados (Iberdrola, 2023).

Eventos de robótica

Los eventos de robótica son oportunidades clave para que las comunidades se reúnan, compartan conocimientos y muestren sus innovaciones. Estos eventos pueden incluir:

Competencias de Robótica: Eventos como la FIRST Robotics Competition y la RoboCup reúnen a equipos de estudiantes que compiten en desafíos de robótica. Estas competencias no solo fomentan el aprendizaje práctico, sino que también promueven el trabajo en equipo y la resolución de problemas (Deloitte Global, 2021b).

Conferencias y Talleres: Los investigadores y profesionales pueden presentar sus trabajos en eventos como la IEEE International Conference on Robotics and Automation. Estos eventos son cruciales para difundir nuevos conocimientos y tecnologías en la robótica (Cordis, 2022).

Ferias y Exposiciones: Ferias como la International Robot Exhibition en Japón permiten a las empresas mostrar sus últimos desarrollos en robótica, así como a los investigadores presentar

sus innovaciones. Estos eventos son una excelente manera de conocer las tendencias actuales y futuras en la industria (Hobari Fundazioa, 2023).

Beneficios de participar en comunidades y eventos de robótica

Participar en comunidades y eventos de robótica ofrece múltiples beneficios:

Networking: Los participantes de los eventos pueden conectarse con otros profesionales del campo, lo que puede conducir a oportunidades laborales y colaboraciones en el futuro (Iberdrola, 2023).

Aprendizaje Continuo: La exposición a nuevas ideas y tecnologías en eventos y comunidades fomenta el aprendizaje continuo, lo que es esencial en un campo tan dinámico como la robótica (Deloitte Global, 2021b).

Inspiración y Motivación: La interacción con otros entusiastas y profesionales puede inspirar a los participantes a seguir explorando y desarrollando sus habilidades en robótica (Hobari Fundazioa, 2023).

Las comunidades de robótica y los eventos son esenciales para el desarrollo y la difusión del conocimiento en este campo. Permiten a los individuos y grupos contribuir al avance de la robótica al proporcionar plataformas para el aprendizaje, la colaboración y la innovación. Para aquellos interesados en aprovechar las oportunidades que ofrece la robótica, participar en estas comunidades y eventos se volverá aún más importante a medida que la tecnología continúe evolucionando.

Eventos importantes de robótica alrededor del mundo

Los eventos de robótica son esenciales para el desarrollo y la difusión global de la tecnología robótica. Los entusiastas y profesionales de la robótica pueden compartir conocimientos y experiencias en estos eventos, que también fomentan la innovación y la colaboración en el campo. A continuación, se presentan algunos de los eventos de robótica más destacados a nivel mundial.

RoboCup

Una de las competiciones de robótica más conocidas a nivel mundial es RoboCup. Se estableció en 1997 y tiene como objetivo fomentar la investigación en robótica e IA a través de competencias en las que robots autónomos juegan al fútbol. RoboCup reúne a estudiantes e investigadores de todo el mundo cada año. Este evento no solo enfatiza las habilidades técnicas de los robots, sino que también fomenta el trabajo en equipo y el intercambio de ideas entre investigadores (RoboCup, 2023).



Figura 62. Competencia de la categoría Standard Platform League en RoboCup.

Fuente: RoboCup (2023).

La figura 62 muestra un evento de la categoría Standard Platform League (SPL), autónoma dentro de la competencia internacional de robótica RoboCup.

FIRST Robotics Competition

El FIRST Robotics Competition (FRC) es un programa educativo que enseña a los estudiantes de secundaria a crear y construir robots para competir en retos específicos. El objetivo de este evento anual, que se lleva a cabo en todo el mundo, es promover el aprendizaje práctico en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Los equipos trabajan durante varias semanas para desarrollar un robot que cumpla con los requisitos del desafío, desarrollando habilidades como el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la innovación (FIRST, 2023).

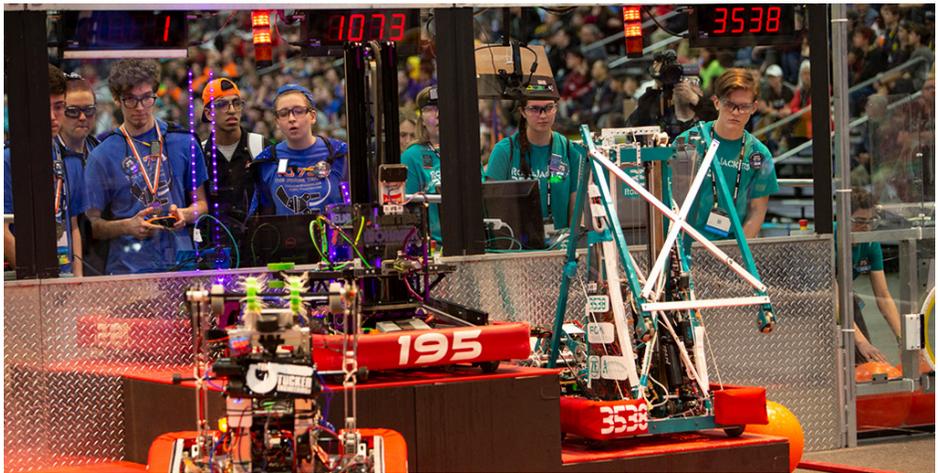


Figura 63. Competencia de FIRST Robotics Competition.

Fuente: FIRST (2023).

La figura 63 muestra un evento de la competencia FIRST, una de las ligas más populares y desafiantes en el mundo de la robótica educativa.

International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

La **International Conference on Robotics and Automation (ICRA)** es una de las conferencias más importantes en el campo de la robótica. Organizada por la IEEE Robotics and Automation Society, ICRA reúne a investigadores, académicos y profesionales de la industria para presentar sus últimos avances en robótica y automatización. Este evento incluye sesiones técnicas, talleres y exposiciones, lo que permite a los participantes intercambiar ideas y colaborar en proyectos de investigación (International Conference on Robotics and Automation, 2023).

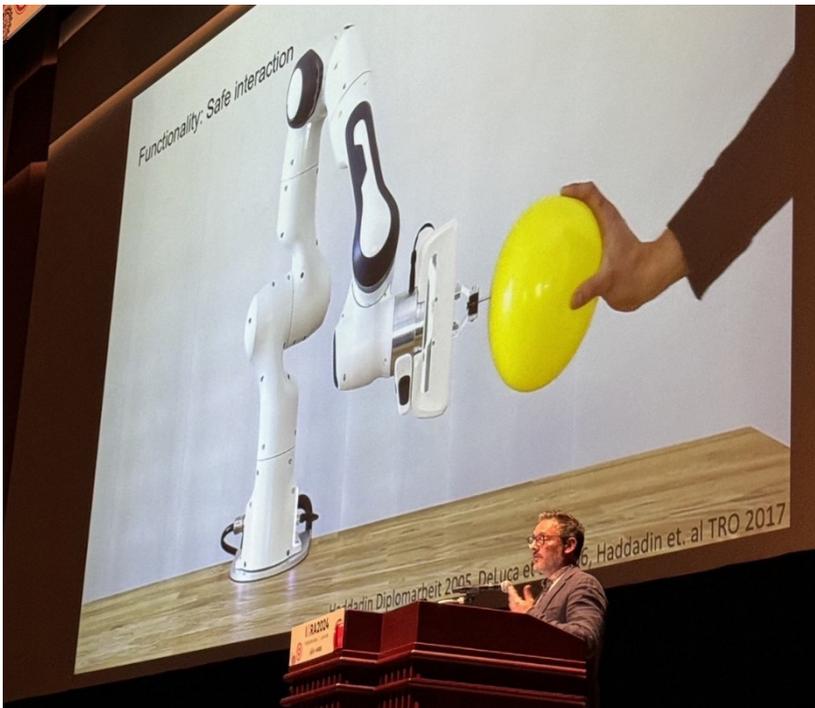


Figura 64. Charla plenaria del Prof. Sami Haddadin en ICRA 2024.

Fuente: International Conference on Robotics and Automation (2024).

La figura 64 muestra al Prof. Dr. Sami Haddadin, Director del Instituto de Robótica e IA de Múnich (MIRMI) de la Universidad Técnica de Múnich (TUM), Alemania, dando una charla plenaria en la Conferencia Internacional IEEE de Robótica y Automatización (ICRA) el 15 de mayo de 2024.

International Robot Exhibition (IREX)

En Tokio, Japón, se lleva a cabo la International Robot Exhibition (2023), una de las ferias comerciales más grandes del mundo dedicadas a la robótica. Para presentar las últimas innovaciones en tecnología robótica, este evento reúne a empresas, investigadores y entusiastas de la robótica. IREX es un punto de encuentro importante para los actores de la industria de la robótica porque incluye demostraciones en vivo, conferencias y oportunidades de networking.



Figura 65. Exhibición de un robot industrial.

Fuente: Japan Robot Association-Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd (2023).

La figura 65 muestra una exhibición de un robot industrial en la International Robot Exhibition (Japan Robot Association-Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd, 2023), celebrada en Tokio, Japón.

World Robot Summit

El **World Robot Summit** es un evento global que se enfoca en fomentar la robótica y su uso en la sociedad. Este evento, organizado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón, incluye exposiciones, conferencias y competiciones de robótica. El World Robot Summit tiene como objetivo fomentar la colaboración entre la industria, la academia y el gobierno a través de la robótica para abordar los desafíos sociales (WRS, 2023).



Figura 66. Hombre fotografiando el robot CarriRo de ZMP en World Robot Summit.

Fuente: El País (2018).

La figura 66 muestra a un hombre tomando una fotografía de CarriRo robot diseñado para realizar entregas de paquetes a domicilio en un radio de 2 km, orientándose mediante su propio sistema de GPS integrado.

Maker Faire

La **Maker Faire** es un evento que celebra la creatividad y la innovación en la fabricación, incluyendo la robótica. Este evento reúne a «makers» de diversas disciplinas, desde la robótica hasta la electrónica y la artesanía. En la Maker Faire, los participantes pueden exhibir sus proyectos, compartir conocimientos y aprender de otros entusiastas. Este evento es especialmente popular entre los jóvenes y las familias, ya que promueve el aprendizaje práctico y la curiosidad (Maker Media, 2023).



Figura 67. Hombre interactuando con un robot en Maker Faire Galicia.

Fuente: 3Dnatives (2018).

La figura 67 muestra a un hombre interactuando con un robot en el evento Maker Faire celebrado en Galicia, España.

European Robotics Forum (ERF)

El **European Robotics Forum (ERF)** es un evento anual que reúne a expertos en robótica de toda Europa. Este foro se centra en la colaboración y el intercambio de ideas entre investigadores, empresas y responsables de políticas. ERF incluye sesiones de networking, presentaciones y talleres sobre las últimas tendencias y desarrollos en robótica, lo que lo convierte en un evento clave

para la comunidad robótica europea (European Robotics Forum, 2023).



Figura 68. PAL Robotics en el Foro Europeo de Robótica (ERF) 2020.

Fuente: SECOIIA (2022).

La figura 68 muestra a representantes de PAL Robotics asistiendo al Foro Europeo de Robótica (ERF) celebrado en marzo de 2020 en Málaga, España.

6.3. Escenarios optimistas y pesimistas

La robótica, como campo en constante evolución, presenta una variedad de perspectivas sobre su futuro. Estos puntos de vista pueden clasificarse en escenarios optimistas y pesimistas, cada uno de los cuales ofrece una visión diferente sobre cómo la tecnología robótica impactará a la sociedad, la economía y el medio ambiente. A continuación, se exploran ambos escenarios, sus implicaciones y ejemplos relevantes.

Escenarios optimistas

Los escenarios optimistas se centran en los beneficios potenciales de la robótica y la automatización. Estos escenarios asumen

que la tecnología se desarrollará de manera favorable y que sus aplicaciones tendrán un impacto positivo en diversas áreas. Algunos de los aspectos clave de los escenarios optimistas incluyen:

Mejora de la productividad y eficiencia

La capacidad de aumentar la productividad y la eficiencia en una variedad de industrias es uno de los principales beneficios de la robótica. Se prevé que la automatización permitirá a las empresas producir más bienes y servicios con menos recursos, lo que puede reducir los costos y aumentar la competitividad (Deloitte Global, 2021b). Por ejemplo, el uso de robots en la industria manufacturera puede acelerar los procesos de producción y mejorar la calidad de los productos.

Creación de nuevos empleos

Un escenario optimista sugiere que la robótica también generará nuevos puestos de trabajo, a pesar de la preocupación por la pérdida de empleos debido a la automatización. A medida que las empresas adopten tecnologías robóticas, surgirán oportunidades en áreas como la programación, la gestión de sistemas automatizados y el mantenimiento de robots. Un informe de la Organización Internacional del Trabajo (2021), indica que para 2022, la automatización podría generar 58 millones de nuevos empleos en todo el mundo.

Avances en la salud y el bienestar

La robótica tiene el potencial de cambiar el sector de la salud, mejorando la calidad de vida y la atención médica de las personas. En un escenario optimista, se prevé que los robots sean utilizados en cirugías precisas, asistencia a personas mayores y en la rehabilitación de pacientes. Estas aplicaciones pueden llevar a una atención médica más eficiente y accesible, beneficiando a una mayor cantidad de personas (Iberdrola, 2023).

Sostenibilidad y medio ambiente

La robótica puede mejorar la sostenibilidad. Por ejemplo, la agricultura puede utilizar robots para maximizar el uso de recursos, reducir el desperdicio y reducir el impacto ambiental. En una perspectiva más positiva, la robótica podría desempeñar un papel importante en la lucha contra el cambio climático al facilitar la transición hacia prácticas más sostenibles (Cordis, 2022).

Escenarios pesimistas

Por otro lado, los escenarios pesimistas se enfocan en los riesgos y dificultades que conlleva la implementación de la robótica. Estos casos tienen en cuenta los efectos perjudiciales potenciales que podrían surgir si la tecnología no se maneja adecuadamente. Algunas de las características más importantes de los escenarios pesimistas incluyen:

Desplazamiento laboral

El desplazamiento de los trabajadores es una de las principales preocupaciones de la robótica. En un escenario pesimista, se prevé que la automatización lleve a la eliminación de numerosos puestos de trabajo, especialmente en sectores donde las tareas son repetitivas y fácilmente automatizables. Esto podría resultar en un aumento del desempleo y una mayor desigualdad económica (Hobari Fundazioa, 2023).

Brecha digital y desigualdad

La adopción de tecnologías robóticas podría empeorar la brecha digital, dejando atrás a aquellos que no tienen acceso a la educación y la capacitación necesarias para trabajar con robots. En un futuro desfavorable, las comunidades menos favorecidas podrían tener dificultades para adaptarse a un entorno laboral cada vez más automatizado, lo que podría aumentar la desigualdad social y económica (Iberdrola, 2023).

Problemas éticos y de privacidad

El uso de robots en diversas áreas plantea problemas éticos y de privacidad. En una situación poco favorable, la implementación de robots para la vigilancia y el control social podría resultar en abusos de poder y la violación de la privacidad de las personas. Además, la automatización de la toma de decisiones por parte de sistemas robóticos podría llevar a sesgos y discriminación, afectando a grupos vulnerables (Cordis, 2022).

Dependencia de la tecnología

En una perspectiva negativa, también podría haber una mayor dependencia de la tecnología, lo que podría hacer que las sociedades sean más susceptibles a fallas tecnológicas y ciberataques. Si los sistemas fallan o son comprometidos, la automatización de procesos críticos, como la atención médica y la infraestructura, podría tener graves consecuencias (Deloitte Global, 2021b).

Implicaciones para el futuro

Tanto los escenarios optimistas como los pesimistas ofrecen diferentes perspectivas sobre el futuro de la robótica. Los escenarios optimistas señalan cómo la tecnología puede mejorar la calidad de vida e impulsar el crecimiento económico, mientras que los escenarios pesimistas señalan los peligros de la automatización y la necesidad de una gestión cuidadosa.

Es esencial que los gobiernos, las empresas y la sociedad civil colaboren para desarrollar políticas que maximicen los beneficios de la robótica mientras reducen los riesgos. Esto incluye invertir en educación y capacitación para preparar a la fuerza laboral del futuro, establecer regulaciones que protejan los derechos de los trabajadores y asegurarse de que la tecnología se utilice de manera ética y responsable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3Dnatives. (2018). *Maker Faire en España: El lugar de encuentro de la fabricación digital*. <https://www.3dnatives.com/es/maker-faire-en-espana-260720182/>
- Arce Aponte, C. (2016). *Robótica educativa en la enseñanza superior: Un enfoque innovador*. (Trabajo de grado). Universidad Minuto de Dios.
- Atria Innovation. (2023). *Robótica colaborativa: Beneficios y nuevas tendencias*. Atria Innovation. <https://atriainnovation.com/blog/robotica-colaborativa-beneficios-y-nuevas-tendencias-atria-innovation/>
- Azuma, R. T. (1997). *A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Baker, S., & Eger, J. (2020). *Collaborative robots: A review. Robotics and Autonomous Systems*, 136, 103719. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103719>
- Barros, P., & Bravo, A. (2001). *Neumática - Herón de Alejandría*. Librosmaravillosos.com. <http://www.librosmaravillosos.com/neumatica/>
- BBC Bitesize. (2024). *Programming languages: Revision 1*. BBC. <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>
- BBC Mundo. (2017). *Las increíbles habilidades de los robots más avanzados del mundo*. BBC. <https://www.bbc.com/mundo/media-41098357>
- BBVA OpenMind. (2020). *Cobots - La era de los robots colaborativos*. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/robotica/la-los-robots-colaborativos-los-cobots/>
- Bekey, G. A. (2005). *Autonomous robots: From biological inspiration to implementation and control*. MIT Press. _

- Bers, M. U. (2018). *Robotics in education: The role of robotics in the classroom*. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(1), 1-12.
- Bock, T., Gschwind, T., & Lutz, C. (2019). *The impact of collaborative robots on productivity and safety in manufacturing*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.01.001>
- Bogue, R. (2016). *Europe leads the world in collaborative robot market*. *Industrial Robot: An International Journal*, 43(1), 6-11. <https://doi.org/10.1108/IR-10-2015-0207>
- Bogue, R. (2018). *Robots in the industry: Applications and challenges*. *Industrial Robot: An International Journal*, 45(1), 50-56. <https://doi.org/10.1108/IR-12-2017-0216>
- Boston Dynamics. (2021). *Atlas: The most advanced humanoid robot*. <https://www.bostondynamics.com/atlas>
- Bristol Robotics Laboratory. (2019). Pepper the robot helps patients feel less anxious. <https://www.bristolroboticslab.com/news/pepper-robot-helps-patients-feel-less-anxious>
- Broadbent, E., Stafford, R., & MacDonald, B. (2018). Acceptance of healthcare robots for the older population: Review and future directions. *International Journal of Social Robotics*, 10(4), 535-548. <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0471-x>
- Bustamante, P. (2023). *Robots en aulas: Innovación en la educación*. <https://aulasimple.ai/blog/robots-en-aulas-innovacion-en-la-educacion/>
- Calvo, D. (2017). Red Neuronal Convolutacional CNN. <https://www.diegocalvo.es/red-neuronal-convolutacional/>
- Čapek, K. (1920). R.U.R. (*Rossum's Universal Robots*). Proyecto Gutenberg. <https://www.gutenberg.org/ebooks/13083>
- Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). Artificial intelligence and the 'good society': The US, EU, and UK approach. *Science and Engineering Ethics*, 24(2), 505-528. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9901-7>

- Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A., Lasnier, A., & Fraisse, P. (2016). Collaborative manufacturing with physical human–robot interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 40, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.007>
- Colombia. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). Guía para la automatización robótica de procesos. MINTIC. https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-179146_Guia_Automatizacion_Procesos.pdf
- Comisión Europea. (2021). Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence>
- Cordis. (2022). Nuevo punto de encuentro en línea para la comunidad de robótica de Europa. <https://cordis.europa.eu/article/id/442566-new-online-meeting-point-for-europe-s-robotics-community/es>
- Creemers, R. (2020). China's Governance Approach to Cybersecurity. Hoover Institution, 20(1). <https://www.hoover.org/research/chinas-governance-approach-cybersecurity>
- Cuartin, A. (2023). Regulaciones para los robots: elementos imprescindibles. <https://blog.lemontech.com/regulaciones-para-robots/>
- Dávila, D. (2024). Redes Neuronales Recurrentes (RNN) en el Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP). LinkedIn.com. <https://www.linkedin.com/pulse/redes-neuronales-recurrentes-rnn-en-el-procesamiento-de-david-d%C3%A1vila-8je1e/>
- Deloitte Global. (2021a). 9 pasos para implementar un robot. <https://www2.deloitte.com/py/es/pages/risk/articles/9-pasos-para-implementar-un-robot-.html>
- Deloitte. (2021b). Robots en el sector productivo. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articles/robots-necesidad-laboral.html>
- DENSOx. (2021). How LiDAR technology is shaping our lives. <https://denso-x.com/stories/how-lidar-technology-is-shaping-our-lives/>

- Des-Show. (2017). Collaborative robots. <https://www.des-show.com/collaborative-robots/>
- DOT System. (2023). Seguridad en el mundo de la robótica colaborativa. <https://www.todsystem.com/es/seguridad-en-el-mundo-de-la-robotica-colaborativa/>
- Duffy, B. R. (2003). Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 177-190. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00374-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00374-5)
- Ecured.cu. (2024). George Devol. https://www.ecured.cu/George_Devol
- EHS Daily Advisor. (2023). Using robotics to improve workplace safety. <https://ehsdailyadvisor.blr.com/2023/06/using-robotics-to-improve-workplace-safety/>
- El País. (2018). Las mejores fotos del día. https://elpais.com/elpais/2018/10/18/album/1539856530_406262.html
- Electrolux. (2024). Aspiradora Robot ERB40. <https://www.electrolux.com.ec/aspiradora-robot-home-e-ultra-erb40-electrolux/p>
- Engelberger, J. (1982). *Robots in Practice: Management and Applications of Industrial Robots*. Springer.
- Engelberger, J. F. (1989). *Robotics in Practice: Management and Applications of Industrial Robots*. Springer.
- Essinger, J. (2004). *Jacquard's Web: How a Hand-Loom Led to the Birth of the Information Age*. Oxford University Press.
- Euroinnova Business School S.L (2024). ¿Qué aporta la robótica en la educación? <https://www.rededuca.net/blog/tic/robotica-en-educacion>
- Euroinnova Business School S.L. (2023). Programa en robótica educativa. <https://www.euroinnova.com/programa-en-robotica-educativa-ucontinental>
- European Robotics Forum. (2023). Program. <https://erf2023.sdu.dk/program/>

- Fernández, S. (2018 8). Cómo educar y preparar para un futuro en el que los robots hagan la mayor parte del trabajo. Xataka. <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/como-educar-y-preparar-para-un-futuro-en-el-que-los-robots-hagan-la-mayor-parte-del-trabajo>
- FibraDeCarbono.(2018). Conoce a Héctor, el robot insecto en fibra de carbono. <https://www.fibradecarbono.es/articulos/conoce-hector-el-robot-insecto-en-fibra-de-carbono/>
- FIRST. (2023). FIRST Robotics Competition. <https://www.firstinspires.org/robotics/frc>
- Fournier, É., Kilgus, D., Landry, A., Hmedan, B., Pellier, D., Fiorino, H., et al. (2022). The impacts of human-cobot collaboration on perceived cognitive load and usability during an industrial task: an exploratory experiment. IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors, 10(2), 83–90. <https://doi.org/10.1080/24725838.2022.2072021>
- Fundación Mayo para la Educación y la Investigación Médicas. (2024). Cirugía robótica. <https://www.mayoclinic.org/es/tests-procedures/robotic-surgery/about/pac-20394974>
- González, A., Pérez, J., & Ruiz, M. (2021). The impact of robotics on agricultural productivity: A case study in California. Agricultural Robotics Journal, 5(2), 45-60. <https://doi.org/10.1016/j.agrorob.2021.04.002>
- González, L. (2018). Diferencia entre aprendizaje supervisado y no supervisado. Aprende IA. <https://aprendeia.com/diferencia-entre-aprendizaje-supervisado-y-no-supervisado/>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. Advances in Neural Information Processing Systems, 27, 2672-2680. <https://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets.pdf>
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer. <https://web.stanford.edu/~hastie/ElemStatLearn/>

- Hengstler, M., Enkel, E., & Duelli, S. (2016). Applied artificial intelligence and trust—The case of autonomous vehicles and medical assistance devices. *Technological Forecasting and Social Change*, 105, 105-120. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.014>
- Hesse, S., Werner, C., & Witte, M. (2016). Robot-assisted gait training: A review of the literature. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 30(2), 103-113. <https://doi.org/10.1177/1545968315581749>
- Hill, D. R. (1974). *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*. Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9789027703299>
- Hirsch, R., Koller, M., & Schmitt, T. (2020). Safety and productivity in human-robot collaboration: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.05.001>
- Hobari Fundazioa. (2023). Robótica educativa: cómo la robótica mejora la educación en la escuela. <https://www.hobari.org/robotica-educativa/>
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- Honda Motor Co., Ltd. (2000). ASIMO: A robot with human-like intelligence and advanced mobility. *Honda R&D Technical Review*, 12(2), 5-10. <https://global.honda/en/newsroom/news/2000/c001120b-eng.html>
- Honda Motor Co., Ltd. (2024). Taking a new approach to create robots that can help people as soon as possible. <https://global.honda/en/robotics/>
- Hospitecnia. (2023). Robótica social en residencias: casos de uso y su potencial para el futuro. <https://hospitecnia.com/tecnologia/robotica-social-residencias-uso-potencial-futuro/>
- Hounshell, D. A. (1985). *From the American System to Mass Production, 1800-1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States*. Johns Hopkins University Press. _

- Huang, J., & Jiao, J. (2020). Human-robot interaction: A survey. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 17(1), 1-13. <https://doi.org/10.1177/1729881419890981>
- Iberdrola. (2023). ¿Cómo ayudan los robots educativos al desarrollo de tus hijos? <https://www.iberdrola.com/innovacion/robots-educativos>
- Ideogram. (2024). Generating Images. <https://docs.ideogram.ai/using-ideogram/getting-started/generating-images>
- Infoplcn.net. (2024). *Compatibilidad de efectores finales: Solución One System*. <https://www.infoplcn.net/noticias/item/106920-onrobot-compatibilidad-efectores-finales-solucion-one-system>
- International Conference on Robotics and Automation. (2023). Sitio oficial. <https://www.icra2023.org/>
- International Conference on Robotics and Automation. (2024). Sitio Oficial. <https://2024.ieee-icra.org/>
- International Federation of Robotics. (2021). World Robotics 2021. <https://ifr.org/worldrobotics>
- International Robot Exhibition. (2023). International Robot Exhibition. <https://www.irex.jp/en/>
- Intuitive Surgical, Inc. (2000). Da Vinci Surgical System. Información detallada en el sitio web de Intuitive Surgical. <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci>
- iRobot. (2021). iRobot - Home Robots. <https://www.irobot.com/>
- Japan Robot Association-Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd. (2023). IREX: International Robot Exhibition. <https://www.jetro.go.jp/en/database/j-messe/tradefair/detail/124989>
- Kässi, O., & Lehdonvirta, V. (2018). The role of collaborative robots in the future of work: A review of the literature. *AI & Society*, 33(4), 575-588. <https://doi.org/10.1007/s00146-018-0845-2>
- Katz, J. E., & Aspden, P. (2020). The role of personal experience in shaping attitudes toward technology. *Computers in Human Behavior*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106275>

- Kawamoto, H., Yamamoto, Y., & Suzuki, K. (2019). RoboTherapist: A robot for rehabilitation therapy. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 31(5), 1023-1030. <https://doi.org/10.20965/jrm.2019.p1023>
- Kieffer, L. (2024). ISO/TS 15066: Todo sobre la ISO para robots colaborativos. CIO | Ediworld. Recuperado de <https://iworld.com.mx/iso-ts-15066-conoce-todo-sobre-la-especificacion-iso-para-robots-colaborativos/>
- Koren, Y. (2010). *Robotics for engineers*. McGraw-Hill Education.
- Kory Westlund, J., Tzeng, S., & Breazeal, C. (2019). A social robot that recognizes and responds to human emotions. In *Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 1-7). <https://doi.org/10.1109/ICRA.2019.8793740>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25, 1097-1105. <https://doi.org/10.5555/2999618.2999810>
- KUKA A. G. (2016). Una visión general de KUKA.VisionTech. https://www.kuka.com/es-mx/productos-servicios/sistemas-de-robot/software/software-de-aplicaci%C3%B3n/kuka_visiontech
- KUKA A. G. (2024). Los robots ponen la industria del entretenimiento en movimiento. <https://www.kuka.com/es-es/sectores/otros-sectores/industria-del-entretenimiento>
- La Vanguardia. (2016). Así se entrena el primer robot submarino con forma humana. <https://www.lavanguardia.com/natural/20160510/401697595779/robot-submarino-humanoide-oceanone.html>
- Lasota, P. A., Rossano, G. F., & Shah, J. A. (2014). Toward safe close-proximity human-robot interaction with standard industrial robots. (Ponencia). *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*. Taipei, Taiwan.
- Learning Heroes. (2023). Robots para educar a los niños en el hogar. <https://www.learningheroes.com/aprende-sobre-tecnologias-disruptivas/robotica-en-casa-como-los-robots-pueden-facilitar-las-tareas-domesticas>

- LeCun, Y., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep learning*. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://www.nature.com/articles/nature14539>
- Lee, J., Kim, Y., & Park, J. (2020). The impact of government policies on the adoption of robotics in manufacturing: Evidence from South Korea. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(8), 1621-1640. <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2019-0217>
- Levine, S., & Koltun, V. (2016). End-to-end training of deep visuomotor policies. *The Journal of Machine Learning Research*, 17(1), 1334-1373. <https://www.jmlr.org/papers/volume17/15-521/15-521.pdf>
- Libertis Solutions. (2024). Automatización de almacenes para pymes. <https://libertis-solutions.com/automatizacion-de-almacenes-para-pymes/>
- Lin, P., Abney, K., & Bekey, G. A. (2011). *Robot ethics: The ethical and social implications of robotics*. The MIT Press.
- Lizarazo Reyes, C. (2024). La robótica. <https://www.sutori.com/es/historia/la-robotica--KLPAr4LhucrSPMiCWbQn43Ux>
- Long, J., Shelhamer, E., & Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. (Ponencia). *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Boston, USA.
- Maker Media. (2023). *Maker Faire*. <https://makerfaire.com/>
- Manly Battery. (2024a). Definición y tipos de robots agrícolas. <https://manlybattery.com/es/definicion-y-tipos-de-robots-agricolas/>
- Manly Battery. (2024b). Los 26 mejores robots humanoides de 2024. <https://manlybattery.com/es/guia-para-liderar-robots-humanoides/>
- Martínez Mercado, L. D., Martínez Bolívar, L., & Roldán Mckinley, J. (2017). Cinemática de velocidad y aceleración del robot serial Mitsubishi Movemaster RV-M1. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 11(22), 84–94. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672017000200084

- McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., & Shannon, C. (1956). A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. <https://www.dam.brown.edu/people/hui/papers/AIProposal1956.pdf>
- Medina, E. (2019). El telar de Jacquard, máquina precursora de los ordenadores modernos, es subastado por 43.750 dólares. MuyComputer. <https://www.muycomputer.com/2019/12/18/telar-de-jacquard-maquina-subastado-43750-dolares/>
- Medium. (2018). Detección de objetos con YOLO: Implementaciones y cómo usarlas. <https://medium.com/@enriqueav/detecci%C3%B3n-de-objetos-con-yolo-implementaciones-y-como-usarlas-c73ca2489246>
- México. Consejo de Datos y Tecnologías Emergentes. (2024). Robots Sociales: La Nueva Frontera en IA. <https://cdetech.org/robots-sociales-la-nueva-frontera-en-ia/>
- Michalos, G., Makris, S., Tsarouchi, P., Guasch, T., Kontovrakis, D., & Chryssolouris, G. (2016). Design considerations for safe human-robot collaborative workplaces. *Procedia CIRP*, 48, 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.251>
- Ministry of Economy, Trade and Industry. (2015). *Safety guidelines for service robots*. https://www.meti.go.jp/english/press/2015/0331_H01.html
- Mitaritonna, A. (2020). ¿Qué son y para qué sirven las redes neuronales GAN (Generative Adversarial Networks)? *LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-son-y-para-sirven-las-redes-neuronales-gan-alejandra-mitaritonna/>
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>
- Moodlehub.com. (2024). 5.4 *Robots industriales*. https://openvrg.moodlehub.com/file.php/30/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm
- NASA. (1997-presente). *Mars Rover missions*. <https://mars.nasa.gov/>
- NASA. (2021). *Mars rovers: Overview*. <https://mars.nasa.gov/msl/mission-overview/>

- National Conference of State Legislatures. (2021). *Artificial intelligence legislation*. <https://www.ncsl.org/research/telecommunications-and-information-technology/2021-artificial-intelligence-legislation.aspx>
- Nilsson, N. J. (1984). *Shakey the robot*. Stanford Research Institute. <https://www.ai.sri.com/~nilsson/ftp/shakey/shakey.pdf>
- Ojo. (2023). Beneficios de tener una aspiradora robot en tu hogar. Ojo. <https://ojo.pe/mujer/beneficios-de-tener-una-aspiradora-robot-en-tu-hogar-web-ojo-print-noticia/>
- Omron. (2023). Seguridad para robots colaborativos. <https://automation.omron.com/es/mx/soluciones/hojas-tecnicas/safety-for-collaborative-robots-white-paper>
- Operarme.es. (2024). El Robot Da Vinci, qué es, para qué sirve y sus ventajas. <https://www.operarme.es/blog/el-robot-da-vinci-que-es-para-que-sirve-y-sus-ventajas/>
- Organización Internacional del Trabajo. (2021). El futuro del trabajo: Tendencias y desafíos. https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_795153/lang--es/index.htm
- Ortiz, P. (2023). Inventos griegos, los autómatas de Herón. National Geographic. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/inventos-griegos-automatas-heron_9395
- Peters, J., & Schaal, S. (2008). Reinforcement learning of motor skills with policy gradients. *Neural Networks*, 21(4), 682-697. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2008.03.004>
- Pololu Corporation. (2024). *Baby Orangutan B-328 + USB AVR Programmer Combo*. <https://www.pololu.com/product/1302/resources>
- Ramírez, M. (2020). Henry Maudslay, el gran innovador de la máquina herramienta. *Técnica Industrial*. <https://www.tecnicaindustrial.es/henry-maudslay-el-gran-innovador-de-la-maquina-herramienta/>
- Real Instituto Elcano. (2017). Robótica, IA y derecho. <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/robotica-inteligencia-artificial-y-derecho/>
- Red Educa. (2023). ¿Qué aporta la robótica en la educación? <https://www.rededuca.net/blog/tic/robotica-en-educacion>

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified real-time object detection. (Ponencia). IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Las Vegas, USA.

Ríos Ruiz, W. (2017). *La regulación legal de la robótica y la IA*. Ámbito Jurídico <https://www.ambitojuridico.com/noticias/analisis/tic/la-regulacion-legal-de-la-robotica-y-la-inteligencia-artificial>

Sánchez-Urán Azaña, Y., & Grau Ruiz, M. A. (2018). El impacto de la robótica, en especial la robótica inclusiva, en el trabajo: aspectos jurídicos-laborales y fiscales. Universidad Complutense de Madrid.

Santoni de Sio, F., & Van den Hoven, J. (2018). Meaningful human control over autonomous systems: A philosophical account. *Frontiers in Robotics and AI*, 5. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00015>

Sap.com. (2024). ¿Qué es el aprendizaje automático? <https://www.sap.com/latinamerica/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html>

SECOIIA. (2022). El congreso internacional sobre industrias inteligentes. <https://secoiia.eu/?p=613>

Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. (2016). Edge computing: Vision and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(5), 637-646. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2562285>

Shibata, T., & Wada, K. (2011). Robot therapy for dementia and elderly care. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 15(1), 1-7. <https://doi.org/10.20965/jaciii.2011.p1>

Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Springer. _

SICK. (2022). Seguridad en las aplicaciones de robots colaborativos. <https://www.sick.com/br/es/sick-sensor-blog/seguridad-en-las-aplicaciones-de-robots-colaborativos/w/blog-safety-collaborative-robot-applications/>

SICK. (2024). SICK Brasil - Soluções em sensores e tecnologia de automação. <https://www.sick.com/br/es/>

- Srinivasan, V., Takayama, L., & Dourish, P. (2020). Give me agency: Examining the effects of user control on smart home devices. (Ponencia). Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Honolulu, USA.
- Stanford Research Institute. (1972). Shakey the Robot. Informe de progreso de Shakey en el SRI. Disponible en el sitio web de SRI International. <https://www.sri.com/case-studies/shakey-the-robot/>
- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press.
- Telefónica. (2023). Robótica educativa: qué es, tipos y ventajas. <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/robotica-educativa-tipos-y-ventajas>
- Troya Heras, I. F., & Buñay Totoy, D. V. (2021). Robótica educativa como estrategia didáctica para favorecer el desarrollo cognitivo en los estudiantes de educación inicial II. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Tsarouchi, P., Matthaiakis, A. S., Makris, S., & Chryssolouris, G. (2017). On a human-robot collaboration in an assembly cell. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 30(6), 580-589. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2016.1268269>
- Unión Europea. (2016). Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos. *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>
- Vega, E. (2014). Conferencia de Dartmouth 1956. <https://darthmouthconference.wordpress.com/>
- Wang, T., Zhang, Y., & Li, J. (2019). The impact of robotics on warehouse operations: A case study of Amazon. *Logistics and Transportation Review*, 55(3), 123-138. <https://doi.org/10.1016/j.lotr.2019.05.002>

Wang, Y., Xiao, L., & He, G. A. (2020). The perceptions of people with dementia and key stakeholders regarding the use and impact of the social robot MARIO. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph17228621>



Maxwell Arbey Salazar Guilcamaigua

Ingeniero Mecatrónico con Maestría en Ciencias en Robótica y amplia experiencia en docencia universitaria y gestión de proyectos tecnológicos. Actualmente, es docente en el Tecnológico Universitario Rumiñahui, donde imparte asignaturas de electrónica, control y modelado 3D. Anteriormente, enseñó informática, redes en la Universidad Metropolitana. Como emprendedor, ha liderado múltiples proyectos en el ámbito de la impresión 3D y la robótica, combinando su pasión por la innovación con la educación. Su experiencia incluye desde el diseño y prototipado de piezas complejas hasta la implementación de soluciones en proyectos de automatización y robótica, lo que le ha permitido desarrollar un enfoque práctico y educativo. Cuenta con una sólida formación académica respaldada por certificaciones en automatización robótica de procesos, bases de datos, ciberseguridad, redes y programación. Su objetivo es crear soluciones que impulsen el avance tecnológico y el aprendizaje interactivo, formando a la próxima generación de ingenieros y tecnólogos.



Paola Alexandra Portero Donoso

Ingeniera en Electrónica, Control y Redes Industriales, con una Maestría en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos. Su trayectoria profesional se ha centrado en la docencia y la investigación, con un fuerte enfoque en la robótica educativa y la automatización. Actualmente, es docente en el Tecnológico Universitario Rumiñahui, donde imparte asignaturas en la carrera de la Gestión de Mantenimiento Eléctrico y Eficiencia Energética. Su experiencia incluye el desarrollo de proyectos innovadores de electrónica y robótica, con un especial interés en soluciones tecnológicas que promuevan la sostenibilidad ambiental. Le apasiona la enseñanza y el autoaprendizaje, utilizando la tecnología como herramienta clave para mejorar continuamente el proceso educativo. Además, ha colaborado en varias instituciones educativas, brindando conocimientos avanzados en robótica y control automatizado, buscando siempre la innovación en el ámbito tecnológico.

El libro “ Robótica: El Legado de los Automatas y el Auge de la Inteligencia Artificial “ comienza con una introducción que establece el contexto y la relevancia del estudio de la robótica, subrayando su evolución a lo largo del tiempo y su impacto en diversas áreas de la sociedad. En el primer capítulo, se presenta la historia de la robótica, desde los primeros autómatas en civilizaciones antiguas como Grecia y China, hasta los hitos significativos del siglo XX que marcaron la transición hacia la robótica moderna. El segundo capítulo explora las tecnologías contemporáneas que impulsan la robótica avanzada, incluyendo visión por computadora, sensores avanzados y actuadores, con ejemplos de aplicaciones que ilustran cómo estas innovaciones mejoran la funcionalidad y eficiencia de los robots. En el tercer capítulo, se centra en la integración de la inteligencia artificial en la robótica, discutiendo redes neuronales, aprendizaje automático y sus aplicaciones en percepción, navegación y manipulación de objetos, evidenciando cómo la IA potencia las capacidades robóticas. El cuarto capítulo aborda la colaboración entre humanos y robots, analizando normativas, beneficios y desafíos éticos y sociales en su coexistencia. En el quinto capítulo, se examinan los marcos legales y regulaciones emergentes que afectan la robótica y la inteligencia artificial, destacando la necesidad de un equilibrio entre innovación y protección ciudadana. Finalmente, el sexto capítulo presenta oportunidades para involucrarse en la robótica, incluyendo programas educativos, comunidades y eventos, y discute escenarios futuros optimistas y pesimistas en el contexto del avance tecnológico. A lo largo del libro, se proporciona una visión integral de la robótica, sus desafíos y su futuro en un mundo en constante evolución.



ISBN: 978-9942-7189-8-3



9 789942 718983