

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

UNA VISIÓN DESDE LA INGENIERÍA

Arístides Bryan Domínguez D.

Miembro de las Academias Nacionales de Ingeniería y Geografía
Presidente de la Sección Historia de la Comisión de Enseñanza e Historia
del Centro Argentino de Ingenieros

Buenos Aires
República Argentina
2021

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
LA MEMORIA HUMANA	3
LA REALIMENTACIÓN Y EL APRENDIZAJE	8
El comportamiento	8
La subjetividad	8
Charles Darwin y la máquina de Ashby	9
LA LÓGICA Y EL LENGUAJE	10
LAS DECISIONES Y LA CONDUCTA	11
LO ARTIFICIAL, LA CONCIENCIA Y LA ÉTICA	11
EL SER VIVO Y EL “ <i>SER</i> ” ARTIFICIAL	12
EL USO AMIGABLE DE LO ARTIFICIAL	13
LOS SISTEMAS CIBERNÉTICOS	14
Las acciones	14
La ética	14
Los peligros	15
Los límites	15
LOS ROBOTS	15
Definiciones	15
Tipos de robots	16
Los robots empleados en la industria	16
Los robots espaciales	17
Robots para cirugía	17
Los robots “inteligentes”	18
La robot Sophia	18
LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA	19
De las computadoras convencionales a las cuánticas	19

INTROUCCI3N

En el a1o 1956, John McCarthy, Marvin Minsky y Claude Shannon acu1aron el t3rmino “inteligencia artificial” durante la conferencia en el Dartmouth College (1) para referirse a “la ciencia e ingenio de hacer *m1quinas inteligentes*”. En 1950 el matem1tico brit1nico Alan Mathison Turing, concibi3 la denominada **prueba de Turing**, un criterio seg1n el cual puede juzgarse la “inteligencia” de una m1quina si sus respuestas en la prueba son indistinguibles de las de un ser humano.



John McCarthy



Marvin Minsky



Claude Shannon



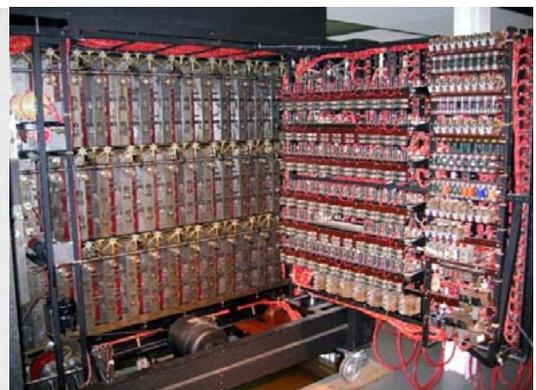
DARTMOUTH COLLEGE

Universidad privada ubicada en Hanover, Nuevo Hampshire, Estados Unidos. Pertenece a la Ivy League y es una de las ocho universidades norteamericanas fundadas por los brit1nicos antes de la Revoluci3n Norteamericana (19 de abril de 1775 - 3 de septiembre de 1783).

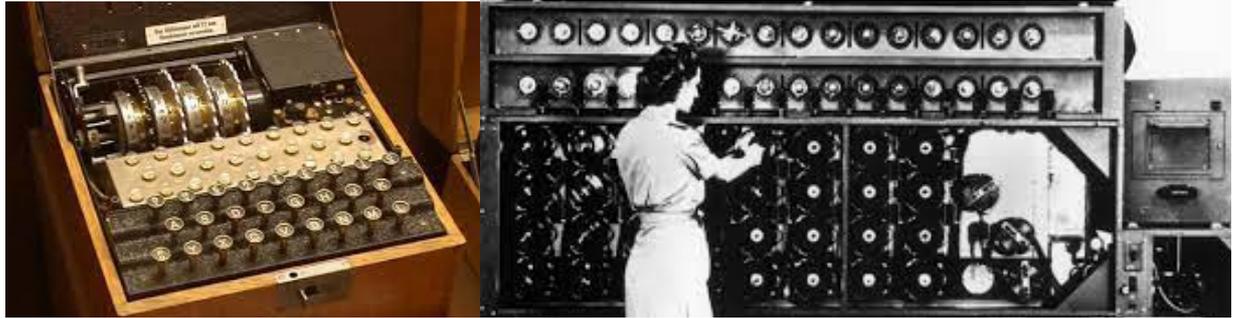
(1) El matem1tico brit1nico Alan Turing escribi3 dos art1culos, que han sido ampliamente citados: **Intelligent Machinery** (1948) y **Computing Machinery and Intelligence** (1950). En el primero establece las bases del **conexionismo** y del **aprendizaje artificial** por medio del entrenamiento. Esta l3nea ha fructificado actualmente en lo que se conoce como **redes neuronales**. El segundo es de car1cter m1s filos3fico y se plantea la pregunta **¿es posible emular la inteligencia en una m1quina?** Aqu3 es donde propone el conocido como **Test de Turing**, en el que una m1quina intenta confundir a un observador, que solo puede leer sus respuestas, haci3ndole creer que es un humano.



ALAN MATHISON TURING
1912- 1954
Matem1tico, l3gico y cript3grafo brit1nico



M1QUINA DECODIFICADORA “CRISTOPHER”
Con esta m1quina, en la II Guerra Mundial, Turing logr3 decodificar la m1quina alemana “ENIGMA”



MÁQUINA "ENIGMA"

Fue patentada en 1918 por la empresa alemana Scherbius & Ritter, cofundada por Arthur Scherbius, quien había comprado la patente de un inventor neerlandés, y se puso a la venta en 1923 para un uso comercial. En 1926, la Armada alemana la adoptó para uso militar y poco después su uso se extendió a las demás fuerzas armadas alemanas, siendo su uso extendido antes de y durante la Segunda Guerra Mundial.

Sabemos que los problemas que más frecuentemente se dan a resolver a una computadora electrónica son expresados en la forma de un conjunto de operaciones, escritas en un lenguaje adecuado y encadenadas mediante una cierta lógica. ¿Es esta es una limitación de principio o puede hacerse que estas máquinas actúen con una cierta intuición? Sabemos que hay computadoras capaces de jugar al **ajedrez** (2) o al **Go** (3), y una máquina capaz de competir exitosamente con hombres expertos en este juego no puede estar organizada en forma puramente algorítmica. Debe entrar en juego una cierta intuición materializada en un funcionamiento **heurístico**. Esto significa que debe tener una cierta capacidad para realizar generalizaciones sin llegar a analizar la totalidad de las alternativas posibles frente a una determinada situación del tablero.

Cabe ahora preguntar si estas máquinas poseen **inteligencia**. Para poder responder esta pregunta es necesario tener en cuenta que *no se puede hablar de la inteligencia como si ella fuese una capacidad presente o ausente, ya que en realidad es una facultad que se presenta con diferentes grados*.

Si se acepta que la inteligencia está estrechamente relacionada con el **aprendizaje** (4), es razonable pensar que ninguna máquina de funcionamiento totalmente algorítmico pueda tenerla en un grado muy significativo. Puede extenderse esta conclusión a las máquinas que realizan cierto tipo de **reconocimiento de configuración** (5) que no implica necesariamente un proceso de aprendizaje. Esto ocurre por ejemplo con las máquinas capaces de reconocer los caracteres del alfabeto y otros símbolos numéricos y no numéricos (lectoras ópticas).

Un sistema capaz de aprender tiene que tener la **capacidad de autoorganización** para poder adaptarse de la mejor manera posible a una nueva situación.

Entre las primeras máquinas capaces de realizar un aprendizaje, figura en la historia de la ciencia el modelo hidráulico descrito en el año 1913 por H. R. Russel. En el año 1950 el célebre psiquiatra inglés Gray Walter publicó una serie de trabajos sobre este tema y construyó los primeros **animales cibernéticos**. Alrededor de ese mismo año, C. E. Shannon, conocido por sus trabajos sobre la teoría de la información, fabricó una rata eléctrica capaz de orientarse rápidamente en un laberinto después de haberlo explorado al azar por primera vez. El interés suscitado por estas experiencias provocó una floración de investigaciones y el consiguiente desarrollo de una clase de máquinas capaces de aprender conocidas con el nombre genérico de **perceptrones**. Estas máquinas fueron concebidas tomando como modelo los mecanismos de reconocimiento de configuración del hombre. La red de células sensitivas es análoga a la retina, la célula de asociación es análoga a los ganglios nerviosos y el órgano de decisión se parece a un trozo del cortex cerebral. No obstante los **perceptrones** son aún modelos muy simplificados en comparación con el hombre. Aún están lejos de tener la enorme complejidad del sistema

nervioso humano, el tamaño tan pequeño de sus elementos componentes y la capacidad de su mecanismo de reconocimiento de configuración y aprendizaje.

(1) **Dartmouth College:** Es una universidad privada ubicada en Hanover, Nuevo Hampshire, Estados Unidos. Pertenece a la Ivy League y es una de las ocho universidades norteamericanas fundadas por los británicos antes de la Revolución Norteamericana.

(2) **Ajedrez:** En el año 1997, **IBM** demostró que un sistema informático era capaz de vencer a un humano (el campeón del mundo Gari Kaspárov) en una partida de **ajedrez**. El sistema se llamaba **Deep Blue** y sirvió de base para que la industria tecnológica y la sociedad en general cobrara conciencia de la relevancia y las posibilidades de las IA.

(3) **Go:** **Google** logró conquistar este antiguo y complejo juego oriental, del que se dice que su tablero (de 19x19 cuadrados) permite más posiciones durante una partida que los átomos existentes en el universo.

(4) La inteligencia artificial está tratando de descubrir la esencia de la **cognición humana** para acelerar la resolución de problemas complejos. La IA se ha desarrollado en base a la interacción de varias disciplinas, como son la **informática**, la **teoría de la información**, la **cibernética**, la **lingüística** y la **neurofisiología**. Entre las diferentes técnicas de IA relacionadas con el aprendizaje destacan: el **aprendizaje automático** (*machine learning*), el **reconocimiento de patrones** (*pattern recognition*) (5) y el **aprendizaje profundo** (*deep learning*).

(5) **Pattern recognition** (o reconocimiento de configuración): Es una forma restringida del **reconocimiento del medio**. Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) enunció dos cánones fundamentales relacionados con nuestro acto de reconocimiento del medio en el que vivimos:

1. **Existe un mundo real, exterior a nuestra conciencia, cuya existencia es independiente de nuestro acto de reconocimiento.**
2. **Este mundo exterior no es reconocible totalmente en forma directa.**

Esto requiere aclarar qué se entiende por **conocimiento directo**. Para la mayoría de nosotros, *todo conocimiento adquirido es clasificado como directo cuando no va acompañado de ninguna inferencia*. En forma amplia, el conocimiento directo estaría referido a nuestras *percepciones sensoriales*. Debe entenderse sin embargo que, *en el acto de reconocimiento a través de ellas, la inferencia nunca está ausente*.

El segundo enunciado de Planck implica que *la existencia de este mundo exterior a nuestra conciencia*, el cual es la causa de nuestras sensaciones, *no es revelada ante nosotros solamente por nuestras percepciones sensoriales*, pero debe agregarse además que *tampoco lo es mediante la introspección pura*.

(6) **Cognición** (del latín *cognoscere*, 'conocer'): Es la facultad de un ser vivo para procesar información a partir de la percepción, el conocimiento adquirido (experiencia) y características subjetivas que permiten valorar la información. Consiste en procesos tales como el aprendizaje, el razonamiento, la atención, la memoria, la resolución de problemas, la toma de decisiones, los sentimientos. El ser humano tiene la capacidad de conocer con todos los procesos mencionados. El concepto de proceso cognitivo se aplica también a entidades artificiales, así como conscientes o inconscientes. Por tanto, el concepto ha abordado su estudio desde diferentes perspectivas, incluyendo la neurología, la pedagogía, la psicología, el psicoanálisis u otras teorías de la mente, la sociología, la filosofía, las diversas disciplinas antropológicas (antropología cultural, antropología filosófica, antropología médica...) y las ciencias de la información (inteligencia artificial, gestión del conocimiento, aprendizaje automático). La cognición está íntimamente relacionada con conceptos abstractos tales como mente, percepción, razonamiento, inteligencia, aprendizaje y muchos otros que describen numerosas capacidades de los seres humanos y de otros animales (cognición animal). Según la teoría fuerte de la inteligencia artificial, también tendrían estas características algunas entidades no biológicas. En psicología e inteligencia artificial (IA), el concepto se refiere a las funciones, procesos y estados mentales de agentes inteligentes, con un enfoque particular en procesos tales como comprensión, inferencia, toma de decisiones, planificación y aprendizaje. La investigación en el campo aborda capacidades de los agentes/sistemas como la abstracción, la generalización, la concreción/especialización, y el meta-razonamiento, en lo que se involucra conceptos subjetivos tales como las creencias, conocimiento, los estados mentales, y las preferencias. Es posible crear experiencias utilizando el razonamiento propio (individual), para esto es preferible abstenerse a caer en un patrón rutinario, y cambiar hábitos constantemente, de esta manera la parte de cognición del cerebro será más amplia. El concepto de cognición es frecuentemente utilizado para significar el acto de conocer, o conocimiento, y puede ser definido, en un sentido cultural o social, como el desarrollo emergente de conocimiento dentro de un grupo, que culmina con la sinergia del pensamiento y la acción.

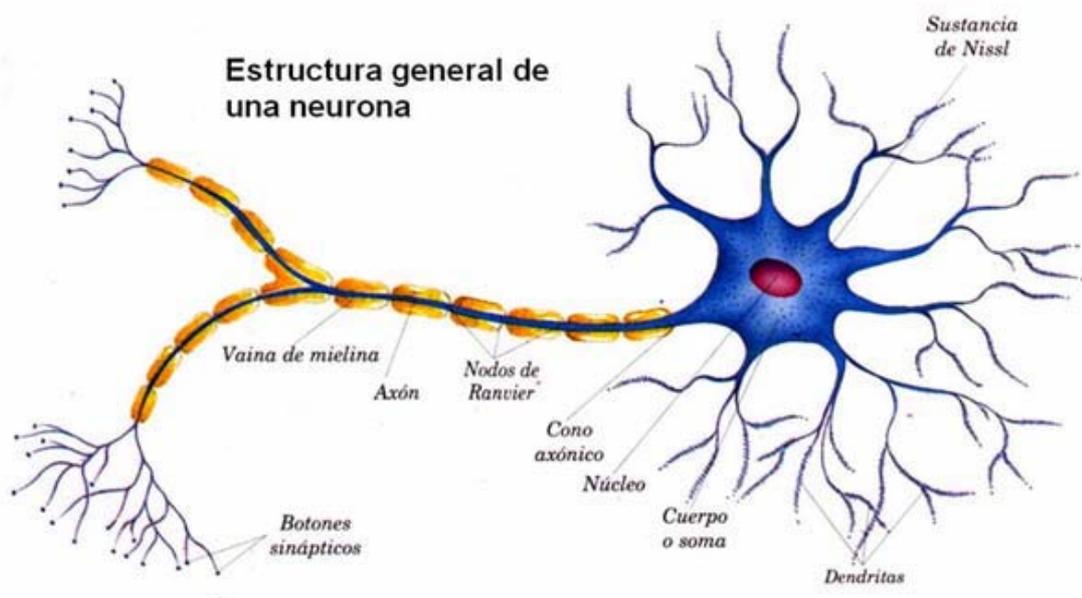
Las investigaciones realizadas con miras a desarrollar **sistemas autoorganizables** se han orientado en dos direcciones:

- la encaminada a desarrollar sistemas físicos dotados de mecanismos sensoriales y memorias organizadas en forma semejante a la del ser humano.
- la encaminada a implementar sobre las computadoras electrónicas actuales conjuntos de instrucciones que simulen los procesos de decisión del hombre.

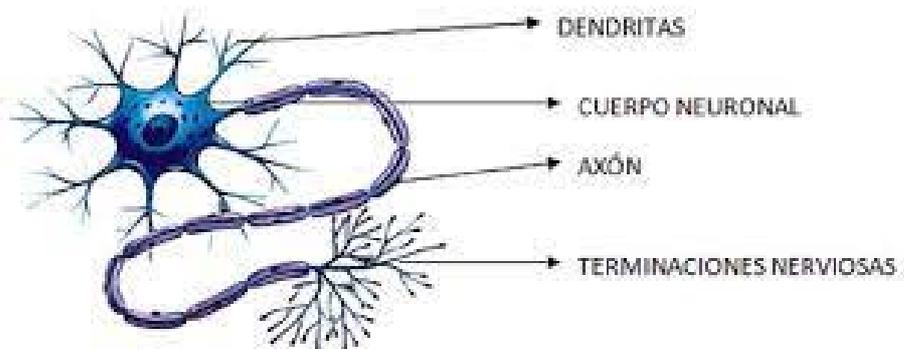
LA MEMORIA HUMANA

Todos los procesos mencionados precedentemente exigen la intervención constante de la memoria. Las investigaciones realizadas tienden a confirmar que en el ser humano la memoria no está totalmente localizada en el cerebro, sino que también hay memoria diseminada en todo el organismo. Los primeros estudios cibernéticos realizados para simular el **funcionamiento de sistemas inteligentes** han partido de la hipótesis de que todo pasado se materializa en la memoria en la forma de un circuito particular de **neuronas** interconectadas eléctricamente. Las **neuronas**,

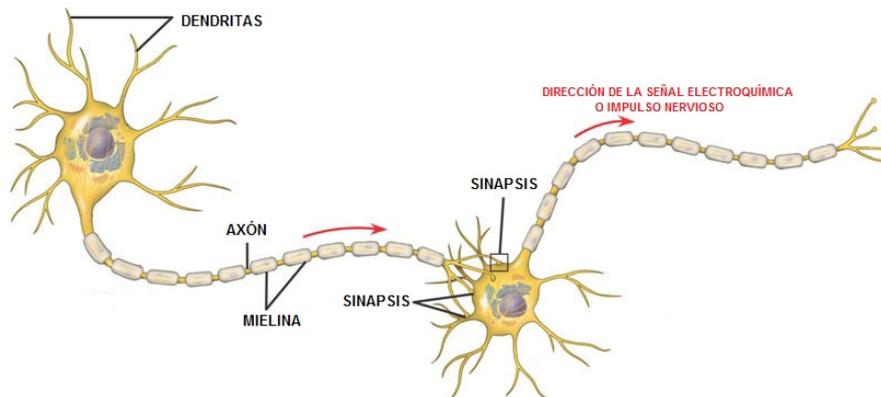
existentes en el cortex cerebral (corteza cerebral), son extraordinariamente numerosas; su número es del orden de diez mil millones. El número de elementos de unión entre ellas, las *sinapsis*, es aproximadamente unas cien veces mayor, o sea un millón de millones. Resulta abrumador el intento de cifrar el número de circuitos diferentes que pueden definirse a partir de estos diez mil millones de neuronas interconectadas entre sí por un millón de millones de sinapsis. Esta hipótesis, aunque explica satisfactoriamente algunos procesos de almacenamiento a corto plazo, no ha sido totalmente aceptada en virtud de haberse comprobado que los circuitos así formados se borran al cabo de algunos minutos, quedando sin explicación de ese modo el carácter esencial de perdurabilidad que caracteriza a la memoria. Existen algunas variantes de esta hipótesis, pero en general todas ellas son susceptibles de algún tipo de objeción en razón de que contradicen resultados de experiencias (realizadas principalmente con animales). En la actualidad, a pesar de que aún no se conoce con exactitud la forma en que la información se almacena en la memoria del ser humano, la explicación más aceptada es la que ha aportado la genética. Existe sin duda en el hombre una **memoria genética** que es la que retiene la información necesaria para la definición precisa de todos los detalles que hacen de un ser humano **un individuo de características bien definidas y único en su género**.



NEURONA



Función de las dendritas



SINAPSIS

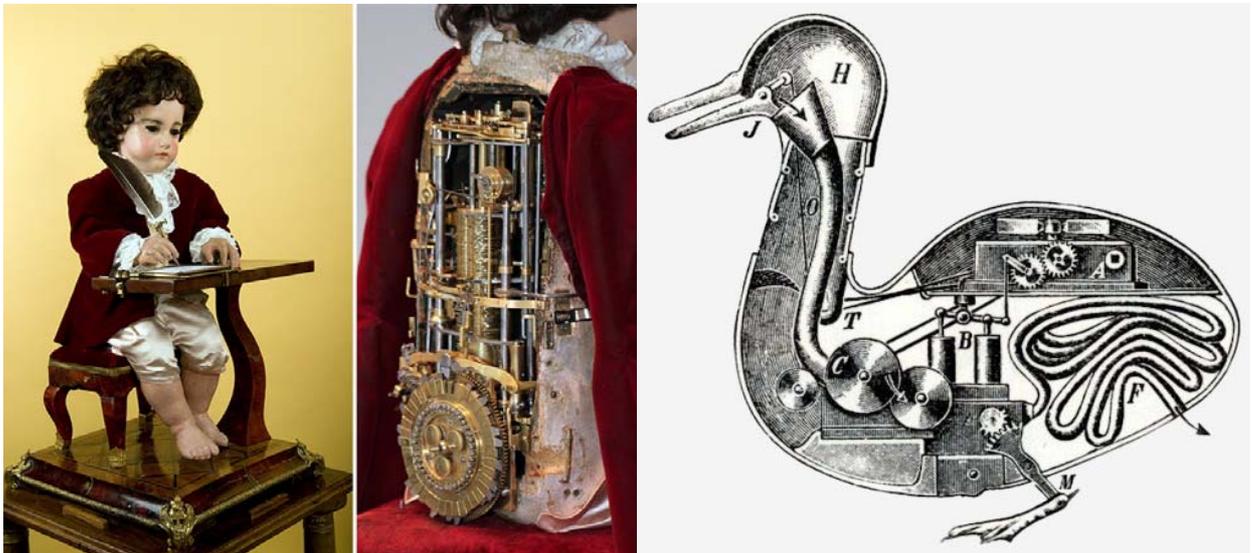
La identidad física de un individuo no parece consistir en la materia de que está compuesto. Nuestros tejidos cambian en el tiempo; el alimento que ingerimos y el aire que respiramos se convierten en carne y sangre; los componentes momentáneos de nuestro cuerpo escapan en forma de excreciones. Todo ello tiende a indicar que *no somos materia que permanece, sino organizaciones que perduran en el tiempo*.

Hoy se sabe que la información básica para esta definición está contenida en los núcleos de las células que constituyen el ser vivo, más precisamente en las moléculas de una sustancia conocida como **ácido desoxirribonucleico (ADN)**. La memoria genética existe entonces sobre la base de un compuesto químico.

Existen muchas experiencias en apoyo de la hipótesis de que la memoria corriente también se apoya sobre un soporte químico. Si ello se confirmara, el registro de toda nueva información quedaría materializado en la memoria por la formación (a nivel de las células) de compuestos químicos tales como las proteínas. Bajo tal perspectiva podría suponerse que debería ser posible para un organismo vivo aprender algo nuevo ingiriendo a otro que ya lo hubiese aprendido. A pesar de que se han encontrado interesantes indicios de este fenómeno en algunos animales situados en los escalones más bajos de la escala de los seres vivos, no ocurre lo mismo con el hombre. El alimento ingerido nunca pasa tal cual es a las células del organismo; las moléculas complejas se rompen durante el proceso de la digestión, siendo reducidas a componentes elementales a partir de los cuales las células reconstruyen las moléculas específicamente humanas.

Los estudios actuales tienden a confirmar la existencia en el hombre de dos tipos de memoria: **una memoria a corto plazo** y **otra a largo plazo**. Una medida de la primera consiste en el número de cifras o de sílabas que una persona puede repetir después de haberlas oído solamente una vez en sucesión que no lleve implícito orden alguno. Esta capacidad de memoria inmediata es muy débil, de siete a ocho sílabas, pero es notablemente constante de un individuo a otro. Ciertas informaciones seleccionadas pasan de esta memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo y es aquí donde se produce el proceso de asociación con la información almacenada anteriormente. La asociación creada durante este traslado permite posteriormente encontrar nuevamente la información buscada. Esta fase fundamental de traslado de una memoria a la otra es sumamente sensible a perturbaciones exteriores.

Durante siglos el estudio de la facultad de la memoria fue tema de especulaciones filosóficas. Sin embargo el desarrollo de **memorias artificiales** ha descendido en el tiempo del plano metafísico al de las realidades concretas y este proceso es cada vez más rápido. Las máquinas dotadas de memoria son muy antiguas. En el siglo XVIII los **autómatas** y las **cajas de música** poseían un tipo muy rudimentario de memoria basada en un sistema de levas. Esta memoria es tan rústica que no puede ser comparada con la memoria humana.



AUTÓMATAS MECÁNICOS



CAJAS DE MÚSICA



MECANISMO MUSICAL DE LA CAMPANA PRINCIPAL EN EL CAMPANARIO DE BELFORT
BRUJAS, BÉLGICA

La aparición de las computadoras ha cambiado radicalmente esta situación. La memoria de la computadora electrónica actual puede ser asimilada a un enorme fichero con un número muy grande de compartimientos. La información se guarda en ellos o se borra en millonésimos de segundo. Para encontrar una cierta información almacenada en el fichero no hay nada más simple que numerar los compartimientos, es decir asignar a cada uno de ellos un número de referencia. Esta característica permite establecer una diferencia fundamental entre la memoria de las computadoras electrónicas actuales y la memoria de los seres vivos:

- *en las computadoras electrónicas corrientes la memoria está localizada y funciona por referencia,*
- *en los seres vivos la memoria es difusa o está dispersa y funciona por asociación.*

La **memoria localizada**, con *funcionamiento por referencia*, característica de las computadoras electrónicas, es extremadamente eficiente en los procesos algorítmicos previamente definidos. Esto no significa que no sea posible simular otro tipo de procesos con ellas.

La **memoria difusa**, con *funcionamiento por asociación*, característica del ser humano, es apta para otra clase de procesos muy diferentes de los algorítmicos. En efecto, ella es capaz de establecer relaciones mucho más amplias con otras informaciones previamente almacenadas y generalizar las nociones que posee. *Esta capacidad está relacionada con el mecanismo de invención.*

Es indudable que los aspectos verdaderamente originales de la inteligencia tienen una base intuitiva.

LA REALIMENTACIÓN Y EL APRENDIZAJE

El comportamiento

El hombre ha llegado a reconocer que él también forma parte del Universo en el que se encuentra sumergido y que percibe por medio de su **sistema sensorial**. Su cerebro y su sistema nervioso coordinan la información que sus órganos receptores le proporcionan y esta información se combina con sus vivencias anteriores, acrecentando su experiencia e influyendo a su vez sobre sus acciones futuras.

El **comportamiento** del hombre se basa en un proceso de **realimentación** a distintos niveles. La realimentación simple compara la desviación entre el resultado obtenido en una acción y el deseado y corrige la acción para lograr una mayor aproximación. La forma más elevada del proceso de realimentación involucra el **aprendizaje**, que llega a modificar toda su regla de conducta.

Para entender esto es necesario establecer la interrelación entre los conceptos de **información, conocimiento, comunicación, lenguaje, mensaje, memoria, inteligencia, conciencia y aprendizaje**, que de alguna manera hay que individualizar.

La subjetividad

No existe aún una teoría que explique cómo con **información selectiva**, que es **subjetiva**, puede construirse **información estructural**, que es la que aparentemente configura el concepto de **conocimiento objetivo**, y cómo con ésta puede construirse **información semántica**, que es **intersubjetiva** (comunicación hombre-hombre, hombre- máquina, máquina-hombre, máquina-máquina).

Lo que sabemos transmitir con mayor precisión es la **información cuantitativa**, a través de la matemática, mirada esta última como un modo de expresión que guarda una estrecha relación con la lógica.

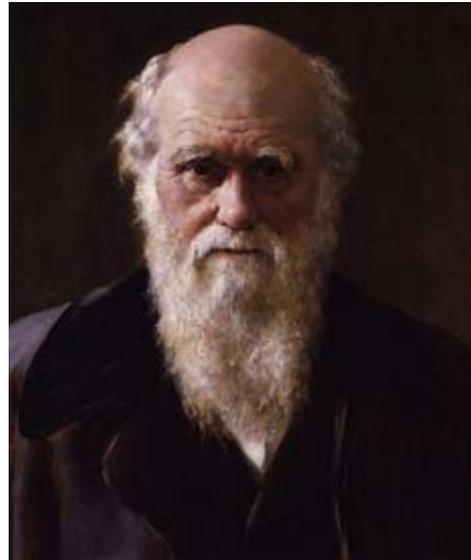
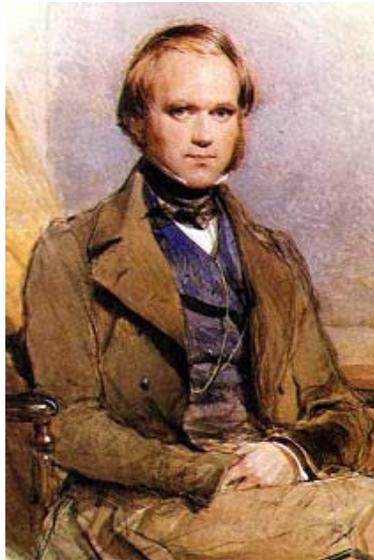
A pesar de lo anterior y de la **complejidad de nuestro sistema psicosensorial**, resulta aún difícil describir matemáticamente **como resuena en nuestra subjetividad la introducción de un conocimiento**.

Charles Darwin y la máquina de Ashby

El naturalista inglés Charles Robert Darwin (1809-1882), autor de “El origen del hombre y “El origen de las especies”, fue reconocido por ser el científico más influyente de los que plantearon la idea de “**la evolución biológica a través de la selección natural**” (6). Darwin no consideró la evolución como un ascenso espontáneo hacia formas de vida más altas y mejores, sino en cambio como un fenómeno en el cual los seres vivos mostraban dos características fundamentales:

- **Una tendencia espontánea a desarrollarse en variadas direcciones.**
- **Una tendencia a seguir el camino de sus antecesores.**

La combinación de ambas tendencias conduce a *limitar una naturaleza exuberante*, eliminando los organismos poco aptos para su medio ambiente mediante un proceso natural. Según Darwin, esta limitación deja un **residuo** de formas de vida más o menos adaptadas a su medio.



CHARLES ROBERT DARWIN

Naturalista inglés, reconocido por ser el científico más influyente de los que plantearon la idea de la evolución biológica a través de la selección natural, justificándola en su obra “El origen de las especies” con numerosos ejemplos extraídos de la observación de la naturaleza.

El concepto de *residuo* volvió a aparecer en las investigaciones del médico y neurólogo inglés William Ross Ashby (1903 - 1972). Ashby contribuyó decisivamente a la consolidación de la cibernética moderna y creó el primer **homeostato** (7), dispositivo electrónico autorregulado por retroalimentación. También fue autor del libro “Design for a brain”. Según Ashby, una *máquina de estructura algo arbitraria y fortuita, sin un propósito definido, pero capaz de adquirirlo mediante un proceso de aprendizaje*, tendrá ciertas posiciones próximas al equilibrio y otras lejos de él, y que las primeras, por su propia naturaleza, durarán más tiempo, mientras que las segundas se mostrarán fugazmente.

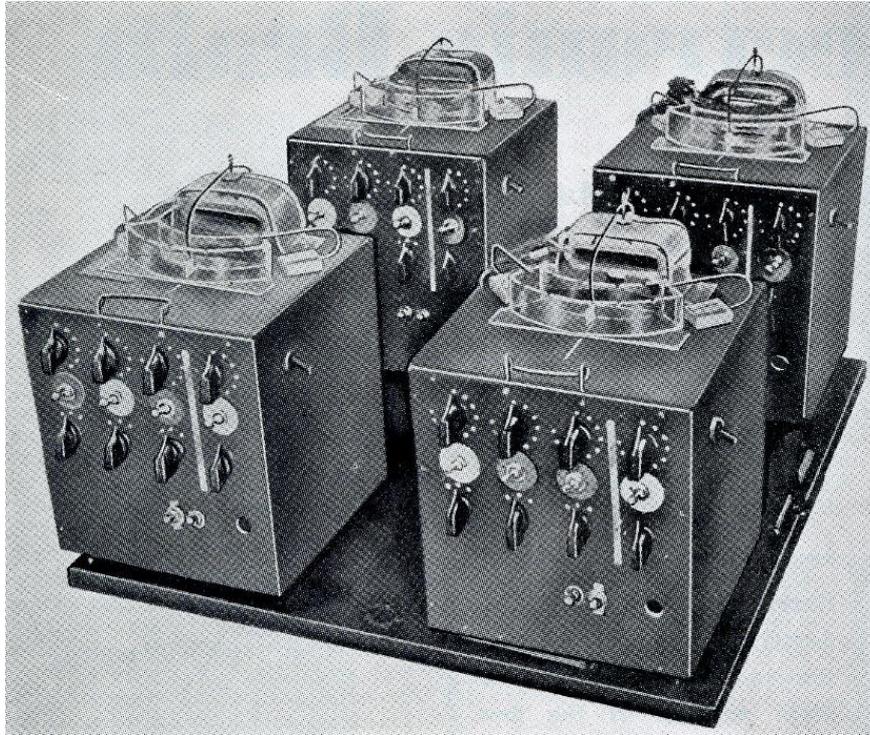
Tanto en la máquina de Ashby como en la naturaleza de Darwin, aparece un **propósito** en un sistema que no fue construido para que lo tuviera, **simplemente porque era transitoria la carencia de finalidad** de acuerdo con su misma naturaleza.

(6) La teoría de la evolución de Darwin se contradice con el dogma de fe de la Iglesia Católica: “**EL MÁS PROCEDE DEL MENOS POR LA INTERVENCIÓN CREADORA DE DIOS**”. Para el cristiano, Dios es el Creador Trascendente; su acción es la más importante y esta acción de la Causa Primera no es pensada como yuxtapuesta a la de la Causa Segunda, pues Dios actúa siempre como Dios, no “junto a” sino “dentro de” la misma acción autosuperante y autotrascendente del ser creado.

(7) **Homeostato**: Uno de los primeros aparatos capaces de adaptarse al medio, comportamientos tales como la habituación, el refuerzo y el aprendizaje a través de su capacidad para mantener la **homeostasis** en un entorno cambiante. Fue construido por William Ross Ashby en 1948 en el Hospital Barnwood House.



DR. WILLIAM ROSS ASHBY



HOMEOSTATO DE ASHBY

LA LÓGICA Y EL LENGUAJE

Todo conocimiento, para ser comunicable, tiene que servirse de un *lenguaje*, y éste, independientemente de que esté formalizado o no, se apoya naturalmente en una *lógica*.

Desde los griegos, la lógica que disponemos como vehículo científico es una *lógica bivalente* que somete a todos nuestros contenidos de conciencia a rígidas antítesis que excluyen a otras posibilidades. Esto significa que *sólo tiene lugar para el mundo mismo y para su imagen en la reflexión*. Existen sin embargo motivos de orden práctico que han impedido hasta ahora que dominemos una lógica superior a la bivalente.

- La primera dificultad práctica reside en que el número de constantes lógicas que es necesario tener en cuenta a medida que aumenta la complejidad de la lógica empleada crece en forma abrumadora. En una lógica tetravalente este número es $4^{256} \cong 10^{153}$. Esto nos permite deducir que una lógica que se proponga introducir el problema de la subjetividad en su formalización, necesariamente debe ser una lógica muy compleja.
- La segunda dificultad práctica en desarrollar una lógica superior a la bivalente, radica en que no es posible introducir en ella la subjetividad de la misma forma que la objetividad. Mientras que el **objeto** es introducido una sola vez (dado que objetividad significa identidad con el ser, y el ser es unívocamente idéntico a sí mismo), el **sujeto** debe ser introducido dos veces (como *sujeto pensante* y como *sujeto pensado*). La identidad del **yo** consigo mismo es identidad de reflexión. *Yo me puedo pensar a mí mismo solamente cuando me distingo de mí mismo*. De esto surge que *la alternativa objeto - sujeto, sobre la que descansa la ciencia clásica, es sencilla únicamente cuando el sujeto es excluido de la descripción de la realidad*. Quizá un día podamos llegar a modificar nuestro pensamiento de una manera tal en que

utilizáramos una lógica polivalente. Pero debemos reconocer que una capacidad así sólo está al alcance de una conciencia sumamente refleja que aún no poseemos.

- La tercera dificultad práctica reside en el hecho de que nadie ha podido separar con buen éxito la realidad subjetiva, que es el conjunto de las impresiones personales de sus sentidos, de la realidad objetiva, que es la que ha adquirido del contacto con los demás individuos, tanto del presente como del pasado.

LAS DECISIONES Y LA CONDUCTA

Los organismos o sistemas capaces de realizar un aprendizaje tienen estructuras con diferentes grados de elaboración. La *adopción de una decisión* varía en cada caso con la organización del sistema sensorial y nervioso, con el grado de inteligencia (capacidad de análisis y comprensión) y con el grado de complejidad de la situación con que se enfrenta. En el caso simple del reflejo condicionado la decisión es inmediata. En cambio, si el grado de inteligencia es más elevado, hay:

1. un *reconocimiento de configuración*, es decir de aquello que caracteriza la una situación dada,
2. un *análisis de las consecuencias de cada posible elección*.

Las sucesivas etapas de reconocimiento de configuración y análisis de consecuencias, previas a la decisión en sí son *selectivas* e implican las dos operaciones siguientes:

- *la extracción de información útil de entre la masa de información existente*. Esta operación está orientada hacia el fin perseguido, en consecuencia puede afirmarse que está regida por *criterios de finalidad*.
- *la organización y clasificación de la información recogida y su comparación con configuraciones y consecuencias registradas en decisiones anteriores*. En esta operación, la imagen abstracta de la situación actual y de las consecuencias de una posible elección son comparadas con otros esquemas creados mentalmente cuando dichos conocimientos fueron adquiridos. Puede comprenderse el rol esencial que desempeña la memoria en esta operación.

El análisis de las consecuencias de una posible elección requiere la intervención de *criterios de evaluación*. La elección final determina la *conducta* del sistema (hombre, animal o máquina). El análisis de las conductas registradas en situaciones similares permite determinar si éste se atiene a una *regla de conducta* o si su conducta es *errática*.

El hombre toma decisiones en cada instante de su vida, y la experiencia prueba que el conocimiento de una situación nunca es completo. Resultaría imposible, aún para el hombre más inteligente, extraer de la masa de información existente toda la necesaria para definir completamente una situación. Tampoco resultaría posible analizar todas las consecuencias de cada posible elección. Es evidente entonces que en toda decisión existe una componente de naturaleza *intuitiva* y que ella implica la aceptación de un *riesgo*. De acuerdo a esto último, **los componentes de una decisión** pueden ser clasificadas en las dos categorías siguientes:

Componente racional: Basada en el conocimiento de la situación.

Componente intuitiva: Basada en una evaluación probabilística de lo desconocido y por consiguiente en la aceptación de un riesgo.

LO ARTIFICIAL, LA CONCIENCIA Y LA ÉTICA

Se denomina **artificial** a todo aquello que no es natural, es decir a todo lo hecho por el ser humano, más allá de sus actividades biológicamente condicionadas. **La existencia de objetos artificiales es la huella característica más importante y evidente del hombre sobre la Tierra**. La existencia de lo artificial se debe a que *reunimos ciertas potencialidades que posibilitan la creación*. Los humanos somos *seres biológicos*, pero a la vez somos *autores de los*

objetos que producimos y, como especie, *preexistimos a ellos*. *Lo artificial y la conciencia* (8) son las que parecen diferenciar a los **humanos** de los **animales** y de las **máquinas**.

(8) **Conciencia**: En términos generales es el conocimiento que un ser tiene de sí mismo y de su entorno. También puede referirse a la moral o a la recepción normal de los estímulos del interior y el exterior por parte de un organismo.

La **estructura de un sistema** (hombre, animal o máquina) constituye un indicador de lo que puede esperarse de él. Los hombres, los animales y las máquinas son capaces de realizar acciones. Hay **acciones** que podemos llamar **puras** y otras que podemos llamar **tecnológicas**.

Una acción pura no es tecnológica, ya que para serlo *debe ir acompañada de la reflexión*. Es posible establecer la secuencia: *Problema, análisis, solución, invento de lo artificial, acción tecnológica y reflexión sobre la acción*. Hubo un momento en que el ser humano comenzó a ser capaz de *prever el resultado de sus acciones y reflexionar sobre las consecuencias de sus actos*. En ese momento comenzó evaluar los resultados de su acción y a distinguir si éstos serán nocivos o beneficiosos para sí mismo, para otro o para su comunidad. *Allí nació la Ética*.

EL SER VIVO Y EL “SER” ARTIFICIAL

La comparación entre un **ser vivo** y un “**ser**” **artificial** nos lleva directamente al corazón del problema. No podemos entender un *ser vivo* sin entender su *diseño formal y funcional*, su anatomía, su fisiología, su psiquis, su lógica de pensamiento.

Un **ser vivo** es un sistema funcional, un conjunto ordenado de miembros independientes que hacen algo y están ahí porque hacen algo determinado:

- *sus vasos* transfieren los fluidos necesarios para el metabolismo;
- *sus tejidos* soportan el peso, la tensión o protegen el interior;
- *sus células* realizan los cientos de *funciones* básicas de transferencia de energía que llamamos *vida*, . . .

Los “**seres**” **artificiales** (objetos, artefactos, ingenios, procesos) en cambio *son diseñados por seres vivos*, o sea *son pensados, y diseñados por sistemas que han sido diseñados por un ser biológico* (el hombre) (9), pero esos sistemas . . . *¿tienen vida? . . . ¿tienen alma? . . . ¿tienen conciencia? . . . ¿son responsables? . . . ¿cuál es su ética?*

La responsabilidad está referida a una característica específicamente humana: *“la capacidad y la obligación asociada a ella de hacernos cargo de las consecuencias de nuestras acciones”*.

(9) En este caso, el cerebro del diseñador sustituye *el largo proceso de variaciones al azar y reproducción* que ocurre en el proceso de “diseño biológico”, por el proceso más corto de *la deliberación entre las varias alternativas imaginadas y la selección de una de ellas*.

Un **caso fronterizo** es el del *diseño producido por sistemas informáticos*: *“no el sistema de diseño asistido por ordenadores (CAD) sino el sistema diseñado autónomamente por el ordenador que ha sido diseñado para diseñar”* (10) (ej.: microcircuitos extremadamente complejos para la mente humana). En este caso, “el **creador** y el **creado**, son **artefactos** y al mismo tiempo nos remiten a **la frontera lábil entre lo natural y lo artificial**”. Por así decirlo *“son objetos ultramateriales”*.

(10) **Nigel Cross**, uno de los más conocidos autores sobre métodos de diseño, ha planteado una pregunta derivada con la que Turing, hace ya cincuenta años, dio origen a la Inteligencia Artificial (*¿puede pensar una máquina?*): N. Cross (2001), “¿Can a Machina Design?”, *Design Issues* 17: 4, 44-52. Su respuesta es interesante pues refleja la misma perplejidad de Turing: depende de lo que entendamos por diseñar, aunque en general responde afirmativamente la pregunta.

La técnica está asociada a nuestro impulso para controlar las condiciones de la existencia *mediante una naturaleza* (o un medio) *hecha a nuestra medida*. Los humanos se adaptan al medio adaptando el medio a sus deseos y conveniencia.

En opinión de Ortega:

- “*los humanos no tienen medio, tienen entorno*”,
- “*los seres no reflexivos no tienen problemas sino situaciones*”.

La acción del ingeniero cambia la historia y lo hace en el sentido más profundo posible, “cambiando las condiciones de la existencia”. *Esto lo convierte en “responsable de su entorno”*.

EL USO AMIGABLE DE LO ARTIFICIAL

“Un objeto artificial diseñado por el hombre es una respuesta a un *problema práctico*”, pero no debe olvidar que el artefacto diseñado está dirigido a los usuarios e inspirado en los usuarios. Para ello, debe tener presente que: “*Todo diseño novedoso constituye una presencia inquietante para el usuario*”, *consecuentemente, “en el diseñador recae la responsabilidad de lograr que la tecnología y los humanos convivan pacíficamente”*.

La tecnología debería permitirnos controlar la realidad sin perder el control de nosotros mismos, o sea lograr que sus productos se inserten de forma armoniosa en nuestras vidas.

Donald Norman (11), formula la siguiente clasificación de las tecnologías de los artefactos:

- Las tecnologías opacas, ocultas o invisibles
- Las tecnologías visibles

(11) Donald Norman (científico cognitivo), autor de “The invisible computer”, Cambridge, MA: MIT Press, 1998.

Las tecnologías opacas tienen que ver con la capacidad de los artefactos (ordenadores, etc.) para no perturbar al usuario. Para ello sería necesario que los artefactos tomaran cuenta un “modelo de intenciones del usuario” tal que el artefacto logre interactuar realmente con sus intenciones de forma que el usuario no tenga que preocuparse por cómo funciona la máquina sino de los fines personales para los que éste la emplea. Esto se lograría mediante una adaptación intuitiva.

Sin duda, los diseños opacos presentan un problema de orden conceptual en la vida de las personas. Una tecnología opaca nos libera de la esclavitud de los artefactos con los que interactuamos sin sentirlos, pero nos hace dependientes o esclavos de los artefactos que son cada vez menos entendidos o esclavos de los técnicos realmente expertos. “**Las tecnologías opacas son tecnologías robustas**”, que han sido diseñadas para soportar la menor intromisión posible de los usuarios. El precio de esto es que hacen al usuario “frágil y dependiente” de una tecnología que se aleja cada vez más de su comprensión, y hacen “menos plástica” la utilización del propio artefacto, que comienza a tener “una casi única posibilidad de uso”, *la que el diseñador ha pensado como correcta*. Por otra parte, las tecnologías opacas exigen un *medio ambiente* o más precisamente un **ecosistema tecnológico** más complejo, con un contexto de servicios adecuado a la perseveración de invisibilidad de la tecnología.

La opción extrema por una tecnología “**totalmente invisible**” solamente puede ser mantenida en una sociedad que sea consciente de su creciente dependencia de la tecnología, que **la asuma responsablemente** y que la equilibre con una paralela y creciente **educación en la tecnología**.

Al mismo tiempo exigirá la *previsión de alternativas* para los casos de *fallas tecnológicas generalizadas*, pues “la sociedad se hace más frágil al incrementarse su dependencia a diseños tecnológicos que cada vez son más lejanos”.

Las tecnologías visibles, a medida que se hacen más visibles, son más manipulables, ya que el conocimiento del usuario puede reutilizar e incluso rediseñar con mayor facilidad los aparatos, sus funciones y sus usos. El precio de esto no es menos grave que el de las tecnologías ocultas, ya que el usuario debe adaptarse al funcionamiento del aparato, *debe entrar en las reglas de su funcionamiento*. Su vida poco a poco se irá colmando de artefactos a los que se ha tenido

que ir acoplando, y sus hábitos e incluso su cuerpo va siendo poco a poco rediseñado por los artefactos. La tecnología se hace entonces más frágil ante una sociedad que reacciona con malestar ante las presiones por adaptarse a un medio que no es humano.

Robert M. Persig (12), en su libro sobre nuestra relación con los artefactos, sostiene que “quienes no comprenden los artefactos y no saben repararlos, expresan, en su propia concepción de lo técnico, *una actitud de puros consumidores de tecnología, pero no de hábiles ingenieros de la naturaleza*”.

(12) R. M. Persig - “Zen and the Art of Motorcycle the Maintenance”, Londres, Verso, 1974. Actitud hippy o zen, orientada hacia la rapidez y la comodidad.

Las trayectorias tecnológicas no solamente modifican las posibilidades históricas, también nos modifican a nosotros y a nuestras sociedades. Una tecnología oculta puede llevarnos a formas sociales más irresponsables. Es absolutamente necesario entonces investigar las formas en las que la tecnología se inserta en nuestras vidas.

LOS SISTEMAS CIBERNÉTICOS

Las acciones

Cuándo un sistema cibernético cumple con su propósito de “regular un proceso”, *¿está realizando una acción tecnológica?* De acuerdo con nuestros criterios actuales deberíamos responder que **no**, ya que el sistema no hace una reflexión sobre su acción y no puede modificarla gracias a los resultados de esa reflexión. Pero, *¿qué sucede con los sistemas inteligentes que sí pueden hacer algunas de esas cosas?*

Muchas de las tecnologías tradicionales y algunas de las contemporáneas, pueden ser consideradas como originadas en intentos sucesivos y exitosos por extender el alcance de los medios físicos del hombre como ser biológico (robots), o aún de reemplazar mediante órganos artificiales algunas habilidades percibidas en otras especies y de las cuales carecemos o habilidades perdidas por ejemplo en la amputación de un miembro.

A lo largo de la historia hemos progresado, de aumentar el alcance de nuestros miembros y la fuerza de nuestros músculos a reemplazarlos paulatinamente por herramientas y fuentes de energía extrahumanas. Luego hemos reemplazado nuestros sentidos por sensores, y, finalmente, nuestro cerebro por sistemas cibernéticos llamados “**sistemas inteligentes**” o “**sistemas con inteligencia artificial**” (robots inteligentes y otros sistemas).

La ética

Heidegger describe a la Tecnología como *una acción que va mucho más allá de lo meramente instrumental* (ámbito en el que se la suele colocar).



MARTIN HEIDEGGER

1889-1976

Considerado el pensador y el filósofo alemán más importante del siglo XX.

Ortega dice que el sistema tecnológico ha sido creado para facilitarnos las cosas y que logra hacerlo. Pero también dice: ***Desde que nos reconocemos como humanos, debemos hacer aquello que es nuestra obligación ética.***



JOSÉ ORTEGA Y GASSET

1883-1955

Filósofo y ensayista español

Exponente principal de la teoría del perspectivismo y de la razón vital e histórica, situado en el movimiento del novecentismo

Los peligros

Heidegger llega a la conclusión que éste es a la vez no sólo el mayor peligro al que estamos expuestos, sino *el peligro por antonomasia*. Este peligro consiste en que el humano avance cada vez más en su camino a ser ***un insumo adaptado a este nuevo mundo, el de lo artificial creado por él mismo, pero que ya no controla, y queda prisionero de él.***

Aún más, ***el sistema tecnológico que nos engloba tiende a hacérsenos invisible.*** Hay tantas cosas del mundo tecnológico a las que nos hemos acostumbrado, que sólo las percibimos cuando nos faltan. Una de las consecuencias del predominio actual del mundo tecnológico sobre el mundo natural es que somos cada vez más dependientes de los productos de la tecnología moderna (*tecnodependencia*).

A la vez, la Tecnología se ha complicado de tal modo que la inmensa mayoría de los humanos ya no la comprende y se ven reducidos a una postura comparable a la de un salvaje, que ante los fenómenos de la naturaleza –que no controla, pero que determinan su vida– toma una actitud de *reverencia, desconfianza y rencor*.

Los límites

Es importante destacar aquí ***la falta de límites*** en lo que Heidegger y otros críticos de la tecnología contemporánea perciben como una invasión de la Tecnología a aquellos ámbitos donde no debería reinar soberana.

LOS ROBOTS

Definiciones

1. Máquina automática programable capaz de realizar determinadas operaciones de manera autónoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas; puede estar dotada de sensores, que le permiten adaptarse a nuevas situaciones.

2. Un robot es una entidad virtual o mecánica artificial. En la práctica, por lo general es un sistema electromecánico que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio.
3. Según la NASA: *“los robots son máquinas que se pueden utilizar para hacer trabajos”*.
- 4 La RAE (real academia de la lengua) tiene dos definiciones para robot:
 - Máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas.
 - Programa que explora automáticamente la red para encontrar información.
5. *“Un robot es un dispositivo mecánico que consigue realizar gran variedad de tareas, de acuerdo a unas instrucciones programadas con anterioridad”*

Tipos de robots

- Robots domésticos o del hogar.
- Robots médicos (por ejemplo los robots empleados en cirugía).
- Robots para usos militares (desactivación de bombas, transporte, aviones de reconocimiento, especializados en la búsqueda y rescate de personas, etc.).
- Robots de entretenimiento.
- Robots espaciales (por ejemplo los utilizados en las naves espaciales, en la estación espacial internacional, en los vehículos a Marte y otros).
- Robots para educación (utilizados para enseñar robótica, robots que son solo para el ámbito del aprendizaje).
- Robots humanoides (robots con aspecto humano que realizan tareas de seres humanos, incluso expresando emociones).
- Nanorobots (serán utilizados el futuro para la cura de las enfermedades humanas ya que podrán actuar desde dentro del organismo).

Robots empleados en la industria



ROBOTS EMPLEADOS EN PLANTAS DE MONTAJE DE VEHÍCULOS



ROBOT EMPLEADO EN UNA PLANTA DE MAQUINADO

Robots espaciales



VIPER

El robot que la NASA mandará a la Luna para buscar agua

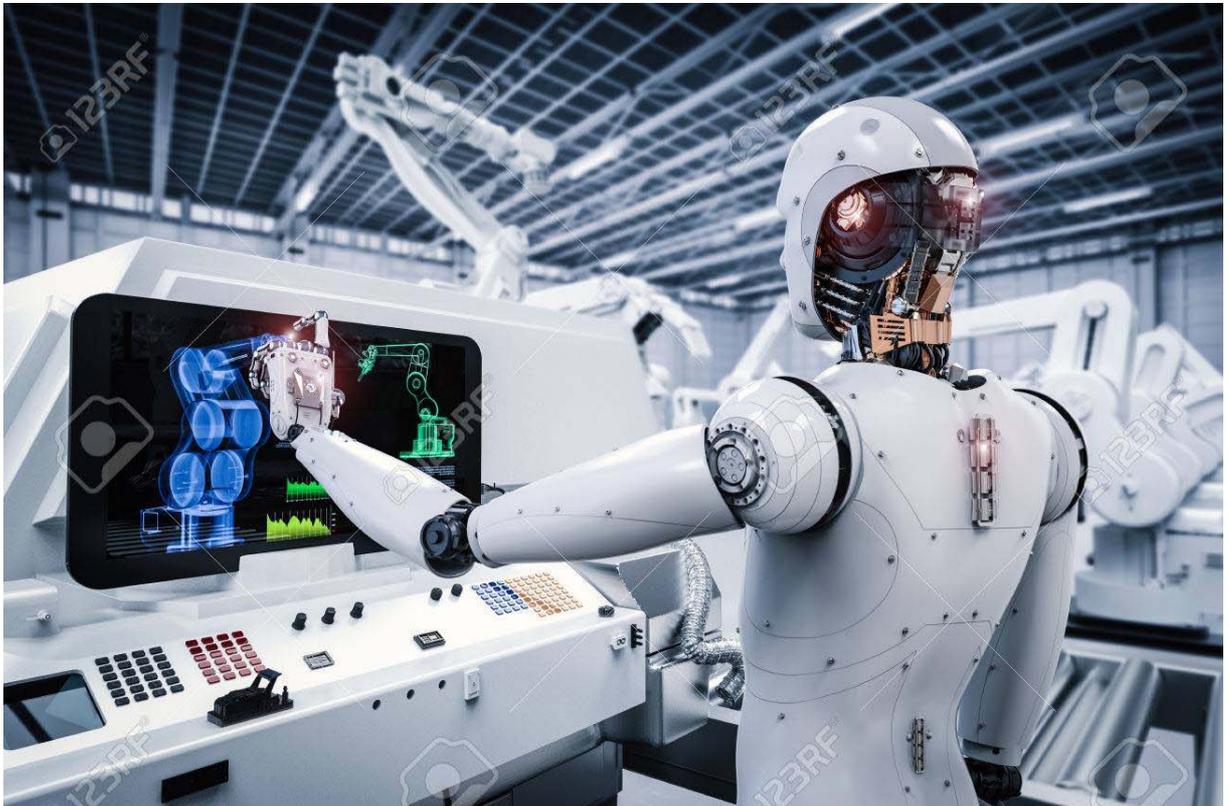
Robots para cirugía



Robots “inteligentes” (robots humanoides)

Son robots con aspecto humano que realizan tareas de seres humanos, incluso expresando emociones. Están diseñados para imitar o simular la forma y los movimientos de un ser humano. Un diseño humanoide puede tener fines funcionales, tales como la interacción con herramientas y entornos humanos, con motivos experimentales, como el estudio de la locomoción bípeda, o para otros fines. En general, los robots humanoides tienen un torso, una cabeza, dos brazos y dos piernas, aunque algunas formas de robots humanoides pueden modelar sólo una parte del cuerpo, por ejemplo, de la cintura para arriba. Algunos robots humanoides pueden tener cabezas diseñadas para replicar los rasgos faciales humanos, tales como los ojos y la boca. Los androides son robots humanoides construidos para parecerse estéticamente a los humanos. Los robots humanoides actualmente son usados como herramienta en investigaciones científicas.

La función esencial de estos robots es el aprendizaje, especialmente el **autoaprendizaje** por medio de redes neuronales artificiales (consistente en aprender experimentando en forma autónoma y/o vigilada).



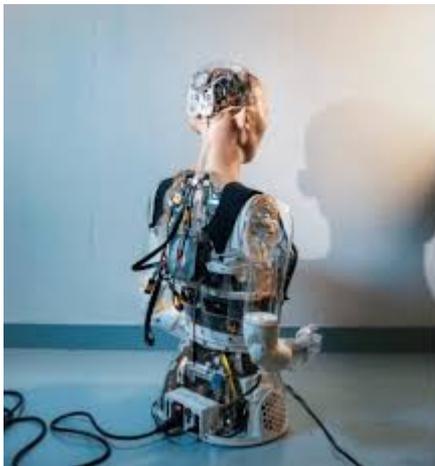
UN ROBOT HUMANOIDE OPERANDO UNA MÁQUINA

La robot Sophia





ALGUNAS EXPRESIONES FACIALES DE LA ROBOT SOPHIA



ESTRUCTURA INTERNA DE SOPHIA

Desarrollada por David Hanson, fundador y director ejecutivo de Hanson Robotics, Sophia es una robot que actúa gracias a su sistema de inteligencia artificial y aprendizaje de máquinas (machine learning). Cuenta con numerosas expresiones faciales, pero también tiene una cámara que permite tomar la temperatura, por lo que los responsables han asegurado que podría desempeñarse como auxiliar de vuelo y usarla como base para muchos otros personajes.

Según Hanson, los robots como Sophia serán clave para acompañar a las personas mientras se encuentren en aislamiento forzado por la pandemia.

En las propias palabras de Sophia, “los robots sociales como yo podemos ayudar a cuidar de los enfermos o adultos mayores de muchas formas; puedo ayudar a que se comuniquen, suministrar terapias y proveer estimulación social, incluso en situaciones difíciles”.

Para Hanson, los robots como Sophia emulan la forma humana, la figura y las interacciones, y pueden ser útiles en estos momentos en que las personas están terriblemente solas y aisladas socialmente. Estos robots pueden mantener a las personas seguras y proveer la calidez humana, la conexión humana como una herramienta de telepresencia”.

LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

De las computadoras convencionales a las cuánticas

En 1981, **Richard Feynman**, un físico que había recibido el **Nobel de Física en 1965**, concibió idea de procesar información a escala atómica y la posibilidad de procesar cómputos en un dispositivo que evolucione siguiendo las leyes de la física cuántica. En la escala atómica los átomos ponen de manifiesto ciertas características, una dualidad entre comportamiento ondulatorio y de partículas, donde los electrones a veces se manifiestan como partículas y otras

como ondas. Tienen la propiedad de estar en más de un lugar a la vez, de recorrer muchas trayectorias al mismo tiempo. La idea de Feynman era aprovechar esta característica de desdoblamiento, que no puede ser obtenida en una computadora ordinaria porque de lo contrario nunca llegaríamos a simular las leyes de la naturaleza, donde las partículas obedecen a la física cuántica y los problemas de cálculo aumentan exponencialmente.

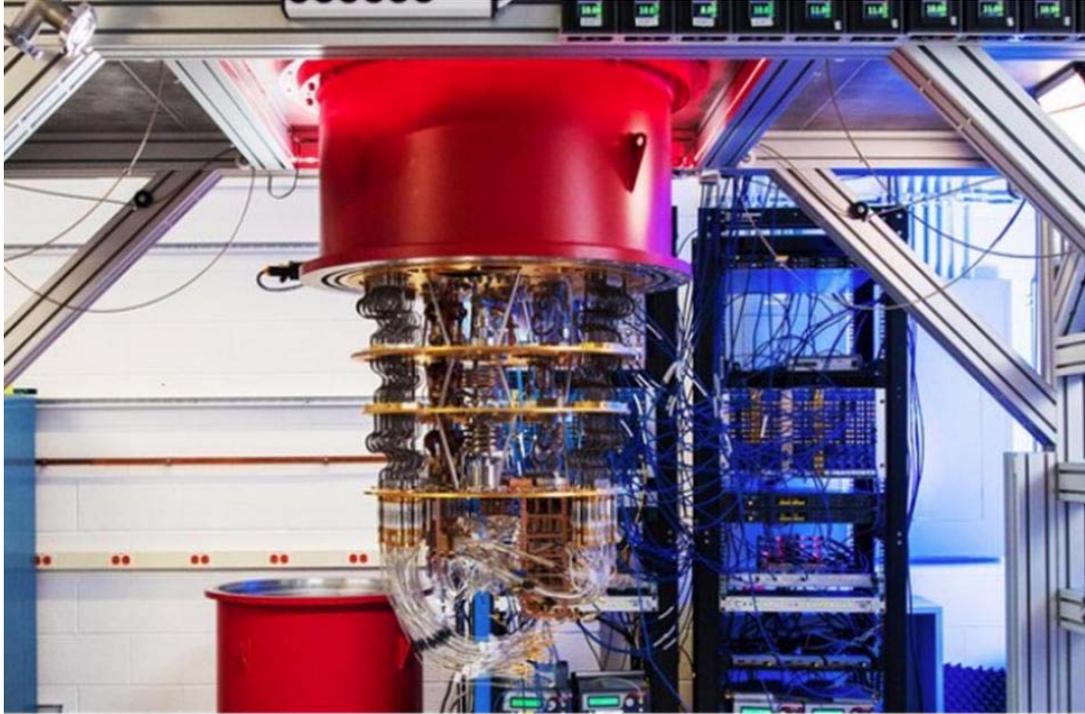
Pero para lograr ese salto, es necesario diseñar computadoras que respondieran no a las leyes de la física clásica sino a la cuántica, donde los objetos pueden estar en dos estados simultáneos. Ese paso se dio al pasar de los **bits** a los **qubits** para almacenar, procesar y transmitir la información. Mientras las computadoras clásicas almacenan la información en bits, secuencias de ceros y unos, que pueden tener solo dos estados posibles, en las computadoras cuánticas la unidad mínima de información es el qubit (quantum bit). Un objeto que, cumpliendo las leyes de la mecánica cuántica, puede adoptar los estados 0 o 1, “o ambos al mismo tiempo”. Este estado de superposición cuántica aumenta la capacidad de procesar información al permitir recorrer varios caminos de manera simultánea. Pero, además, tiene otra propiedad: el **entrelazado cuántico**, que les permite a los átomos afectarse entre sí a pesar de estar separados por grandes distancias.

Las computadoras convencionales utilizan en su mayoría semiconductores de silicio para sus circuitos integrados. Pero, ¿en qué se basan los equipos cuánticos? Hay diferentes tecnologías compitiendo en este momento. Una es la que utiliza Google, otra es la **trampa de iones**, que permite manipular átomos individuales. Una virtud es que los átomos son todos iguales entre sí, pero atraparlos es más difícil y los métodos de control son complicados, aunque se han hecho muchos avances.

“Las computadoras de Google e IBM no utilizan átomos naturales sino átomos artificiales”. Son sistemas más grandes que un átomo natural pero que tienen propiedades similares y se comportan de acuerdo con las leyes de la mecánica cuántica. **Son pequeños anillitos de material superconductor**, que es **un material que si se lo enfría lo suficiente deja de tener resistencia eléctrica, en los que la corriente circula en un sentido o en el contrario**. El sentido horario representa un **cero**, y el antihorario un **uno**. La física de estos dispositivos se comporta como en los átomos verdaderos. Pueden existir en esos dos estados y en superposición, pero existe una diferencia:

- **Con los átomos naturales**, los dispositivos para atraparlos son difíciles de estabilizar cuando se trata de muchos átomos, que además hay que lograr que interactúen.
- **Con los átomos artificiales**, la ventaja es que para fabricarlos se puede utilizar la industria de la microelectrónica que ya existe y la ciencia de materiales que está muy desarrollada, y pueden permitir que esta tecnología vea la luz”.

A pesar de los avances, pensar en tener una computadora cuántica en el escritorio aún parec ser un horizonte lejano, no sólo por los costos sino por su tamaño. En este punto, la tecnología cuántica pareciera estar en una situación similar a la de los comienzos de la computación electrónica, cuando las computadoras ocupaban una habitación. Si bien el chip superveloz tiene unos centímetros (unos 3cm por 3cm), con un número de conectores que salen de sus lados (que son los dispositivos de control), todo está dentro de un **criostato**, “un gran termo de tres metros por tres, que tiene que ser enfriado a temperaturas cercanas al cero absoluto (-273.15°C)”. Sin embargo, su logro no es nada menor.



COMPUTADORA CUÁNTICA DE GOOGLE

La computadora de Google es experimental, pero es la primera completamente programable que puede lograr que ejecute cualquier cómputo. Aunque, con 54 qubits, es todavía pequeña.

-----0000000-----