

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

Machines) que hacían uso de vectores de características de muy alta dimensionalidad pero de entradas escasas. Actualmente el desarrollo de estos modelos tiende a disponer entradas densas utilizando modelos de *deep learning*.

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

Esta profundidad de capas permite en muchos casos conseguir un alto nivel de procesamiento en la capa de **word embedding**. Este punto del proceso transforma símbolos en objetos matemáticos sobre los que es fácil realizar operaciones. De este modo podemos asignar símbolos discretos a vectores continuos en un espacio dimensional que es relativamente bajo. Es aquí donde encontramos una gran ventaja que surge de equiparar la distancia entre vectores a la distancia entre palabras, facilitando la generalización del comportamiento de una palabra sobre otra.

En este punto la red aprende esos vectores, que son representación de palabras, como parte de su proceso de entrenamiento. Y es ya el proceso de predicción el que se beneficia del aprendizaje combinatorio de vectores que no es más que la capacidad de predecir cómo se unen las palabras. Esta capacidad permite rebajar sustancialmente los problemas de dispersión de los datos.

Hay dos tipos principales de arquitecturas de redes neuronales que resultan muy útiles en los problemas de Procesamiento del Lenguaje Natural: las **Redes neuronales prealimentadas** (*Feed-forward neural network*) y las **Redes neuronales recurrentes (RNN)**.

Por ejemplo, podemos ver en la figura como una RNN tiene una configuración especial por la que entran secuencias(x) que: **a)** devuelven algo y **b)** utilizan lo anterior. Es una forma de construir que utiliza no sólo la palabra anterior sino **TODO el contexto de la frase** (por eso se enlazan continuamente). De esta forma podemos entender que lo que viene de detrás puede ser desde el resto de la frase, la frase anterior e incluso el documento entero. Esto ayuda mucho a entender sentidos de las frases, contenido tóxico, etc.

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

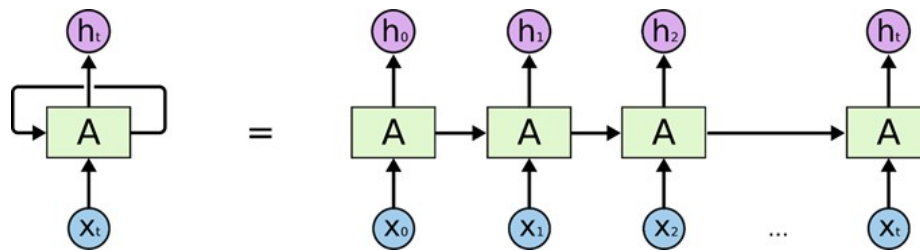


Figura 24. Gráfico representativo de una Red Neuronal Artificial Recurrente (RNN). Fuente: Villamizar Torres Y Lizarazo, 2019.

Así, podemos construir traductores de frases y documentos a otros idiomas, clasificando las palabras (clase que veremos en los próximos módulos) y pudiendo reorganizar la frase en un idioma nuevo:

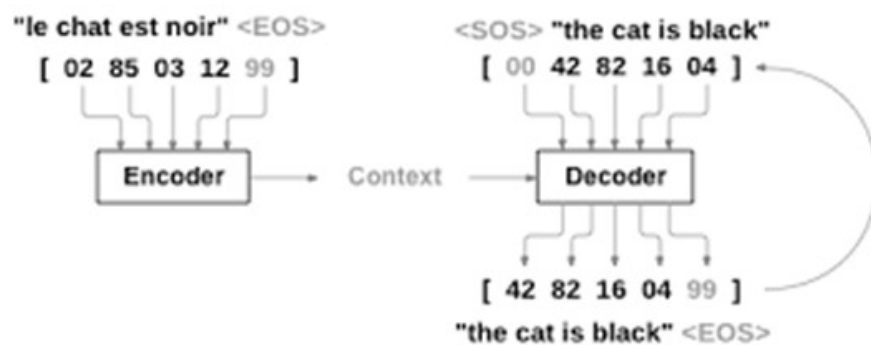


Figura 25. Frase codificada del francés y decodificada en inglés. Fuente: Medium, 2024.

El modelo de idioma se genera partiendo de un dataset bien seleccionado para el resultado objetivo: Wikipedia corpus, Comentarios tóxicos, Tweets, un libro; lo que nos encontramos es un proceso predictivo que encaja perfectamente como podemos ver en la figura.

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

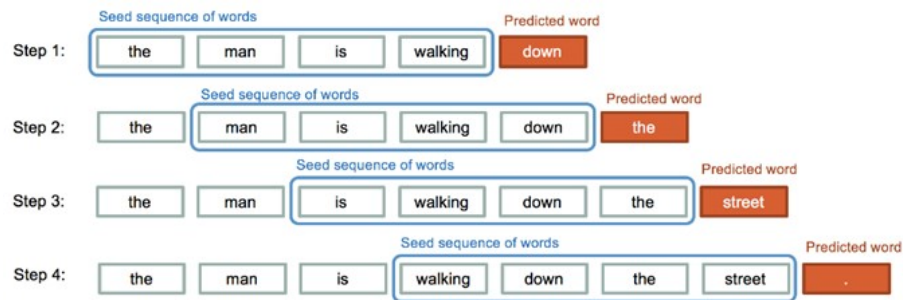


Figura 26. Modelo RNN de predicción en inglés. Fuente: Medium, 2020.

Otras de las mejoras se ha producido en la generación de texto no sólo en sus aplicaciones clásicas (como es el teclado predictivo sugiriendo corrección de palabra o prediciendo la siguiente) sino en su combinación con otro tipo de redes neuronales artificiales – las CNN y las GAN -, permite la escritura de poemas (a partir de imágenes o incluso desde patrones ya creados - <https://github.com/researchmm/img2poem>) e incluso imitar el estilo literario de cualquier escritor o literato.

En las siguientes ilustraciones vemos de forma esquemática cómo generamos procesos muy interesantes y útiles para múltiples aplicaciones.

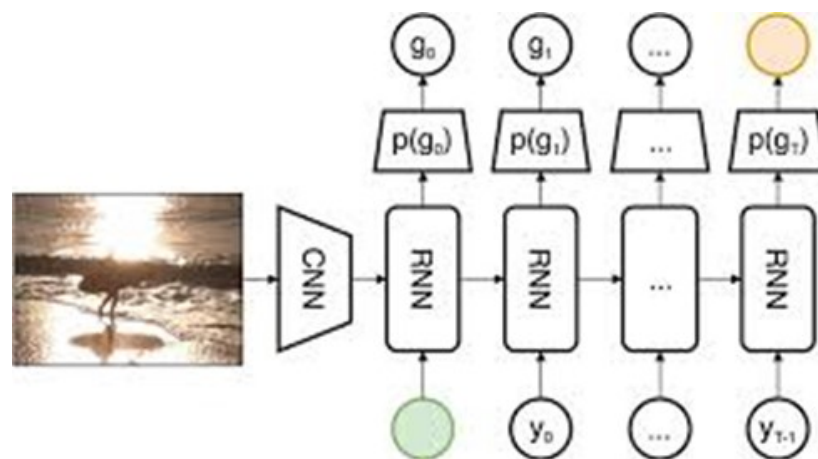


Figura 27. Combinación de redes CNN y RNN. Fuente: Liu et al., 2017.

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

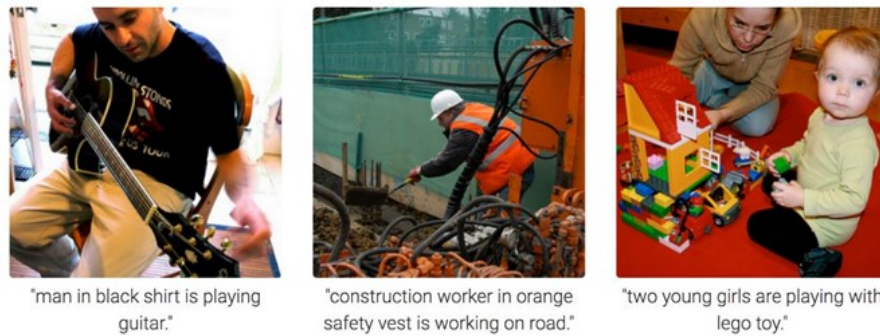


Figura 28. Resultado de describir una imagen con red combinada CNN-RNN. Medium, 2018.



Figura 29. Poemas generados por combinación de redes GAN y RNN. Fuente: Liu et al., 2018.

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

3.6. Referencias bibliográficas

Apple2fan. (2018, agosto 3). *Cómo activar y desactivar Oye Siri en HomePod*.

<https://apple2fan.com/tutoriales/activar-desactivar-oye-siri-en-homepod>

Ask Benji. (s.f.). *Questions about FAFSA? Ask Benji, has the answers!*

<https://www.askbenji.org/>

Bank of America. (s.f.). Erica. *Your guide by your side*.

<https://promotions.bankofamerica.com/digitalbanking/mobilebanking/erica>

Google Play. (s.f.). *Andy English Language Learning*.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pyankoff.andy&hl=en&gl=US>

Liu, B., Yoshikawa, M., Fu, J., Kato, M. P. (2018). Beyond Narrative Description: Generating Poetry from Images by Multi-Adversarial Training. *Proceedings of the 26th ACM international conference on Multimedia year*.

Liu, S., Zhu, Z., Ye, N., Guadarrama, S. y Murphy, K. (2017). *Improved Image Captioning via Policy Gradient optimization of SPIDeR*.

https://www.researchgate.net/publication/311299402_Optimization_of_image_description_metrics_using_policy_gradient_methods

Medium. (2018, febrero 12). *AI en 3 minutos: ¿Para qué Machine Learning?*

<https://medium.com/ai-learners/ai-en-3-minutos-para-qu%C3%A9-machine-learning-1125cc0bde4e>

Medium. (2020, julio 17). *Text Generation Using LSTM*.

<https://bansalh944.medium.com/text-generation-using-lstm-b6ced8629b03>

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

Medium. (2024, junio 22). *How LLMs Evolved in the Artificial Intelligence World?*

<https://medium.com/pythoneers/how-llms-evolved-in-the-artificial-intelligence-world-346874d98293>

Periodismo. (2023, mayo 15). *Una app que cancela suscripciones en forma automática cuando termina el período de prueba.*

<https://www.periodismo.com/2023/05/15/una-app-que-cancela-suscripciones-en-forma-automatica-cuando-termina-el-periodo-de-prueba/>

Sensoricx. (s.f.). *Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP).*

https://sensoricx.com/conocimiento/procesamiento-de-lenguaje-natural-nlp/#google_vignette

SlidePlayer. (s.f.). *Ambiguity At last, a computer that understands you like your mother.* <https://slideplayer.com/slide/16778636/>

The Sun. (2019, mayo 13). *DOUGH-MANTIC Domino's launches cheesy Tinder Chat Bot to help you get a date for Valentine's Day.*

<https://www.thesun.co.uk/tech/5567206/dominos-valentines-day-tinder-chat-bot/>

WestJet. (s.f.). *Juliet.* <https://www.westjet.com/en-ca/contact/juliet>

WhatsApp. (s.f.). *The World Health Organization launches WHO Health Alert on WhatsApp.* <https://www.whatsapp.com/coronavirus/who/?lang=>

Villamizar Torres, J. y Lizarazo, P. (2019). *Reconocimiento de actividades humanas usando redes de gran memoria de corto plazo* [Tesis de grado]. Universidad Pontificia Bolivariana.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

4.1. Introducción y objetivos

Este tema supone la primera introducción del alumno en la utilización de modelos de sistemas de IA con el objetivo de crear e implantar sistemas de resolución de problemas.

Es importante saber que entramos en el amplio mundo de la robótica con la intención de verlo desde la mejora que aporta la IA y el proceso de cambio radical en la creación de nuevos robots.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

4.2. Métodos y aplicaciones de la robótica

¿Qué entendemos por robótica y robot?

Ya vimos en su momento como Stuart J. Russell y Petter Norvig, en su libro *“Inteligencia Artificial: un enfoque moderno”* propusieron cuatro tipos de sistemas de IA: sistemas que piensan como humanos, que actúan como humanos, que piensan racionalmente y que actúan racionalmente. De ellos, los robots estarían encuadrados en los sistemas que actúan como humanos, esto es, aquellos sistemas que tratan de **realizar las labores de manera similar a cómo lo harían los humanos**, La ciencia que trabaja este grupo se denomina **robótica**.

Robótica

Más ampliamente, la **robótica** es la ciencia que se ocupa del estudio, desarrollo y aplicaciones de los robots. Aglutina varias disciplinas tecnológicas y científicas, con el objetivo de diseñar estas máquinas capaces de realizar tareas automatizadas o de simular el comportamiento humano o animal, en función de la capacidad de su software.

Pero qué capacidades requiere un robot. Bornet, Barkin y Wirtz, en su libro *“INTELLIGENT AUTOMATION: Learn how to harness Artificial Intelligence to boost business & make our world more human”*, hablan de 4 capacidades, hablando de que la robótica es la una ciencia que trabaja sobre la **capacidad de ejecutar**.

Robot

Por definición un robot es una entidad autónoma o máquina automática compuesta por un sistema electromagnético y por mecánica artificial.

En realidad, podríamos decir que no tenemos una definición específica y aceptada por todo el mundo de qué son los robots, pero sí que vemos que podría ser cualquier

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

máquina capaz de realizar tareas tanto físicas como intelectuales.

Los tipos de robots son clasificados de diferentes formas en función de si tiene forma humana y de androide, o simplemente es un brazo robótico.

Si nos fijamos detenidamente, el electrodoméstico que denominamos lavadora es un robot ya que se trata de una máquina programada para ejecutar las tareas de adaptarse al tipo de tejido, lavarlo, enjuagarlo y secarlo automáticamente representando todo el proceso que hacíamos de forma manual.

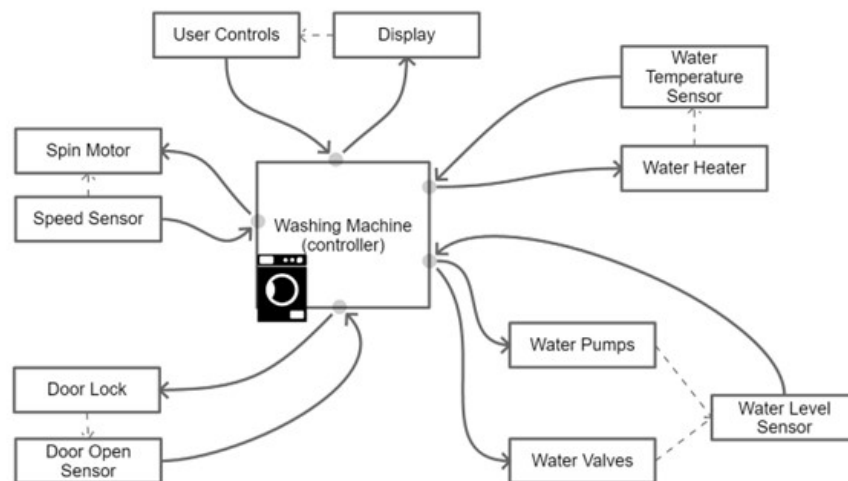


Figura 1. Robot o lavadora: lavar, centrifugar y secar. Fuente: Oreilly, s.f.

Pero en realidad, dentro de la Inteligencia Artificial, trataríamos de los robots como máquinas que tratan de emular nuestra inteligencia y que pueden cambiar radicalmente la forma en que vivimos. Esto amplía enormemente nuestra perspectiva haciendo que el robot no se vea únicamente como una adaptación humana en forma de androides o robots humanoides.

Los avances en los últimos años han sido tan espectaculares que, en apenas una década, se ha pasado de disponer de un proyecto con un equipo de ingenieros a realizarlo con una sola persona, en poco tiempo y con bajo coste; bajo coste tanto en

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

el software libre como en la supercomputación necesaria.

Este desarrollo de la ingeniería robótica ha conseguido transformar nuestros procesos productivos. Algunas de las principales ventajas y desventajas son:

Ventajas de los robots y la robótica

- ▶ Reduce los costes de producción.
- ▶ Aumenta la producción.
- ▶ Mejora la calidad del producto.
- ▶ Evita que las personas, operarios, científicos, militares y un largo etcétera, trabajen en zonas de alto riesgo.
- ▶ Puede trabajar 24h seguidas durante los 365 días del año sin descanso y sin fatiga.
- ▶ No necesita vacaciones ni coge bajas laborales.
- ▶ De momento no hay que pagar impuestos añadidos por ellos.

Desventajas

- ▶ Destrucción de empleo entre los colectivos susceptibles de ser automatizados, principalmente en el sector industrial y servicios.
- ▶ Requiere de inversiones iniciales, sobre todo en material, que en algunos casos pueden ser muy elevadas.
- ▶ Requieren de un mantenimiento preventivo y correctivo-paliativo.
- ▶ La automatización de los puestos de trabajo requiere que las instituciones establezcan un plan global de reconversión de los parados por medio de cursos de formación.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

Breve historia de la robótica

Los primeros intentos de imitar los movimientos de las personas o a los propios seres humanos por medio de máquinas se dieron en la Antigua Grecia. Herón de Alejandría fue uno de sus precursores en torno al 85 a.c., y cabe destacar que, a esos primeros artilugios, los llamaban autómatas.

El concepto de la palabra robot procede de un escritor de origen checo que se llamaba Karel Čapek. En 1920 realizó la obra teatral en su obra RUR (Rossum's Universal Robots). La representación se centraba en una empresa que fabricaba humanos artificiales con los que intentaba reducir la carga de trabajo de los trabajadores. Esos humanos artificiales fueron identificados por primera vez por el nombre de robots. La etimología de robot procede de *Robbota*, que en el idioma checo viene a querer decir “trabajo forzado o servidumbre”. Este término fue utilizado más tarde por el famoso maestro y escritor Isaac Asimov en su trabajo; denominó robótica como la ciencia que estudia a los robots y sus características.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

Veamos un recorrido histórico en la siguiente tabla:

Evento	Año	Descripción
Primeros autómatas (Herón de Alejandría)	Siglo III a.C.	Surge en Alejandría una escuela de científicos que crearon sofisticadas máquinas, incluidos autómatas que imitaban los movimientos de seres vivos. Herón fue el más célebre de estos inventores.
Robot de Da Vinci	1495	En 1950 se encontró un diseño de robot en las notas de Da Vinci. No sabemos si Leonardo alguna vez intentó construir este robot, pero de acuerdo con el diseño, el robot parecía realizar movimientos humanos de una manera anatómicamente perfecta.
Torres Quevedo	1912	El genio español Leonardo Torres Quevedo (llegó a diseñar el funicular del Niágara) creó una máquina autónoma capaz de jugar al ajedrez.
R.U.R.	1921	Universal Robots de Rossum es una obra de teatro escrita por Karel Capek. La obra trata sobre una empresa que construye robots para ayudar a los humanos con sus tareas.
Leyes de la robótica	1942	Estas son las tres leyes mencionadas por Isaac Asimov en muchos de sus libros e historias: <ul style="list-style-type: none">- Un robot no puede herir a un ser humano o permitir que un ser humano llegue a dañar.- Un robot debe obedecer las órdenes dadas por un humano a menos que las órdenes entren en conflicto con las otras leyes.- Un robot debe proteger su propia existencia, excepto cuando entre en conflicto con las leyes anteriores.
Tortuga de Walter	1953	La tortuga de Walter era un dispositivo analógico que comprendía dos sensores, dos actuadores y dos "neuronas". Este robot tenía los siguientes comportamientos: <ul style="list-style-type: none">- Buscaba una fuente de luz.- Se acercó a una fuente de luz débil.- Se alejó de cualquier luz brillante.- Empujó obstáculos en su camino y giró alrededor.
Unimate	1956	Fue el primer robot industrial. Su tarea era transportar piezas fundidas a presión desde una línea de montaje y soldar estas piezas en carrocerías de automóviles.
Shakey	1969	Shakey fue el primer robot móvil de propósito general en poder razonar sobre sus propias acciones. También fue el primer robot que combinó la visión por computadora (Computer visión) y el procesamiento del lenguaje natural (PLN).
Robot soviético en Marte	1971	This was a Soviet robot that was sent to explore Mars.
Robot americano en Marte	1977	This was an American robot that was sent to explore Mars.
<i>The Complete Robot</i> de Isaac Asimov	1982	<i>The Complete Robot</i> fue una de las publicaciones más importantes de Asimov. Recopila algunas de sus historias escritas entre 1940 y 1976.
Robots con características humanas	Ahora	Hoy en día se están desarrollando muchos robots humanoides también llamados androides. Los robots realizan tareas cada vez más complejas, lo que también tiene el potencial de mejorar el resultado humano.

Tabla 1. Algunos de los principales hitos históricos en la robótica. Fuente: elaboración propia.

Clasificación y aplicaciones de la robótica

Contamos con autos autónomos, aviones y helicópteros autónomos en transporte. Tenemos robots que entregan paquetes en las calles de San Francisco y varias empresas que prueban la entrega de paquetes mediante drones aéreos en África, Suiza y otros lugares.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

Mira el mundo de la robótica que nos rodea. Tenemos vehículos autónomos que se están probando en varios países. Las características de seguridad que se presentaron por primera vez en la carrera de autos robóticos **DARPA Grand Challenge** (es una carrera de vehículos autónomos que deben llegar desde un punto de los Estados Unidos hasta otro sin intervención humana y disponiendo únicamente de un listado de puntos intermedios entre el principio del circuito y el final), y fueron desarrolladas para autos autónomos: el mantenimiento de carril, el control de cruce adaptativo, la asistencia al conductor y el estacionamiento automático ahora son características comunes incluso en automóviles de nivel básico.

Actualmente hay más de 60 empresas que desarrollan algún tipo de vehículo tripulado eléctrico **VTOL** (despegue y aterrizaje vertical), cada uno de los cuales utiliza automatización avanzada y autonomía como parte de su sistema de control. En el extremo occidental de Australia, **Rio Tinto Mining** ha desarrollado la “Mina del futuro” en Pilbara, donde 80 camiones autónomos se operan de forma remota desde Perth, a 1.500 kilómetros de distancia.

Vamos a presentar una clasificación de las aplicaciones de la robótica en función del área o la ciencia a la que están dedicados, aunque revisándolos el alumno puede ver que muchas de ellos pueden ser trasladables a otras disciplinas.



Figura 2. Ámbitos de desarrollo actual de la robótica. Fuente: Revista de Robots, 2023.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

Es una cuestión de tiempo, el que muchas ideas se transformen en realidades de negocio y empresas sostenibles.

- ▶ Robots científicos / sanitarios.
- ▶ Robots industriales / agrícola.
- ▶ Robot de servicios.
- ▶ Robots militares (y otros).
- ▶ Robots educativos.

Robots científico-sanitarios

Podemos, a su vez, ver diferentes áreas de amplia aplicación:

- ▶ **Ciencia:** Es uno de los campos más desarrollados en robótica y sus aplicaciones no sólo buscan la investigación (alineado con la medicina y otras disciplinas de inmediata aplicación en el hombre) sino el descubrimiento de nuevas posibilidades de acceso a entornos difíciles para el ser humano.

Entre estos últimos, la profundidad de los océanos, los volcanes, las altas cumbres, selvas y otros puntos de nuestro mundo son lugares privilegiados para la experimentación con robots. Uno de los casos más interesantes fue el uso que buceadores de la Marina francesa hicieron de los **ROV** (vehículos operados a distancia) que participaron en la operación Moon, que se desarrollaba a 90 metros de profundidad, para explorar el naufragio del buque insignia de Luis XIV que da nombre a la operación.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados



Figura 3. Operación Moon de la marina francesa. Fuente: Archéologie, s.f.

- ▶ **Medicina:** Las aplicaciones de la robótica y la Inteligencia Artificial a la medicina ha provocado un punto de inflexión, al permitir desarrollar nuevos proyectos en campos de trabajo que prácticamente se encontraban estancados. Prueba de ello es que a diario surgen noticias de innovadores proyectos que han sido desarrollados mediante la robótica y la Inteligencia Artificial. Algunas de las áreas más beneficiadas son las exploraciones internas, ofreciendo diagnósticos más exactos y permitiendo cirugías menos agresivas que facilitan recuperaciones más rápidas a los pacientes.
- **Cirugía robótica en la medicina:** Uno de los robots que está mejorando ostensiblemente las intervenciones quirúrgicas, que antes eran más invasivas con la consecuente problemática que llevaba aparejada, es el sistema Da Vinci actualmente en uso en España. Además reduce considerablemente el tiempo de recuperación del paciente.
- **Prótesis biónicas:** Es en las prótesis de miembros amputados donde la robótica está creando soluciones ampliamente demandadas por la sociedad. Entre las muchas soluciones que está ofreciendo la industria es interesante destacar LUKE, un brazo robótico de última generación con hasta 10 articulaciones motorizadas que te permite tener tacto en los dedos. Ahora mismo es la única prótesis disponible comercialmente con un hombro eléctrico, lo que permite que una persona amputada al nivel del hombro alcance por encima de la cabeza. Trabaja con sensorica de

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

presión, enviando impulsos al cerebro con los que identificar si un objeto es blando, su peso y calcula la presión que debes ejercer sobre él.

- **Exoesquelética:** Muy significativos son los proyectos basados en la robótica aplicada a pacientes con lesiones medulares y su correspondiente rehabilitación. Para ello trabajan con los denominados exoesqueletos, los cuales permiten que cuerpos que habían quedado paralizados, recuperen con su ayuda parte de la movilidad perdida.
- **Nanorrobótica:** Destacan en este segmento, los llamados **nanobots** o **nanorobots**, son los robots de dimensiones nanométricas que en la actualidad principalmente tienen un uso en la medicina e investigación científica para aumentar las capacidades invasivas dentro de cuerpos vivos y preservar el planeta. Pero también se están usando en otros proyectos para purificar el agua y eliminar un alto porcentaje de las bacterias que hay en ella, o para detectar fallos en las grandes máquinas que usan las fábricas.
- **Espacio:** La robótica espacial está centrada en robots exploradores enviados en misiones espaciales y que principalmente tienen como objetivo realizar labores científicas y de reconocimiento. Son robots que tienen una adaptación muy específica a las condiciones ambientales y del entorno en donde se tienen que desenvolver. El enorme interés estratégico en la Luna y Marte está haciendo que China, además de EEUU y Rusia, lancen a la industria robótica espacial a un proceso frenético de expansión. Un informe publicado por la Economía Espacial Global dice que en 2018 se invirtió 2.88 billones de dólares, mientras que se estima que para el 2023 la inversión en robótica espacial sea de 4.36 millones de dólares. Además de poder realizar funciones en donde el humano no puede trabajar, también nos sustituirá en situaciones extremas o de riesgo. Su función principal es la de recoger y analizar pruebas, siendo esos datos enviados a los centros de investigación que se encuentran en la Tierra. En Marte se lleva trabajando con robots desde hace más de dos décadas. En 1997 se envió a Marte al robot Sojourner, que pertenecía a la misión Pathfinder. Posteriormente se enviaron otros

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

dispositivos robotizados, entre los que destacan Spirit y Opportunity. Este último llegó a estar activo en el planeta rojo durante 15 años. Durante ese periodo de tiempo recorrió más de 45 kms y logró encontrar pruebas de que en el pasado hubo agua en Marte. En la actualidad en Marte se encuentra en funcionamiento el rover espacial Curiosity, el cual se encuentra en activo gracias a un pequeño reactor nuclear que lleva incorporado. En 2020 la NASA enviará al planeta rojo la misión MARS 2020 realizando labores de investigación y de reconocimiento que dentro de misiones científicas en las condiciones extremas del espacio.



Figura 4. Robot quirúrgico Da Vinci. Fuente: HM Sanchinarro, s.f.



Figura 6. Robot quirúrgico Da Vinci. Fuente: Mobius Bionics, s.f.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

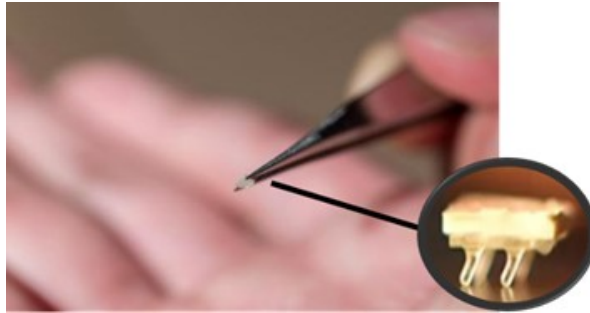


Figura 7. Micro-bristle-robot de la Escuela de Ingeniería Eléctrica e Informática del Instituto de Tecnología de Georgia.



Figura 8. Rover Curiosity en la superficie de Marte. Fuente: Jet Propulsion Laboratory, s.f.

Robots industriales / agrícolas

Son los robots destinados a trabajar en las líneas de montaje de las fábricas. Suelen ser brazos articulados o poli-articulados que llegan a tener hasta 6 ejes.

- **Industrial:** Aquel que ha sido fabricado para trabajar en el sector industrial. Principalmente conocemos aquellos que “trabajan” en líneas y cadenas de montaje de producción en masa. No obstante existen muchos más modelos con sus particularidades especiales. Los robots industriales pueden ser colaborativos, además de móviles y totalmente autónomos o fijos. El mundo ha reconocido a George Charles Davol como el creador del primer robot industrial. Fue el fundador de

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

Unimation junto con Joseph F. Engelberger, una empresa de robótica innovadora que en 1948 investigaron y desarrollaron la primera máquina programable de la historia. Destacaba por ser muy sencilla en su uso y por su capacidad para adaptarla a diferentes trabajos. Ese robot sirvió para empezar a crear nuevos robots con fines industriales. Podemos diferenciar a estos robots por la **tecnología que integran** (Inteligencia Artificial, Visión Artificial, etc....), por la **forma que tiene** (si es un robot humanoide o un brazo robótico) y por **su capacidad de trabajo**, ya sea un robot industrial fijo y pesado, o un robot colaborativo (cobot).

De esta última clasificación es importante saber que:

- ▶ Los **robots fijos (no colaborativos)** suelen ser de grandes dimensiones que destacan por su capacidad para coger objetos pesados y por su robustez. Realizan trabajos de larga duración en una línea de montaje y habitualmente los vemos en las cadenas de montaje del sector de la automoción.



Figura 9. Robot de soldadura Kuka. Fuente: Revista de Robots, 2024.

- ▶ Los **cobots** son robots que se pueden integrar en un puesto de trabajo con humanos. Disponen de sensores que controlan todo su entorno, así como sensores para evitar atrapamientos en las pinzas, garras y *gripper* de los brazos robóticos. Pequeños y fáciles de programar, han abierto un campo enorme incluso en Pymes.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados



Figura 10. Robot colaborativo o cobot. Fuente: Interempresas, s.f.



Figura 11. Robots móviles autónomos. Fuente: Omron, s.f.

- **Agrícola y ganadero:** Podríamos definir como robótica agrícola al conjunto de dispositivos robotizados que se diseñan orientados a automatizar puestos de trabajo en el sector de la agricultura y ganadería. El sector agrario está evolucionando a marchas forzadas en su introducción de las TIC y por medio de la IA, IoT y la robótica, está creando soluciones 4.0 para hacer más eficiente su modelo productivo a la vez que lograr que sea más sostenible. Los robots tuvieron una gran implantación en el desarrollo de los invernaderos y la aplicación de brazos industriales que permitían realizar tareas de cuidado y tratamiento de los cultivos en estos entornos. Por ejemplo los que permitían suministrar antiplagas mediante el análisis visual de las plantas (Fitorobot fue un robot autónomo español precursor de los actuales robots de invernadero).

Entre sus múltiples aplicaciones podemos encontrar la de control de cultivos desde tierra, como Vinerobot y Vinbot en España para las viñas. El primero consiste en un robot autónomo que gracias a la Visión Artificial es capaz de controlar el estado de las viñas, además de seleccionar las uvas que se encuentran en perfecto estado.

Además de terrestre, con la llegada de los drones, la robótica aérea en el sector

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

agrícola está permitiendo controlar de forma precisa muchos de los parámetros necesarios para mantener una plantación con el riego correcto, la ausencia de plagas, la actuación de personal en el punto exacto e incluso el conocimiento del momento preciso de recolección por zonas.

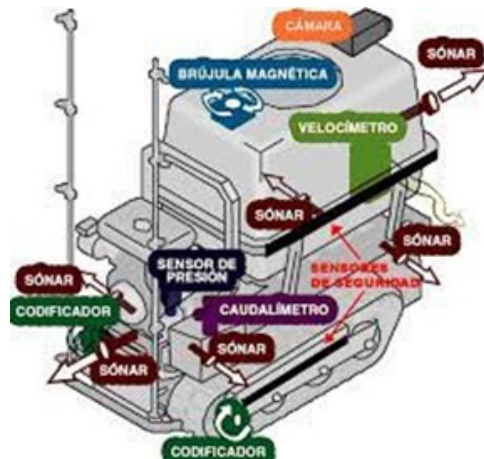


Figura 12. Robot móvil de invernadero con sistema de visión de apoyo a la navegación.



Figura 13. Drones robot para la Smart agricultura. Fuente: La Razón, 2020.

Robots de servicios

Los robots sociales son de gran utilidad para combatir la soledad de las personas, ofreciendo una compañía durante las veinticuatro horas del día.

Por definición, los robots de servicios profesionales pertenecen a una rama o

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

categoría diseñada por la ingeniería robótica que se usan para facilitar al ser humano las tareas cotidianas, ya sea en su hogar o en un entorno laboral. Su objetivo es desempeñar de forma autónoma o teleoperada numerosas labores, ya sean pesadas, repetitivas, en entornos sucios, peligrosos o de esfuerzo que puedan evitar lesiones y enfermedades. Se caracterizan por ser robots colaborativos, por lo que están perfectamente diseñados para desenvolverse de forma autónoma en el interior de una vivienda o de un edificio.

La Federación Internacional de Robótica (IFR) define los robots de servicios como “un robot o equipamiento que realiza tareas útiles para personas o equipos, excluyendo aplicaciones de automatización Industrial”.

Se pueden encontrar desde robots humanoides, hasta zoomorfos pasando por la amplia variedad de robots de cocina, limpieza y mayordomos que actualmente llegan a nuestros hogares.

Los robots sociales más sofisticados buscan el hiperrealismo e intentan reproducir fielmente las expresiones de la cara, nuestros gestos y la piel. Es el caso de **Frubber**, el material patentado por Hanson Robotics y que está creado mediante el uso de nanotecnología. Con él cubren el rostro de la mujer robot **Sophia** (ver cómo escribe en https://youtu.be/MVJJweJCu_s), de tal modo que reproduce la piel de un humano con gran similitud.

Además de Sophia, entre los robots más inteligentes que existen debemos de destacar por su capacidad de interacción y por sus características al robot humanoide *Ibuki*, al androide *Thespian* o al robot *Atlas* de Boston Dynamics.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados



Figura 14. Sophia, androide de Hanson robotics. Fuente: Hanson Robotics, s.f.

- **Mensajería y logística:** Son robots móviles terrestres destinados a la mensajería y la logística repartiendo entregas de paquetes, e incluso comida, a empresas y casas de clientes. Es ya muy habitual ver a empresas como Kiiwibot que transportan con sus robots comida a los universitarios en el estado de California. Estos robots quieren ser parte de la solución con la que dar una respuesta útil a la masificación de pedidos online que han surgido a través del éxito de Amazon y Alibaba.



Figura 15. Robot Kiiwibot completamente autónomo. Fuente: Revista de Robots, 2021.

- **Hostelería / Hogar:** Este conjunto de robots tan heterogéneo se caracteriza porque su principal finalidad es la de hacernos la vida más cómoda, principalmente en la restauración y el hogar. El avance que se ha producido en las redes neuronales de

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

la Inteligencia Artificial nos ofrece la posibilidad de poder conversar tranquilamente con los robots en cualquier lugar, lo que ha creado hasta robots mayordomo que facilitan la asignación de determinadas tareas de ayuda, como es el caso del robot Carl, que se encarga de las funciones automatizadas y de vigilarla mientras los dueños se encuentran ausentes de la vivienda.

Es interesante ver cómo empresas de robótica, crean productos para varios sectores. Rodney Brooks es ampliamente reconocido como uno de los especialistas en robótica más importantes del mundo. Rodney cofundó iRobot Corporation, un líder de la industria tanto en robótica de consumo (principalmente la aspiradora **Roomba**) como en robots militares, como los utilizados para desactivar bombas en la guerra de Irak (iRobot se deshizo de su división de robótica militar en 2016).



Figura 16. Robot mayordomo. Fuente: Revista de Robots, 2023.



Figura 17. Robot aspirador Roomba. Fuente: iRobot, s.f.

- **Social y compañía:** Otra de las aplicaciones de los robots surgen de su capacidad para comunicarse e interactuar con personas de avanzada edad o con problemas físicos. A este colectivo de personas les ayuda a recordar cuando deben tomar la medicación, les acercan la comida y bebida, o los acompañan a la hora de realizar

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

ejercicios físicos o de memoria. Los robots sociales están expresamente indicados para ayudar el desarrollo y la movilidad de personas dependientes, así como a los que tienen dificultades especiales. No obstante la funcionalidad de estos robots es muy variada, por lo que también están preparados para desenvolverse en entornos laborales, así como para realizar tareas de esfuerzo o de complejidad.

Uno de los ejemplos más interesantes en 2020 es la aparición del Loro, un robot que fue creado para ser utilizado en las sillas de ruedas o camas para personas con discapacidad. Sistema de bajo coste y creado por la empresa Loro co. fundada en 2017 por un equipo diverso de ingenieros, diseñadores y empresarios, de Harvard y el MIT. Se integra con el teléfono inteligente para que los usuarios puedan conectarse con sus hogares y controlar dispositivos por signos de los ojos, entiende gestos de las personas con discapacidad que no pueden hablar y puede predecir lo que pudieran necesitar, mediante sus expresiones, miradas o hacia dónde se dirigen. Además, a través de una aplicación incorporada, incluye varias frases modelos para que el usuario pueda escogerlas y así el loro robot pueda comunicarlás a través de la voz a otras personas (o puede ser de voz a texto también) Según el fabricante, esta función permitirá una mayor conexión social y más herramientas para el empleo.



Figura 18. Loro, el robot asistente para personas con discapacidad. Fuente: Digital Trends, 2020.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

Robots militares (y de exploración en zonas de conflicto o desastre)

Podemos hablar de 2 grandes aplicaciones que no siempre están separadas:

- **Militares:** Como nos indica la Wikipedia, Los robots militares son robots autónomos o robots móviles de control remoto diseñados para aplicaciones militares, desde el transporte hasta la búsqueda y rescate como para las acciones de ataque o defensa. Un terreno que lleva la robótica a los límites de la ética, por lo que en la Convención de Ginebra se introdujo la prohibición expresa de que las armas militares sean totalmente autónomas: requieren aportes humanos en ciertos puntos de intervención para asegurarse de que los objetivos no están dentro de áreas de disparo restringido.

Ya en la Segunda Guerra Mundial apareció el vehículo alemán de demolición teledirigido **Goliath**. Podemos encontrar en este campo, desde aviones no tripulados como los modelos **Predator**, sistemas de disparo predecibles, sistemas de armamento defensivo, los robots de vigilancia fronteriza (el **Samsung SGR-A14** de Corea del Sur), así como numerosos vehículos terrestres no tripulados para desactivación de explosivos, asalto, reconocimiento de terreno y misiones para romper líneas. La mayor desventaja de la robótica militar es su incapacidad para acomodarse a condiciones no estándar, objetivo actual del desarrollo del aprendizaje automático en esta área.

- **Exploradores:** Los robots exploradores son los dispositivos robotizados que han sido creados con el fin de reconocer y explorar un lugar o terreno siendo capaces de moverse de forma autónoma o controlados por personas a control remoto. Su objetivo es evitar poner en riesgo la vida de los humanos, ya sea debido a que el lugar es inaccesible o porque se encuentra en una zona con minas, contaminada o en riesgo. Permiten labores de rescate, desactivación de explosivos, entre otros.

Un ejemplo interesante por su aplicación es el robot móvil **Afghan eXplorer** es semiautónomo desarrollado por el Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

(Cambridge, Massachusetts), puede realizar acciones propias de reporteros en lugares peligrosos o de difícil acceso.



Figura 19. Robot reportero de conflictos Afghan eXplorer. Fuente: Carfra, 2024.

Robots educativos

La robótica educativa es un método multidisciplinario de aprendizaje con carácter pedagógico con la que los estudiantes diseñan y construyen robots. Se suele utilizar una metodología STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

El objetivo de esta disciplina didáctica es introducir a los menores en la tecnología a la vez que potencian sus habilidades y desarrollan conceptos. Mientras montan y aprender a programar los robots, fortalecen áreas específicas del conocimiento, como puede ser la creatividad, fomentar el trabajo en equipo, el liderazgo, la resolución de problemas, el espíritu competitivo y emprendedor.

Están destinados a niños y adolescentes para que empiecen a familiarizarse tanto con robots como con lenguajes de programación como **Arduino y Scratch**.

Se suele trabajar con kits de montaje con numerosas posibilidades entre los que se encuentran las marcas Lego Robotixs, Fischer Price, Clementoni, Parallax, DJI, MakeBlock y Fischertechnik. Además, disponen de soluciones dentro de diferentes rangos de edades para educación infantil (el famoso Bee-Bot), educación junior (la serie Lego Wedo entre otras) y juvenil (serie Lego Mindstorms).

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados



Figura 20. Lenguaje de programación Scratch. Fuente: Blog de Tecnología, 2017.

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

4.3. Modelado y control de robots en IA

Mover y tocar es algo natural para nosotros los humanos, pero son tareas muy complejas para las computadoras. Tenemos que saber que para las matemáticas el movimiento es muy complejo, y es un elemento clave en la robótica.

Hemos visto que un **robot** es un dispositivo electromecánico programado dotado de movimiento autónomo, y diseñado para sustituir al ser humano en determinadas funciones. Es capaz de llevar a cabo tareas por sí solo interactuando con su entorno. Los robots constan de 2 partes diferenciadas:

- ▶ **Sistema mecánico:** está constituido por una estructura de piezas rígidas, que se unen entre sí mediante articulaciones. Esta estructura se mueve gracias a los **actuadores**, que pueden ser neumáticos, hidráulicos o eléctricos.
- ▶ **Sistema de control:** está formado por los sistemas electrónicos complejos que controlan las acciones del robot, incluido un ordenador, a través del cual se introduce el programa, que describe las acciones que debe realizar cada elemento y que se almacena en la memoria.

Disponen de **sensores** (proximidad, temperatura, presión, posición, iluminación, sonido, microinterruptores, velocidad, magnéticos...) que les informan de las condiciones del entorno para adaptar su funcionamiento a dichas condiciones.

El proceso de programación de un robot consiste en introducir en su sistema de control las instrucciones necesarias para que desempeñe las tareas para las que ha sido diseñado.

La robótica se basa en la **teoría de control**, donde crea un bucle de retroalimentación y controla el movimiento de su objeto en función de la retroalimentación recopilada. Curiosamente, la teoría del control tiene aplicaciones en otros campos que no tienen absolutamente nada que ver con objetos en