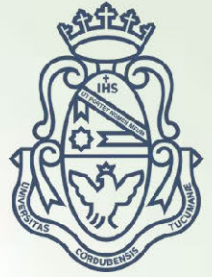




Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Ciencias Médicas  
Cátedra de Informática Médica



# *Informática Médica*

## *Módulo 6*

**Simuladores,  
Inteligencia Artificial  
Sistemas Expertos  
Robótica**

*Editor: Prof. Dr. Gustavo Juri*  
*Córdoba – Rep. Argentina*  
*Año 2023*

ISBN 978-987-88-9094-4



9 789878 890944

*Personal docente de la  
Cátedra de Informática Médica  
Facultad de Ciencias Médicas  
Universidad Nacional de Córdoba*

**Prof. Titular:**

*Prof. Dr. Gustavo Juri*



**Profesor Adjunto:**

*Prof. Med. Roberto Valfré*

*Lic. Mario Sambrizzi*



**Docentes**

*Med. Gonzalo Baggio*

*Med. Enrique Pogonza*

*Med. Flavio Astegiano*

*Med. Jorge Reñicoli*

*Med. Eduardo Berrios*

**Revisión: junio de 2023**

## Tabla de contenidos

TABLA DE CONTENIDOS.....	3	La Monitorización como Tarea Genérica.....	25
<b>MODULO 6 .....</b>	<b>4</b>	SISTEMAS EXPERTOS EN LA MEDICINA DIARIA.....	26
<b>PARTE I: "SIMULADORES" .....</b>	<b>4</b>	CONCLUSIONES.....	28
INTRODUCCIÓN.....	4	<b>PARTE IV: ROBÓTICA.....</b>	<b>29</b>
Diferencias entre Sistema real vs. Sistema simulado	4	<b>IMPRESIONES 3D .....</b>	<b>30</b>
DEFINICIÓN.....	5		
Simulación.....	5		
Emulación.....	5		
Simulacro .....	5		
LA SIMULACIÓN COMO PROCESO EXPERIMENTAL.....	5		
SIMULACIÓN POR SOFTWARE.....	7		
SIMULACIÓN POR MODELOS FÍSICOS.....	7		
<b>PARTE II: "INTELIGENCIA ARTIFICIAL" .....</b>	<b>8</b>		
INTRODUCCIÓN.....	8		
DEFINICIÓN.....	8		
EVOLUCIÓN Y CRECIMIENTO DE LA IA.....	9		
LA PRUEBA DE TURING.....	9		
APLICACIONES (IA).....	10		
PRINCIPIOS BÁSICOS .....	13		
REDES NEURONALES ARTIFICIALES.....	13		
CHATGPT.....	14		
ChatGPT 4 en Medicina.....	14		
BIGDATA.....	15		
Algunas aplicaciones actuales de Bigdata en el área de la salud .....	15		
DataMining o Minado de Datos .....	16		
Diferencias entre minado de datos y Big Data .....	16		
<b>PARTE III: SISTEMAS EXPERTOS .....</b>	<b>17</b>		
LOS SISTEMAS EXPERTOS:.....	17		
DEFINICIÓN DE SISTEMA EXPERTO.....	17		
TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS.....	18		
COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO.....	20		
Componentes:.....	20		
<b>1- La Base de Conocimientos:</b> .....	20		
<b>2- El Mecanismo de Inferencia:</b> .....	20		
<b>3- El Componente Explicativo:</b> .....	20		
<b>4- La Interfaz de Usuario:</b> .....	20		
<b>5- Subsistema de Adquisición:</b> .....	20		
DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.....	23		
Justificación para el desarrollo de un SE.....	23		
¿Cuándo un SE es la herramienta apropiada?.....	23		
Algunos ejemplos de SE.....	23		
El equipo de desarrollo.....	23		
<b>El experto</b> .....	23		
<b>El ingeniero del conocimiento</b> .....	23		
<b>El usuario</b> .....	24		
Ventajas y Limitaciones.....	24		
ESCENARIOS Y FUNCIONES .....	25		

## Modulo 6

### Parte I: "Simuladores"

#### Introducción

¿Para conocer qué pasaría si...? Hay dos formas elementales, una es la observación directa de los hechos que se suceden luego de realizar el proceso del que nos intrigaban sus resultados (experimentación directa). La otra es la simulación. En medicina, como en todas las ciencias, esta pregunta es muy frecuente.

Qué pasaría si:

- ¿A una persona le da un paro cardiorrespiratorio y yo estoy cerca?
- ¿A una persona se le inyecta en vena una sustancia X en tal dosis?
- ¿En una comunidad sucede un desastre natural?
- ¿Una enfermedad se transmite genéticamente, qué riesgos tienen los descendientes de dos personas de contraer dicha enfermedad?

Según lo dicho en el primer párrafo, podríamos, esperar que una persona tenga un paro cardiorrespiratorio frente nuestro (para recién ahí saber si estamos preparados); inyectar la sustancia X en varias personas en distintas dosis y observar sus efectos, esperar o generar un desastre natural en una comunidad para ver las zonas afectadas, para recién entonces preparar esa comunidad para un próximo desastre natural teniendo en cuenta lo observado; observar una familia por varias generaciones... (tendríamos que tener un aprendiz que continúe con la observación luego de nuestro fallecimiento) para observar qué sucede con dicha enfermedad. Evidentemente la primera opción no es muy buena forma de obtener la respuesta, si bien la respuesta es definitivamente correcta, el evento que la generó ya pasó, y el "**sistema**" fue afectado, modificado, a veces dañado, muy posiblemente de forma irreversible, aquí es cuando se debe buscar alguna alternativa: la simulación. En las ciencias médicas se considera como **sistema** a cualquier conjunto de elementos que interactúan entre sí, que se relacionan con los procesos biológicos vinculados con las personas, pudiendo considerarse un sistema desde una célula humana con todos sus componentes (mitocondrias, ribosomas, ADN, etc.), un sistema anatómico con sus componentes (ej: sistema circulatorio, respiratorios etc.), un individuo en sí mismo, hasta una comunidad con cada individuo como componentes de ésta.

Para saber cómo responderá el sistema u operador ante una determinada acción (¿qué pasaría si...?) Se podría hacer por experimentación con el sistema mismo; pero según lo visto, por razones de costos, seguridad y otras, esta opción generalmente no es posible. A fin de superar estos inconvenientes, se reemplaza el sistema real por otro sistema no real que, en la mayoría de los casos, es una versión simplificada, que resalta los componentes y sus interacciones que más nos interesan. Este último sistema es creado a partir de un modelo (basado en características conocidas del sistema real) que determina sus características y formas de respuesta ante distintos eventos y será el sistema a utilizar para llevar a cabo las experiencias necesarias sin los inconvenientes planteados anteriormente. Al proceso de experimentar con un modelo se denomina **simulación**.

#### Diferencias entre Sistema real vs. Sistema simulado

##### Sistema Real

- La experimentación sobre el mismo produce modificaciones que pueden dañar el sistema.
- Una vez modificado el sistema, no es posible restablecerlo al estado inicial.
- Cada proceso tiene un tiempo para realizarse que no es fácilmente modificable y muchas veces no se puede acortar lo necesario.
- Los resultados son los reales.

##### Sistema simulado

- Las modificaciones producidas al experimentar sobre el sistema, no afectan al sistema real.
- Se puede reiterar el experimento restableciendo el sistema al estado inicial de forma sencilla.
- Se pueden acelerar procesos.
- Los resultados obtenidos pueden o no corresponderse con los reales.
- Experimentar en sistemas simulados suele ser de menor costo.

En la medicina, los modelos de simulación son utilizados ampliamente en las áreas de investigación, de entrenamiento y de educación médica. Para ello se utilizan diversos sistemas que sin necesidad de un paciente entrenan al personal para determinadas situaciones o semejan distintos sistemas biológicos.

En el caso de sistemas complejos por Ej.: organismo animal, organismo humano, se utilizan sistemas informáticos, que permiten al estudiante la posibilidad de desarrollar acciones futuras controladas y con similitud al sistema que está simulando. Al concretarse las acciones previstas, se generará una respuesta o resultado real que idealmente deberá coincidir con la acción futura inicialmente formulada, esto es, con una respuesta deseada. El tiempo transcurrido durante este proceso y la repetitividad del ciclo inicial permite la retroalimentación del esquema en cuanto que el estudiante adquiere y desarrolla habilidades y destrezas mientras que el paciente, durante el procedimiento real, se beneficia de la habilidad adquirida por dicho estudiante.

## Definición

La simulación es un ejercicio mediante el cual se pueden reproducir o representar bajo condiciones de prueba, fenómenos que ocurren comúnmente en la vida cotidiana.

También lo podemos definir como aquella experiencia o ensayo que se realiza con la ayuda de un modelo. A su vez el **modelo** es la representación idealizada de un sistema real (máquina simple o compleja). Lo que se pretende es imitar el comportamiento de un sistema real. El ejemplo más claro son los simuladores de vuelo, estos simuladores han demostrado ser efectivos en el entrenamiento y evaluación de pilotos, militares y astronautas. En el campo de la medicina los simuladores son ampliamente utilizados en investigación, y una de las áreas más beneficiadas es la de educación, para la cual existen varios sistemas destinados al entrenamiento de profesionales y estudiantes.

Para la correcta interpretación conviene aquí realizar las siguientes definiciones:

## Simulación

La representación del funcionamiento de un sistema o un proceso mediante el funcionamiento de otro sistema que lo imita mediante modelos creados a partir del estudio del comportamiento del sistema real.

El **simulador** no es el sistema o proceso real, lo imita, ver gráfico.

## Emulación

La capacidad de igualar a un proceso cumpliendo sus funciones. Reemplaza a un componente dentro de un sistema real.

Ej.: Una válvula cardíaca artificial. No es la válvula real, pero funciona tal cual lo haría una válvula cardíaca, dentro del sistema real (el sistema circulatorio). otros ejemplos podrían ser una prótesis de un reemplazo articular como cadera o rodilla o un implante coclear que reemplazan a un componente del sistema real y cumplen una función dentro del mismo sistema

El **emulador** imita y cumple las funciones reales de un componente real, sin ser este componente en un sistema real.

## Simulacro

Se representa de forma ficticia el comportamiento real de un sistema o proceso, dentro del mismo sistema. Ej.: un simulacro de incendio: el incendio no existe, pero el edificio es el real y las personas son reales.

El **simulacro** se realiza generalmente dentro del sistema real, pero con acciones o procesos ficticios.

## La simulación como proceso experimental.

La simulación de sistemas está basada en una generalización del concepto de experimentación del método científico, según el cual, en lugar de realizar los experimentos sobre el sistema real, se realizan sobre un modelo dinámico que lo representa, de manera que, si el modelo es una representación válida del sistema, entonces los resultados de la experimentación con el modelo pueden inferirse como resultados esperables del sistema real.

Existen diversas clasificaciones en la literatura en cuanto a las alternativas de simulación basadas en el concepto de "fidelidad"; este término define el grado de realismo de los modelos utilizados. En general se describen tres modalidades de simulación: baja fidelidad, fidelidad intermedia y alta fidelidad

Tipo de simulación	Características
Baja Fidelidad	Simuladores de un segmento anatómico, en los cuales se practican ciertos procedimientos y algunas maniobras tanto invasivas como no invasivas. Prácticas como exploración ginecológica, aplicación de inyecciones intramusculares o intravenosas o toma de presión arterial.
Fidelidad Intermedia	Combina el uso de una parte anatómica con computadoras que permiten manejar ciertas variables.
Alta Fidelidad	Integración de múltiples variables fisiológicas, manejados mediante computadoras utilizando tecnología avanzada en <i>hardware</i> y <i>software</i> para aumentar el realismo de la simulación. Prácticas de situaciones clínicas complejas como la atención de un parto eutócico o complicado, intubación endotraqueal, resucitación cardiopulmonar en niños y adultos, reconocimiento de enfermedades cardíacas y atención de emergencias en una terapia intensiva.

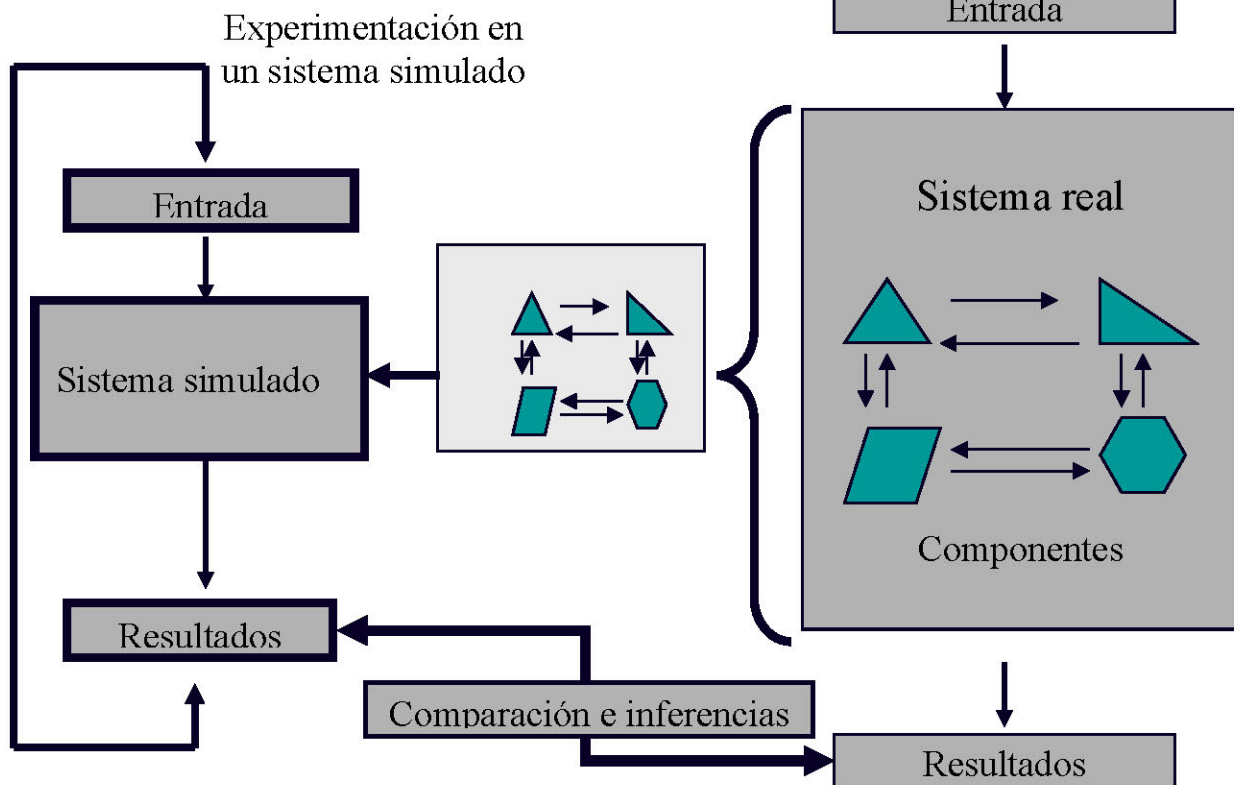


Figura 1. Esquema del proceso experimental de la simulación vs. Eventos en un sistema real.

Metodología:

Plantea la comprensión de un fenómeno o de un problema a través del proceso de construcción de un modelo de simulación, que representa el grado de conocimiento que se tiene del sistema en el momento de la construcción del modelo que lo representa. El modelo se debe entender como un instrumento de investigación sometido a revisión continua para conseguir un refinamiento progresivo en la comprensión del sistema.

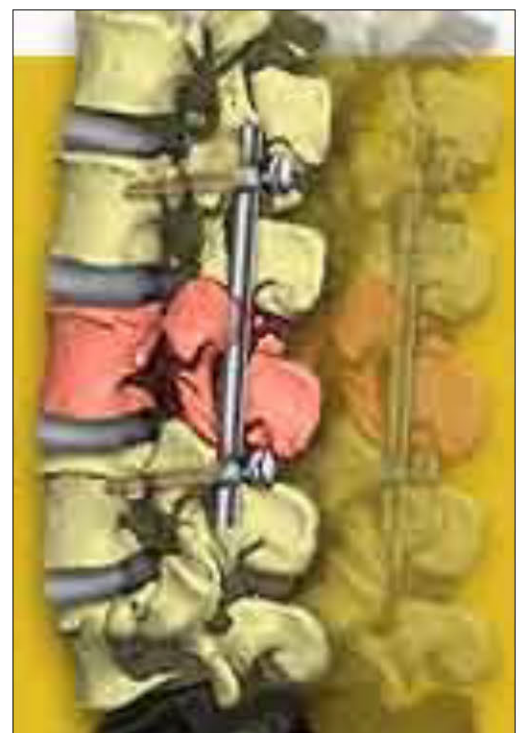
Técnica:

Puede permitir la correspondencia entre el sistema real y el modelo de simulación que lo representa. La técnica permite que el modelo esté construido a la medida del sistema simulado.

El modelo puede ser:

- **Físico:** un maniquí de práctica de RCP
- **Lógico / Virtual:** un software de una computadora
- **Híbrido:** combinado los dos anteriores incorporando a estos modelos la simulación virtual muy usados en la actualidad mejorando así las tareas de entrenamiento y aprendizaje.

La simulación es por lo tanto una técnica en la que el investigador construye un modelo del sistema y realiza experimentos sobre el modelo, interpretando los resultados en términos del comportamiento del sistema objeto del estudio, infiriendo que los resultados obtenidos mediante la simulación se corresponden con resultados que se sucederían en un sistema real. Estos resultados se corresponden más fehacientemente mientras más correctamente este diseñado el modelo de simulación. También se pueden comparar resultados, cuando se tiene resultados de un proceso que ocurrió realmente en el sistema real, esta comparación es útil para comprobar la similitud de los resultados de la simulación con los reales.



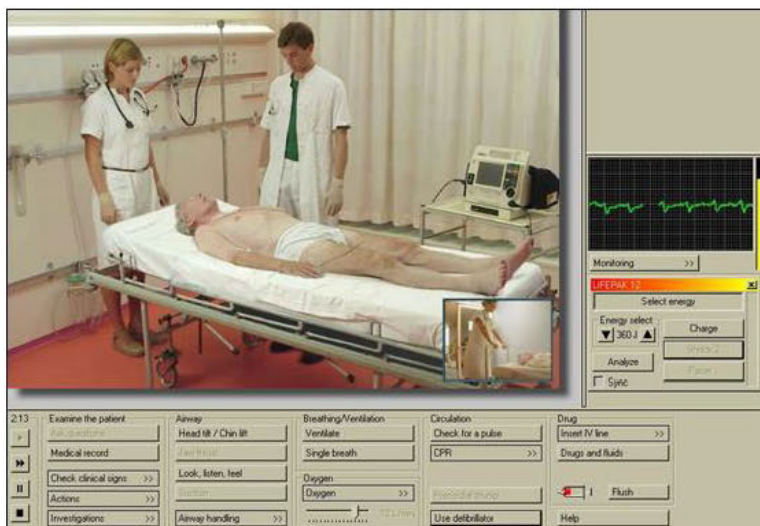
## Simulación por software.

La masiva utilización de la computación en la enseñanza y en el entorno industrial, la sorprendente y revolucionaria evolución de las computadoras personales en cuanto a tamaño, costo, velocidad, potencia, software, etc., han ayudado sin lugar a dudas a que la simulación digital o simulación por computadora sea hoy en día la herramienta más utilizada para realizar experimentos de simulación de sistemas. El programa de simulación se puede definir como una secuencia de instrucciones que el usuario define para resolver un problema que puede estar plasmado en unas ecuaciones que describen a un sistema que previamente hemos modelizado mediante dichas ecuaciones.

La construcción de un modelo de simulación ha pasado, de ser una labor reservada a especialistas en programación, de difícil y costosa realización, a ser un ejercicio estructurado alrededor de la utilización de entornos cada vez más amables y flexibles que permiten aprovechar la característica más destacable de la simulación: la posibilidad de estudiar la evolución dinámica de los sistemas a lo largo del tiempo.

En medicina, la simulación por software está en constante crecimiento, tanto en el campo de la investigación como en el educativo. En la investigación permite, por ejemplo, la realización de fases previas de experimentación de drogas nuevas, sin la necesidad de utilizar animales de laboratorio, o hacerlo de manera más eficiente, y muchas veces obteniendo resultados más semejantes a los esperados en individuos humanos. También permite la experimentación clínica, resolviendo aspectos éticos, al disminuir en gran medida la necesidad de experimentación en individuos humanos. En lo educativo, permite un aprendizaje basado en la resolución de problemas, en forma reiterativa, sin provocar daño en los pacientes.

Uno de los aspectos que han crecido y han llamado mucho la atención de los simuladores por software es la realidad virtual, que crea un entorno visual generalmente en 3D del sistema simulado.



## Simulación por modelos físicos.

Entendiendo aquí por modelo físico a la representación del sistema real por elementos físicos, apreciables por las personas. El ejemplo más claro es el de los muñecos para práctica de RCP cuya estructura física intenta representar, de la forma más exacta la estructura torácica de un humano. Este ejemplo nos sirve para explicar que puede haber modelos simples como más complejos y mientras más complejo y parecido es el modelo con el sistema real, los resultados obtenidos por la simulación más semejante serán con los resultados reales. Hay maniqués que sólo representan la estructura torácica, como también los hay que representan las estructuras anatómicas y funcionales de las vías respiratorias, y circulatorias (existen algunos que tienen sistemas arteriales artificiales que permiten detectar la presencia de pulsos). El ejemplo del muñeco para la práctica de RCP no es el único simulador físico utilizado en medicina, también existen simuladores para tacto rectal, simuladores para maniobras gineco-obstétricas, etc.

Los simuladores más avanzados, en realidad, tienen una mezcla de un componente físico, el cual permite la interacción con el usuario, y un componente "virtual" o lógico que permite complejizar y representar una gran cantidad de variables biológicas. Para comprender su utilidad podemos mencionar el caso de los países donde el contacto directo con los pacientes no está permitido a los estudiantes de medicina o cualquier otra rama de las ciencias de la salud, en estos casos es de suma importancia la posibilidad de adquirir práctica mediante simulación. Existen algunos lugares donde se han creado terapias intensivas completamente simuladas (en realidad aquí sería una mezcla entre varios simuladores y un simulacro)



## Parte II: "Inteligencia Artificial"

### Introducción

La **inteligencia artificial (IA)** es la parte de la informática que concierne al diseño de sistemas inteligentes para la computadora, esto es, sistemas que presentan características asociadas con el comportamiento humano inteligente. Muchos autores creen que la percepción, que se encuentra en la naturaleza de la mente, puede ser adquirida estudiando la lógica de los programas que ejecuta. Las primeras investigaciones sobre el tema comenzaron a mediados de 1950. Los investigadores de inteligencia artificial han creado docenas de técnicas de programación que soportan, de un modo u otro, algún comportamiento inteligente.

Tanto si estas técnicas promueven un mejor conocimiento de la mente como si no, es bastante evidente que los desarrollos conduzcan a una nueva tecnología inteligente que puede tener efectos sorprendentes en nuestra sociedad. Sistemas experimentales de inteligencia han sido ya generados, de una manera interesada y entusiasta, en la industria, y están siendo desarrollados comercialmente.

Los pilares de la transformación digital son hasta la actualidad considerados como las grandes bases para el funcionamiento de nuestra vida futura en todos sus aspectos: internet, realidad aumentada y virtual, información artificial, blockchain, machine learning, robótica, soluciones cognitivas, analítica digital y Smart mobility.

La inteligencia artificial con sus métodos y procedimientos constituyen una solución tecnológica de alto nivel, que aplicada en la medicina y sus áreas aporta elementos que optimizan el hacer médico, recordando que el arte de la medicina se fundamenta en la interrelación médico-paciente.

Es cierto también que muchos integrantes de la comunidad de salud, por desconocimiento y apelando a dilemas éticos culturales y filosóficos aun no le ven utilidad, o la cuestionan, deberían verlo como una herramienta, que, si muchas veces podría reemplazarlos, pero para simplificarles las cosas o ahorrarles tiempo de trabajo, estas inteligencias artificiales ya están incorporadas y se usan a diario en muchas de las aplicaciones que usamos a diario en nuestros smartphones y ordenadores

### Definición

La IA es el conjunto de técnicas de programación y de software utilizados en una computadora que maneja la información simbólica por medio de procesamientos basados en la experiencia (heurísticos).

La importante información que se encuentra en la computadora, puede ser aprovechada para realizar tareas automatizadas. Un ser humano, en teoría, aprende y realiza tareas mediante la incorporación de datos e información a su conocimiento natural, y, por lo tanto, adquiere experiencia basada en la información acumulada anteriormente explicada.

Se dice que un ser humano experto en un área determinada ha acumulado gran cantidad de información y conocimientos específicos del dominio, almacenados en la memoria de largo plazo.

(Ejemplo: se estima que un experto de categoría mundial, tal como un premio Nobel en Ciencias, tiene 50.000 a 100.000 "cuantos" de conocimiento heurístico, experiencia, de su especialidad. Estos CUANTOS pueden recuperarse, examinarse y ser usados a voluntad en el momento que se desee, se sabe que adquirir esa suma de "cuantos" de unidad, cuestan o tardarían unos 10 años de conocimiento acumulados.)

De muchas actividades mentales del hombre, tales como escribir programas para computadoras, hacer deducciones matemáticas o razonar en base al sentido, en las últimas décadas se han construido sistemas informáticos o computadoras capaces de realizar tales tareas, concretamente, hay computadoras que pueden diagnosticar enfermedades, planificar la síntesis de complejos compuestos de química orgánica, resolver ecuaciones diferenciales en forma simbólica, analizar circuitos electrónicos, comprender fragmentos limitados del habla humana y de textos escritos en un lenguaje natural, transformar información en voz; pequeños programas que le permita a computadoras acumular información para adiestramiento. Ejemplo: jugadores de ajedrez, que utilizan computadoras capaces de reproducir ilimitadas jugadas.

Podríamos decir que estos sistemas poseen cierto grado de inteligencia artificial (IA).

Además, el hecho de que la IA carezca de una rama de aplicación específica, hace que sus descubrimientos e ideas se utilicen y apliquen en diferentes ramas de la ciencia y tecnología.

Entre estas podemos distinguir las siguientes:



## Evolución y crecimiento de la IA

El crecimiento de los modelos utilizados para procesos de Inteligencia Artificial esta creciendo de manera exponencial, ya sea por los nuevos procesadores que están en desarrollo como también por los nuevos y eficientes algoritmos de programación que utilizan.<sup>1</sup>

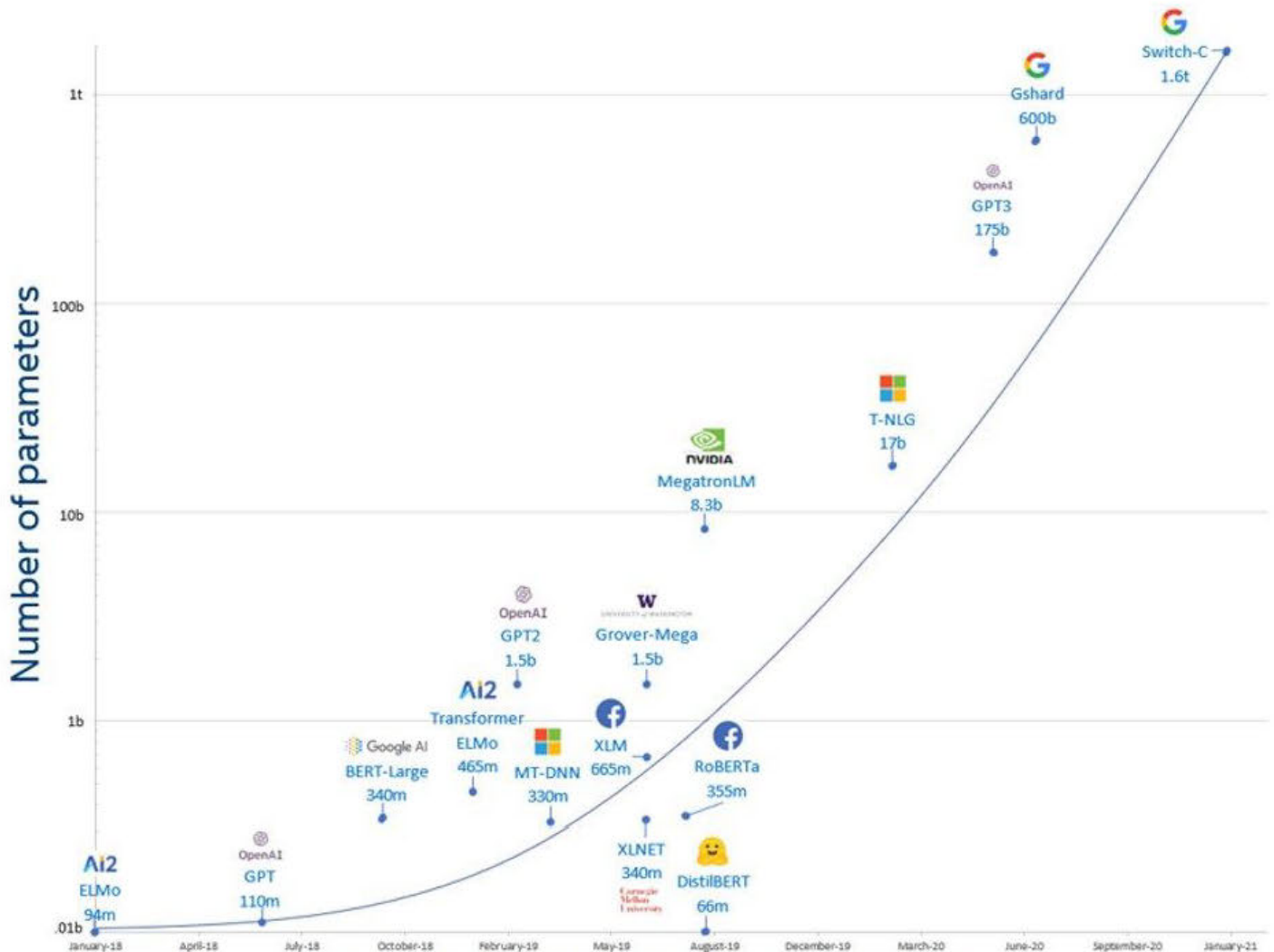


Figure 1: Exponential growth of number of parameters in DL models

## La prueba de Turing.

El concepto de Informática se lo podríamos atribuir a varias personas en general, pero es de destacar que, durante la Segunda Guerra Mundial, un matemático Inglés, **Alan Mathison Turing** (1912-1954), quien postulo una teoría, en la cual era posible crear un dispositivo o máquina capaz de resolver ecuaciones matemáticas como lo haría un ser humano.

Esto desató enormes controversias, en la sociedad científica de esa época. Pero **Turing** fue más allá todavía, en su postulado destacó que la tecnología superaría todas las fronteras conocidas y se construiría máquinas capaces de imitar a la inteligencia del ser humano.

De esta teoría, Turing desarrolló una prueba que lleva su nombre, que permite definir cuándo una máquina es inteligente:

“una máquina es inteligente si, en una conversación con un hombre a través de una comunicación a ciegas, el sujeto es incapaz de determinar si la otra parte de la comunicación es humana o máquina, entonces se considera que la máquina ha alcanzado un determinado nivel de madurez: **es inteligente.**”



Foto: Alan Mathison Turing

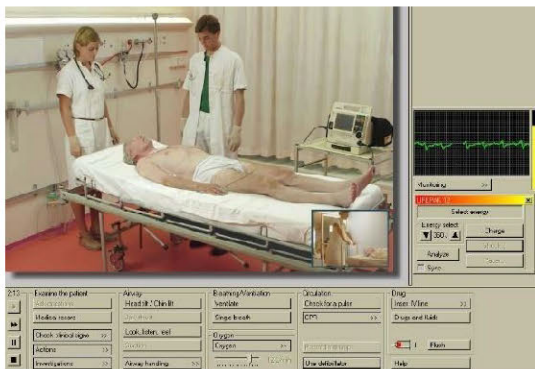
## Aplicaciones (IA)

Recuperación inteligente de la información

Las bases de datos almacenan información relacionada con una amplia gama de hechos sobre algún tema, de modo que pueden usarse para responder a las cuestiones que se plantean sobre este tema.



Sistemas expertos  
Ver Pág.:



Simuladores  
Ver Pág.: **Error! Bookmark not defined.**



Robótica  
Ver Pág.:

Estas aplicaciones resuelven algunos problemas complicados en disciplinas como química, biología, geología, ingeniería y medicina que habitualmente precisan de expertos humanos con diferentes niveles de especialización.

Dispositivos que manipulan robots para resolver algunas tareas usuales, repetitivas y relacionadas con motores que reaccionan ante el estímulo de sensores.

Responden preguntas expresadas en dialectos simples, derivados del inglés, francés, japonés o cualquier otro lenguaje natural. Por Ej.: [www.wolframalpha.com](http://www.wolframalpha.com)

Estos puntos indican que, normalmente, los programas de inteligencia artificial juegan un papel muy importante en el entorno informático dentro de la vida humana (un entorno que ha cambiado, en nuestro tiempo, de ser ajeno a nosotros a formar parte de nuestra convivencia normal y que, si las expectativas acerca de los costos relacionados con la informática y su potencia son correctas, es seguro que pasará de ser inusual a esencial).

Disponer de sistemas expertos que realizan tareas complejas para la toma de decisiones (por ejemplo, diagnósticos) tiene unas implicaciones éticas de gran importancia. La Unión Europea ha elaborado una guía de consideraciones éticas en la que se proponen 3 principios básicos para conseguir una IA fiable: [High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. Draft Ethics Guidelines for Trustworthy AI. European Commission Directorate-General for Communication. Brussels; 2018.]

La interrelación entre inteligencia artificial y medicina asombra por la variedad de aplicaciones y el uso de "medios diagnósticos, técnicas de inteligencia artificial y variados tipos de aplicaciones educativas (multimedia e hipermedia) y de gestión", a pesar de sus impresionantes éxitos, ofrecen sólo una pálida imagen de lo que puede representar el desarrollo de la inteligencia artificial con fines médicos.

La medicina digital con la ayuda de la inteligencia artificial y big data se presenta como una solución a los problemas asistenciales actuales, como la enseñanza médica. En este contexto nace Teckel Medical, una empresa dedicada al desarrollo de software médico basado en inteligencia artificial. Su aplicación Mediktör es el primer evaluador de síntomas avanzado del mundo, capaz de reconocer lenguaje natural para que el usuario exprese cómo se siente con sus palabras. Conduce un interrogatorio médico hasta concluir en un listado de posibles enfermedades asociadas a los síntomas referidos. La inteligencia artificial de Mediktör, junto con técnicas de gamificación, pueden utilizarse en el campo de la formación para dinamizar la enseñanza. Los formadores de la salud entienden que existe un momento de cambio, por lo que se empieza a enseñar medicina con una plataforma 2.0 en las facultades.

Desde hace 25 años venimos desarrollando Uvemaster (19) un sistema experto que integra la inteligencia artificial en el diagnóstico etiológico y tratamiento de las uveítis con el fin de incrementar el porcentaje de uveítis con diagnóstico específico, empleando para ello un método de "aproximación a medida" del caso particular que evita la realización de numerosas e innecesarias pruebas de laboratorio, así como la aplicación de tratamientos inadecuados y la consiguiente reducción de los costes del "work-up".

Los avances en el campo de la Radiología, la inteligencia artificial ciertamente ayudará a los radiólogos a "reducir el atraso" de los exámenes, el informar más rápido. En la práctica, se cree que el primer cambio será que los radiólogos de la actualidad, que utilizan principalmente una estación de trabajo con dos pantallas de computadora, una con la herramienta de imagen la otra con el sistema para emitir el informe y acceder a datos clínicos y radiológicos, comenzará a funcionar con tres pantallas, la tercera es una que incluye el análisis de inteligencia artificial y sus avances serán capaces de realizar las tareas parcial o totalmente y teniendo la ventaja de tomar decisiones sin la intervención humana, reduciendo los costos y los errores humanos más comunes

Estudios independientes afirman que entre el 50% y el 63% de las mujeres de EE. UU. que se realizan mamografías regulares durante 10 años recibirán al menos un "falso positivo" para cáncer. En dichos estudios, se estima que el software de reconocimiento de patrones visuales, es entre un 5% y un 10% más preciso que el médico promedio. Y se espera que la brecha de precisión entre el ojo humano y el digital se amplíe aún más en poco tiempo. Muchas especialidades como traumatología, oftalmología, dermatología, genética oncología, etc. están desarrollando y utilizando softwares de inteligencia artificial para previa creación de una base de datos con patrones radiológicos estos sistemas son sometidos a entrenamientos constantes donde con el tiempo el modelo de IA va aprendiendo en el tiempo y mientras más grande sea su base de datos y su entrenamiento mejores son sus resultados

A medida que las máquinas se vuelven más poderosas y los enfoques de aprendizaje profundo ganan fuerza, continuarán avanzando campos diagnósticos como la radiología (CT, MRI y mamografía), la patología (diagnósticos microscópicos y citológicos), la dermatología (identificación de erupciones y evaluación de lesiones pigmentadas para el potencial melanoma) y la oftalmología (examen de los vasos retinianos para predecir el riesgo de retinopatía diabética y enfermedad cardiovascular).

Los Sistemas Expertos (SE) constituyen hoy en día una de las áreas de aplicación dentro de la medicina con mayor éxito. Los SE permiten almacenar y utilizar el conocimiento de uno o varios expertos humanos en un dominio de aplicación concreto. Su uso incrementa la productividad, mejora la eficiencia en la toma de decisiones o simplemente permite resolver problemas cuando los expertos no están presentes. Un sistema experto se refiere a un software capaz de imitar el comportamiento de uno o más expertos humanos en solución de problemas específicos; éste tiene la característica de almacenar el conocimiento de varios expertos y ofrecer solución, mediante robustos algoritmos y lógica. Una de las principales características de un sistema experto es la capacidad de ganar experiencia; es decir, de aprender en cada una de sus tareas anteriores, recaudando información importante que permitirá que las futuras búsquedas o diagnósticos sean más certeros y rápidos

Un considerable aumento en los casos de cáncer a nivel mundial, así como de enfermedades autoinmunes colocan ante nosotros un gran reto; cada día se genera una cantidad importante de información la cual es necesaria considerar y utilizar para poder encontrar respuesta a cada una de las patologías que se presentan. En los últimos 20 años la Historia Clínica Electrónica (HCE) tiene un gran potencial en la mejoría de la atención de salud, ya que permite tener a disposición del médico, en cualquier momento, los múltiples datos simples o complejos de cada paciente., Integrar con seguridad dichas tecnologías en la práctica también tomará tiempo. Los ensayos clínicos deben demostrar que el uso de la inteligencia artificial para asistir con el tamizaje (screening) o triage no lleva a sobre diagnósticos por la identificación de falsos positivos o a una atención médica retrasada o perdida por los falsos negativos. Son también necesarios los análisis de costo-beneficio y la demostración de generalización a diferentes poblaciones y servicios de salud

Muchas compañías están diseñando softwares de registros médicos electrónicos, Apple, por ejemplo, había lanzado una aplicación de salud para descargar su registro médico. Las regulaciones requeridas por la ley actual hacen que estos programas y aparatos requieran la aprobación en EE. UU. de la Food and Drug Administration (FDA) antes que se puedan ofrecer en el mercado., y esto varía según las leyes vigentes en cada país, siendo esto una barrera de aplicación

Para realizar estudios observacionales con big data debemos reconocer y manejar tres limitaciones fundamentales, que se refieren a los confundidores residuales, los problemas del tiempo cero, y la multiplicidad.

Los algoritmos diagnósticos por sí solos no cuidan ni aconsejan a los pacientes en sus intrincados contextos personales, pero ahorrarían el tiempo de los clínicos, porque sintetizan datos complejos que, habitualmente, requerían consultas con diferentes grupos multidisciplinarios. Para navegar por tales incertidumbres, aún necesitamos un doctor que haya contemplado la mortalidad de una manera profunda

Según algunos autores como Hugo el cerebro está constituido por neuronas que guardan y procesan una gran cantidad de información, por este motivo las redes neuronales artificiales buscan simular este comportamiento del cerebro, permitiendo generar sistemas complejos creando una estructura donde se utilizan elementos simples, y dos tipos de redes; la multicapa que es la más utilizada y también las redes neuronales convolucionales, las cuales son especializadas para el trabajo con imágenes

La red neuronal multicapa o MPL (MultiLayer Perceptron) se basa en la unión de neuronas organizadas y distribuidas a lo largo de diferentes capas. Este tipo de redes sirven para copiar el comportamiento de cualquier sistema usando entradas y salidas conocidas, de esta forma es capaz de clasificar elementos o imitar el funcionamiento de una estructura. Uno de los campos en el que más se utiliza este tipo de redes es medicina, los autores Marcela Mejía y otros, han desarrollado una herramienta de apoyo diagnóstico para el examen de frotis de sangre periférica, en la cual con ayuda de una red neuronal buscan la clasificación de siete anomalías en eritrocitos. La metodología consta de dos partes, un proceso de segmentación y uno de extracción; se usaron 23 imágenes, en las cuales fueron clasificados 265 eritrocitos de forma aislada por expertos. Los resultados obtenidos muestran que la media entre los porcentajes de acierto de la red es superior al 97% comparándolos con la clasificación realizada por el experto. Las redes neuronales convolucionales (CNNs) se han usado últimamente en tareas de análisis de imágenes, sobre todo destacando su uso en los procedimientos de clasificación y reconocimiento Este modelo de red se ha desarrollado inspirado en el sistema de aprendizaje biológico. Según W. Zhang, Qu, Ma, Guan, sería extraer las características propias de un elemento que lo diferencian de otros es un proceso que realizan los seres humanos con la vista y que las CNNs tratan de emular. Para el trabajo con imágenes se utilizan este tipo de redes porque permiten el manejo de grandes estructuras de datos. Por otra parte J. Tan presentan un algoritmo de segmentación de imágenes oculares en donde se buscan identificar los vasos vasculares, la fovea, el disco óptico y el fondo del ojo utilizando una red neuronal convolucional. Otro ejemplo sería: el sistema inmunológico de acuerdo con Schmidt es el encargado de proteger a un organismo de elementos externos que puedan poner en riesgo la vida. El sistema tiene dos actividades básicas, el reconocimiento y eliminación de estos patógenos. De esta forma el sistema inmune artificial (AIS) trata de emular ese

comportamiento para la solución de problemas utilizando el concepto de la producción de anticuerpos con base en información recopilada y guardada.

Entre los trabajos realizados se encuentra el de Magna que busca utilizando un modelo del AIS encontrar asimetrías en mamografías para poder detectar cáncer de seno, para lo cual entrenan el modelo con una base de datos patrón. Para el desarrollo del trabajo se usan alrededor de 200 muestras, las cuales se procesan y segmentan para extraer 24 características, con los patrones previamente entrenados se clasifican los resultados en clases predefinidas. Como resultado se obtiene un modelo con un acierto en la clasificación del 90% usando la base de datos de imágenes DDSM mini-MIAS, lo cual muestra mejores resultados en comparación con trabajos que usan los mismos datos como el propuesto en Magna) con 85% y en Casti con 82%.

Otro caso de aplicación en el campo de la medicina es el presentado por los autores Gong y otros en donde se establece el problema de la estandarización de las lecturas de imágenes de resonancia magnética. En este trabajo se presenta el desarrollo de un algoritmo basado en la técnica de selección clonar del sistema inmunológico artificial modificado para mejorar las imágenes.

La inteligencia artificial también tiene su rol en la Medicina Basada en la Evidencia (MBE) y la estandarización de las prácticas clínicas, como apoyo en las diferentes especialidades de la medicina. El paradigma de la MBE ha favorecido la progresiva estandarización de las prácticas clínicas en las últimas décadas) Esta tendencia se ha reflejado en la adopción cada vez más extendida a nivel mundial de protocolos y guidelines (guías o pautas) por parte de las asociaciones científicas y las instituciones hospitalarias, hasta lograr su reconocimiento tanto en el marco de las regulaciones positivas en materia de responsabilidad médica, como también ante instancias judiciales

los empleos más relevantes de automatización en el ámbito de la medicina, los sistemas de Deep learning son los que más se acercan a las posibilidades de percepción del sistema nervioso humano por lo que son utilizables en sectores como la oncología, la dermatología, traumatología y radiología. Pero pueden darse aplicaciones también en los ámbitos de la experimentación clínica, así como en el terapéutico. Por ejemplo, según un estudio publicado por un equipo investigador de la Universidad de Stanford el sistema Decagon sería capaz de prever los efectos adversos de las prescripciones simultáneas de fármacos (polypharmacy), y así ayudar a los médicos a encontrar combinaciones mejores y más seguras. los modelos actualmente disponibles pueden llevar a cabo tareas muy concretas, como alertar al médico de hacer ciertas acciones, comprobar el estado del paciente o incluso sugerir una solución diagnóstica o terapéutica, pero sin sustituir integralmente a la valoración y resolución del profesional sobre la robótica aplicada a la cirugía. En efecto, en la actualidad contamos con sistemas que ejecutan y corrigen la acción humana (L0 y L1); que ejecutan tareas bajo supervisión (L2), o que generan estrategias bajo supervisión humana (L3). Pero aún no se han alcanzado mayores niveles de autonomía o formas de actuación autónoma y sin supervisión humana

En la genética humana: La interpretación clínica de las variantes genéticas en el contexto del fenotipo del paciente se ha convertido en el mayor componente del gasto de tiempo y costo para el diagnóstico, basado en el genoma, de las enfermedades genéticas raras. El proceso de interpretación del genoma consiste en un filtrado de variantes iterativo, junto con una revisión basada en la evidencia de las variantes candidatas que causan enfermedades. La inteligencia artificial (IA) promete simplificar y acelerar en gran medida la interpretación del genoma mediante la integración de métodos predictivos con el creciente conocimiento de las enfermedades genéticas. la IA es útil para acelerar ella secuenciación análisis y comparación con paneles de genes ya conocidos facilitando así tanto el diagnóstico, tratamiento, y la investigación dentro de este gran campo de la genética clínica

El análisis predictivo dentro de cualquier plataforma de gestión de datos también puede proporcionar perspectivas empresariales. Las mismas tendencias que informan la atención al paciente, como los diagnósticos, los planes de tratamiento y las preocupaciones relacionadas Además de darnos más tiempo para la interacción con el paciente, inteligencia artificial proporcionará más ancho de banda para la planificación, la administración del personal y la evaluación de nuevos equipos con la salud, pueden informar otras decisiones

## PRINCIPIOS BÁSICOS

- Asegurarse de que la IA está **centrada en el ser humano**: La IA se debe desarrollar, implementar y utilizar con un «propósito ético», fundamentado y que refleje los derechos fundamentales, los valores sociales y los principios éticos de la Beneficencia (hacer el bien), Maleficencia (no hacer daño), Autonomía de los seres humanos, Justicia y Explicabilidad.
- Confiar en los derechos fundamentales, principios éticos y valores para evaluar prospectivamente los posibles efectos de la IA en los seres humanos y **el bien común**. Prestar especial atención a las situaciones que involucren a los grupos más vulnerables, como niños, personas con discapacidades o minorías, o situaciones con asimetrías de poder o información, como entre empleadores y empleados, o empresas y consumidores.
- Reconocer y tener en cuenta el hecho de que, si bien aporta beneficios sustanciales a los individuos y a la sociedad, la IA **también puede tener un impacto negativo**. Permanecer atento a las áreas de preocupación crítica.

Para asegurar estos principios se han elaborado una serie de recomendaciones:

1. Incorporar los requisitos para la IA de confianza desde la primera fase de diseño.
2. Considerar métodos técnicos y no técnicos para garantizar la implementación de esos requisitos en el sistema de IA. Además, tener en cuenta esos requisitos para construir el equipo, para trabajar en el sistema en sí, el entorno de prueba y las aplicaciones potenciales del sistema.
3. Proporcionar de manera clara y proactiva información a las partes interesadas (clientes, empleados, etc.) sobre las capacidades y limitaciones del sistema de IA, lo que nos permite establecer expectativas realistas. Asegurar la trazabilidad del sistema de IA es clave en este sentido.
4. Hacer que la IA confiable sea parte de la cultura de la organización, y brindar información a las partes interesadas sobre la implementación, el diseño y el uso de los sistemas de IA. La IA confiable también se puede incluir en deontología o códigos de conducta de las organizaciones.
5. Asegurar la participación e inclusión de las partes interesadas en el diseño y desarrollo del sistema de IA. Además, asegure la diversidad al configurar los equipos que desarrollan, implementan y prueban el producto.
6. Prever formación y educación y asegurarse de que los directivos, desarrolladores, usuarios y empleadores conozcan y estén capacitados en IA confiable.
7. Esforzarse por facilitar la auditabilidad de sistemas de IA, particularmente en contextos o situaciones críticas.
8. Considerar la posible existencia de conflictos entre diferentes objetivos (la transparencia puede abrir la puerta al mal uso; identificar y corregir sesgos puede contrastar con las protecciones de privacidad). Comunicar y documentar estas compensaciones.
9. Fomentar la investigación y la innovación para promover el cumplimiento de los requisitos para la IA confiable.

## Redes Neuronales Artificiales

Las redes neuronales permiten la resolución de problemas que no pueden ser descritos fácilmente mediante un enfoque algorítmico tradicional. La forma de resolver estos problemas es mediante la emulación del comportamiento de los sistemas biológicos. Com o ejemplos de problemas de este tipo tenemos el reconocimiento de patrones que hemos empleado en los ejemplos anteriores.

Con las redes neuronales artificiales se intentará buscar solución a problemas complejos, no como una secuencia de pasos como en los algoritmos tradicionales, sino con la evolución de sistemas basados en el funcionamiento del cerebro humano. Estos sistemas de computación están formados por una gran cantidad de elementos simples de proceso, llamados neuronas. Todos estos sencillos elementos están altamente interconectados entre sí y trabajan de forma masivamente paralela.

El uso de este tipo de tecnologías está cada vez más presente en nuestros días, desde el teléfono móvil que marca los números mediante voz hasta las lavadoras que optimizan el consumo de agua y electricidad dependiendo de la carga; y esto es probablemente el comienzo de una nueva era tecnológica en la que las máquinas estarán cada vez más estrechamente ligadas al hombre, posiblemente llegando incluso a poder tener alto nivel de "inteligencia" y realizar tareas propiamente humanas.

## ChatGPT

ChatGPT es un modelo de lenguaje desarrollado por OpenAI que utiliza la técnica de procesamiento de lenguaje natural (NLP) de transformación autorregresiva (Transformer) para generar respuestas coherentes y naturales a preguntas o comentarios en tiempo real. ChatGPT es especialmente útil para crear chatbots y otros sistemas de conversación automatizados que pueden interactuar con personas de manera natural y fluida.)

ChatGPT se basa en el modelo de lenguaje GPT-3 (Generative Pre-training Transformer 3), que es uno de los modelos de lenguaje más grandes y avanzados disponibles actualmente. ChatGPT ha sido entrenado en una amplia variedad de tareas de NLP, incluyendo la comprensión del lenguaje natural, la generación de texto y la traducción automática. Gracias a su capacidad para procesar grandes cantidades de texto y aprender de ellos, ChatGPT es capaz de producir respuestas coherentes y naturales a preguntas y comentarios en una amplia variedad de contextos y temas. (2) Una forma en la que ChatGPT podría ser útil en la comunicación científica es como una herramienta para ayudar a comunicar las investigaciones de manera más clara y accesible para el público en general. Otro potencial que podría ser utilizado para generar resúmenes de investigaciones científicas de manera automatizada, permitiendo que la información sea más fácilmente comprensible para personas que no tienen un conocimiento científico previo. Otra forma en la que esta inteligencia artificial (IA) podría ser útil es como una herramienta para contribuir a los científicos y académicos a mantenerse al día con las últimas investigaciones y desarrollos en su campo de trabajo. Especialmente el ChatGPT podría ser utilizado para recopilar y resumir artículos científicos y otras publicaciones relevantes de manera automatizada, lo que podría ayudar a los científicos a ahorrar tiempo y esfuerzo al tener que leer y analizar cada artículo por sí mismos. Mas allá de sus ámbitos de desempeño es importante tener en cuenta que ChatGPT es un modelo de lenguaje que ha sido entrenado para generar texto coherente y natural en una amplia variedad de contextos. (3) Sin embargo, por sí solo no es capaz de realizar investigación científica original ni tiene conocimientos especializados en un campo particular de la ciencia. Si bien se pudiera usar para dar tomar ideas generales para el desarrollo de una investigación, la realidad es que por sí sola es muy poco probable que pueda sustituir la escritura de artículos científicos por completo. Un elemento crucial en algunos tipos de estudios, la síntesis de literatura, sea para una revisión narrativa o panorámica, el uso de ChatGPT permitiría generar resúmenes o abstracts de investigaciones de manera más eficiente, o incluso a redactar secciones de un artículo científico que requieran menos análisis crítico o interpretación. Sin embargo, la escritura de un artículo científico completo requiere un conocimiento profundo del campo de investigación y la habilidad para analizar y sintetizar datos de manera crítica. Esto es algo que solo puede hacerse de manera efectiva a través del trabajo y el esfuerzo de un ser humano. Mas allá de sus limitaciones, esta IA en constante desarrollo, puede convertirse en una herramienta útil para mejorar la comunicación científica al proporcionar una manera más eficiente y accesible de transmitir y comprender la información científica

## ChatGPT 4 en Medicina

ChatGPT-4 es la última versión de la inteligencia artificial (IA) desarrollada por OpenAI disponible desde marzo de 2023. ChatGPT-4 es capaz de generar textos coherentes y fluidos sobre cualquier tema, utilizando una enorme base de datos de información extraída de Internet. Uno de los campos donde ChatGPT-4 podría tener un gran impacto es la medicina humana. Según sus creadores, ChatGPT-4 es experto en una gran variedad de temas e incluso asombra a los médicos con sus consejos de salud (Metz & Collins, 2023). Por ejemplo, ChatGPT-4 podría ayudar a diagnosticar enfermedades, sugerir tratamientos, responder dudas médicas o educar a los pacientes sobre hábitos saludables. Además, la Inteligencia artificial en Medicina Humana ChatGPT-4 podría facilitar la investigación médica, al generar hipótesis, resumir artículos científicos o encontrar correlaciones entre variables. Sin embargo, ChatGPT-4 también presenta algunos desafíos y **limitaciones** que deben ser considerados antes de su aplicación en el ámbito sanitario. Por un lado, ChatGPT-4 no es infalible y puede cometer errores o inventar cosas que no son ciertas (Metz & Collins, 2023). Por otro lado, ChatGPT-4 no tiene conciencia ni ética y puede generar contenidos que sean ofensivos o dañinos para los usuarios (Grupo GDA, 2023). Por último, ChatGPT-4 puede suponer una amenaza para la privacidad y la seguridad de los datos médicos si no se implementan medidas adecuadas para protegerlos. En conclusión, ChatGPT-4 es una herramienta muy potente y prometedora para la medicina humana, pero también requiere una regulación y un uso responsable por parte de los profesionales y los usuarios. Es necesario evaluar sus beneficios y riesgos con rigor científico y ético antes de incorporarlo al sistema sanitario.

## BigData

El Big Data, entendiendo como tal el análisis de ingente cantidad de datos en un tiempo limitado por medio de técnicas basadas en inteligencia artificial, ha comenzado a aplicarse al campo de la Medicina. Este tipo de análisis va a inducir una serie de cambios en la Medicina, que incluyen un cambio conceptual desde las hipótesis basadas en relaciones de causalidad hasta las correlaciones por coincidencia.

**Fuentes de datos** que se pueden integrar para llevar a cabo un **análisis Big Data aplicado a la Salud**. El listado incluye:

- **Registros de los centros médicos: número de pacientes atendidos, horarios de funcionamiento, recursos utilizados, patologías tratadas, etc.**
- **Historia clínica de cada paciente**, con toda la información sanitaria personal que ha ido acumulando a lo largo de su vida.
- **Pruebas diagnósticas por imagen**, como radiografías, ecografías, resonancias magnéticas o escáneres.
- **Electrocardiogramas.**
- **Registros de las constantes vitales:** tomas de temperatura, tensión arterial, pulso y frecuencia respiratoria.
- **Datos ómicos**, procedentes del ámbito de la biología molecular y de técnicas como la secuenciación masiva.
- **Muestras biológicas** preservadas en bancos, como células, tejidos u órganos.
- **Experimentación** en medicina y cuidado de la salud.
- **Artículos de investigación** publicados en revistas científicas.
- Conocimiento estructurado en la **literatura médica**.

Este nuevo paradigma según algunos autores allanaría el camino hacia nuevos horizontes de la medicina basada en algunos de los siguientes pilares:

1. **Medicina Preventiva**, en la que el conocimiento de las características internas y del entorno del paciente permitirá aplicar estrategias que eviten el deterioro físico y la aparición de enfermedades.
2. **Medicina Personalizada**, con terapias ultraindividualizadas para conseguir el mayor beneficio con los menores efectos secundarios en cada caso.
3. **Medicina Predictiva**, que mediante la monitorización constante podría detectar ciertas patologías antes de que se manifiesten los síntomas.
4. **Medicina Participativa**, que empodera al paciente y lo coloca en el centro de la toma de decisiones relacionadas con su salud.

Recomendaciones para buen uso e implementación de bigdata en salud, según algunas organizaciones de la unión europea UE:

1. Ofrecer una plataforma sostenible de acceso y análisis de datos de atención médica que englobe y represente la población en análisis
2. Establecer un marco u ente para garantizar la calidad y la representatividad de los datos.
3. Definir métodos que permitan la elección y extracción de datos clave para la toma de decisiones regulatorias.
4. Desarrollar habilidades relativas al big data en el equipo humano de toda la red regulatoria de la misma población en estudio
5. Crear una «iniciativa de aprendizaje de big data» en la que se realice un seguimiento de las presentaciones y se revisen los resultados.
6. Desarrollar la capacidad de análisis de big data en la zona que corresponda
7. Modernizar el asesoramiento experto para los diferentes grupos de interés en temas de big data para que se beneficie todo el ecosistema de este conocimiento.
8. Asegurar que los datos se gestionen y analicen dentro de un marco de gobierno ético y seguro.
9. Colaborar con iniciativas internacionales relacionadas con big data como parte de una estrategia global de estandarización, aprendizaje y buenas prácticas.
10. Instaurar un «foro de implementación de partes interesadas» de big data para establecer un flujo de comunicación continuo sobre regulación y análisis y procesamiento de datos a gran escala.

## Algunas aplicaciones actuales de Bigdata en el área de la salud

**Estudio de la transmisión de enfermedades infecciosas** mediante el estudio de los patrones de búsqueda en Internet sobre síntomas o vacunas, Los científicos de datos de Google fueron capaces de prever la localización de nuevos brotes de gripe Este tipo de prácticas se puede hacer extensible a otras enfermedades infecciosas y en la actualidad, con la pandemia de la COVID-19, y es potenciado por otras herramientas informáticas como los mapas mundiales de evolución de contagios.

**Seguridad farmacológica** con técnicas de Big Data sirve para detectar con rapidez efectos secundarios significativos que no se habían previsto antes de la comercialización.

**Gestión inteligente de recursos humanos y de los suministros** permite hacer predicciones bien fundadas de afluencia de pacientes y de evolución de la presión asistencial en los centros médicos. Con ellas se puede ajustar la política de Recursos Humanos, la gestión de turnos del personal o la compra de materiales

**Vigilancia de la salud** Los wearables son un accesorio inestimable para utilizar el Big Data en pro de nuestro bienestar. La información registrada por estos dispositivos puede orientar a los facultativos sobre nuestros hábitos y estado de salud, lo que redundará en diagnósticos más certeros, además de enviarles alertas inmediatas ante situaciones de emergencia.

**Diagnóstico automatizado por imagen** Una gran ayuda para los radiólogos. Los algoritmos de Big Data rastrean píxel a píxel las irregularidades en una imagen, llamando la atención acerca de detalles clave para guiar e, incluso, automatizar el diagnóstico.

## DataMining o Minado de Datos

El minado de datos es un conjunto de técnicas y tecnologías que permiten explorar grandes bases de datos, de manera automática o semiautomática, con el objetivo de encontrar patrones repetitivos que expliquen el comportamiento de estos datos. La minería de datos surgió con la intención o el objetivo de ayudar a comprender una enorme cantidad de datos y que estos pudieran ser utilizados para extraer conclusiones para contribuir en la mejora del manejo e interpretación de datos para toma de mejores decisiones y su primera utilidad fue en los ámbitos empresariales. El data mining ha abierto todo un mundo de posibilidades para los negocios. Este campo de la estadística computacional relaciona millones de datos aislados y sirve a las empresas, por ejemplo, para detectar patrones de conducta en sus clientes y predecir su comportamiento. Su objetivo es generar nuevas oportunidades de mercado, pero también tienen sus aplicaciones en el área de la salud

En medicina. La minería de datos favorece diagnósticos más precisos. Al contar con toda la información del paciente —historial, examen físico y patrones de terapias anteriores— se pueden prescribir tratamientos más efectivos. También posibilita una gestión más eficaz, eficiente y económica de los recursos sanitarios al identificar riesgos, predecir enfermedades en ciertos segmentos de la población o pronosticar la duración del ingreso hospitalario. Detectar fraudes e irregularidades y estrechar vínculos con los pacientes al ahondar en el conocimiento de sus necesidades son también ventajas de emplear el data mining en medicina.

## Diferencias entre minado de datos y Big Data

Aunque parezca lo mismo, el minado de datos y el Big Data son conceptos diferentes, aunque con una misma base.

Por un lado, el Big Data es una tecnología que tiene la capacidad de capturar, gestionar y procesar de forma veraz todo tipo de datos, utilizando herramientas o softwares que identifican patrones comunes. Estos patrones podrían ser características específicas de los consumidores, generación de parámetros, métricas, entre muchos otros. Además, tienen la capacidad de cambiar la manera de hacer negocios, ya que permiten aumentar la rentabilidad y productividad de las compañías.

A diferencia del Big Data, tal y como se ha comentado anteriormente, cuando hablamos de Data Mining nos referimos al análisis de los grandes datos o Big Data para buscar y obtener una información concreta, y así, poder ofrecer resultados que sirvan como solución para optimizar las actividades de una empresa.

En resumen, Big Data y Minería de datos podrían ser definidos como el “activo” y el “manejo”, respectivamente.



## Parte III: Sistemas expertos

### Los Sistemas Expertos:

#### Introducción.

Desde su aparición, a mediados de 1960, los Sistemas Expertos se han definido como aquellos programas que se basan en el conocimiento y tratan de imitar el razonamiento de un experto para resolver un problema de un tópico definido. Su comportamiento se basa generalmente en reglas, es decir, se basa en conocimientos previamente definidos, y mediante estos conocimientos, los SE son capaces de tomar decisiones. Sería ilógico pensar que solo existe una definición de Sistemas Expertos, ya que tanto los SE como la propia IA han ido evolucionando a la par a través de los años.

#### Definición de Sistema Experto.

En el Congreso Mundial de IA Feigenbaum se definió a los SE como:

- Un programa de computador inteligente que usa el conocimiento y procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir la intervención de un experto humano para su resolución.

Sin embargo, con los avances conseguidos hasta ahora esta definición ha cambiado, actualmente un SE define de la siguiente manera:

- Un SE es un sistema informático que simula los procesos de aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación y acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito.

Podemos agregar otro concepto actual, dado por la Asociación Argentina de Inteligencia Artificial:

- Los Sistemas Expertos permiten el desarrollo de otros sistemas que representan el conocimiento como una serie de reglas. Las distintas relaciones, conexiones y afinidades sobre un tema pueden ser compiladas en un Sistema Experto pudiendo incluir relaciones altamente complejas y con múltiples interacciones.

Las características mencionadas en las definiciones anteriores le permiten a un Sistema Experto almacenar datos y conocimiento, sacar conclusiones lógicas, ser capaces de tomar decisiones, aprender, comunicarse con expertos humanos o con otros Sistemas Expertos, explicar el razonamiento de su decisión y realizar acciones como consecuencia de todo lo anterior.

Se puede decir que los Sistemas Expertos son el primer resultado operacional de la Inteligencia artificial, pues logran resolver problemas a través del conocimiento y raciocinio de igual forma que lo hace el experto humano.

Un Sistema Experto (SE), es básicamente un programa de computadora basado en conocimientos y raciocinio que lleva a cabo tareas que generalmente sólo realiza un experto humano; es decir, es un programa que imita el comportamiento humano en el sentido de que utiliza la información que le es proporcionada para poder dar una opinión sobre un tema en especial. Otros autores lo definen como sigue: un Sistema Experto es un programa de computadora interactivo que contiene la experiencia, conocimiento y habilidad propios de una persona o grupos de personas especialistas en un área particular del conocimiento humano, de manera que permitan resolver problemas específicos de ése área de manera inteligente y satisfactoria. La tarea principal de un SE es tratar de aconsejar al usuario.

Los usuarios que introducen la información al SE son en realidad los expertos humanos, y tratan a su vez de estructurar los conocimientos que poseen para ponerlos entonces a disposición del sistema. Los SE son útiles para resolver problemas que se basan en conocimiento.

#### Las características principales de este tipo de problemas, según algunos autores, son:

- Utilizan normas o estructuras que contengan conocimientos y experiencias de expertos especializados
- Se obtienen conclusiones a través de deducciones lógicas.
- Contienen datos ambiguos.
- Contienen datos afectados por factores de probabilidad.

Con base en lo anterior, algunos investigadores de IA señalan que un SE debe cumplir con las siguientes características:

- Tener un amplio conocimiento específico del área de especialización.
- Aplicar técnicas de búsqueda.
- Tener soporte para Análisis Heurístico.
- Poseer habilidad para inferir nuevos conocimientos ya existentes.
- Tener la capacidad de procesar símbolos.
- Tener la capacidad para explicar su propio razonamiento.

## Tipos de Sistemas Expertos.

Hay muchos puntos de vista desde los cuales se pueden clasificar los Sistemas Expertos. Algunos de ellos son:

- ❖ **Por la forma de almacenar conocimiento:** se pueden distinguir *sistemas basados en reglas* y *sistemas basados en probabilidad*. Así en el primer caso, el conocimiento se almacena en forma de hechos y reglas, mientras que el segundo, la base de conocimientos está constituida por hechos y sus dependencias probabilísticas; en el primer caso el motor de inferencia opera mediante encadenamiento de reglas hacia atrás y adelante, mientras que el segundo caso opera mediante la evaluación de probabilidades condicionales. Finalmente, también hay diferencias en la adquisición del conocimiento y el método de explicación. Una comparación de ambos casos puede verse en la tabla 1.1.

En cuanto a las ventajas e inconvenientes de uno y otro puede mencionarse que, en el caso de los *Sistemas Probabilísticos*, el motor de inferencia es muy rápido, ya que todas las implicaciones están presentes y solo se ha de determinar con qué probabilidad se da una determinada implicación. En cuanto a los *Sistemas basados en Reglas*, la principal ventaja es el hecho de que el mecanismo de explicación es sencillo, al tener presente el sistema las reglas que han sido disparadas. Otra ventaja es que únicamente se emplean las reglas necesarias en cada caso, sin necesidad de evaluar toda una estructura probabilística.

Tabla 1.1

Elementos	Modelo Probabilístico	Modelo basado en reglas
Base de conocimiento	Abstracto: Estructura probabilística (sucesos dependientes). Concreto: Hechos	Abstracto: Reglas
Motor de Inferencia	Evaluación de probabilidades condicionales (Teorema de Bayes).	Encadenamiento hacia atrás y hacia adelante.
Subsistema de explicación	Basado en probabilidades condicionales.	Basado en reglas activas.
Adquisición de conocimiento	Espacio probabilístico. Parámetros.	Reglas. Factores de certeza.
Subsistema de aprendizaje	Cambio en la estructura del espacio probabilístico. Cambio en los parámetros.	Nuevas reglas. Cambio en los factores de certeza.

- ❖ **Por la naturaleza de la tarea a realizar:** así se tiene cuatro posibilidades:
  - *Diagnostico o Clasificación:* se conocen soluciones y se tratan de clasificarlas o diagnosticarlas en función de una serie de datos. Por ejemplo: sistema de diagnóstico médico.
  - *Monitorización:* análisis del comportamiento de un sistema buscando posibles fallos, en este caso es importante contemplar la evolución del sistema pues no siempre los mismos datos dan lugar a idénticas soluciones.
  - *Diseño:* se busca la construcción de la solución a un problema, que en principio es desconocida, a partir de datos y restricciones a satisfacer.
  - *Predicción:* se estudia el comportamiento de un sistema.

**❖ Por la interacción del usuario:**

- *Apoyo*: el sistema aconseja al usuario, que mantiene la capacidad de una última decisión. Por ejemplo, el diagnóstico médico.
- *Control*: el sistema actúa directamente sin intervención humana.
- *Critica*: Su misión es analizar y criticar decisiones tomadas por el usuario.

**❖ Por la limitación de tiempo para tomar decisiones:**

- *Tiempo ilimitado*: por ejemplo, aquellos que emplean conocimiento casual, que busca orígenes de un problema que ha ocurrido y cuyo análisis no necesita ser inmediato.
- *Tiempo limitado (tiempo real)*: sistemas que necesitan actuar controlando o monitorizando dispositivos y que han de tomar decisiones inmediatas frente a los problemas que surjan. Por ejemplo, el control de una red de comunicaciones.

**❖ Por la variabilidad temporal del conocimiento:**

- *Estáticos*: la base del conocimiento no se altera durante el proceso de decisión.
- *Dinámicos*: ocurren cambios en la base de conocimiento durante la toma de decisiones. Estos cambios pueden ser predecibles o impredecibles y además pueden, bien añadir información, bien modificar la información ya existente.

**❖ Por la naturaleza del conocimiento almacenado:**

- *Basado en experiencia*: el conocimiento se basa en experiencias o hechos ocasionados conocidos por el experto, pero sin que existe una causa clara para los efectos que se observan.
- *Basado en relaciones causa-efecto*.

**❖ Por la certeza de la información:**

- *Completa o perfecta*: se conocen todos los datos y reglas necesarios para la decisión.
- *Imperfecta*: que puede ser incompleta (falta información para tomar decisiones), Datos inciertos (o no confirmados), Conocimientos incierto (reglas no siempre validas), Terminología ambigua (dobles sentidos, etc.).

Un problema se presta a ser resuelto usando un Sistema Experto cuando:

- Una solución del problema tiene una rentabilidad tan alta que justifica el desarrollo de un sistema, pues las soluciones son necesidades del área y no se ha trabajado en otros métodos para obtenerla.
- El problema puede resolverse sólo por un conocimiento experto que puede dar forma a los conocimientos necesarios para resolver el problema, y la intervención de experto dará al sistema la experiencia que necesita.
- El problema puede resolverse solamente por un conocimiento experto en vez de usar algoritmos particulares.
- Se tiene acceso a un experto que puede dar forma a los conocimientos necesarios para resolver el problema. La intervención de este experto dará al sistema la experiencia que necesita.
- El problema puede o no tener una solución única. Los Sistemas Expertos funcionan mejor con problemas que tienen un cierto número de soluciones aceptables.
- El problema cambia rápidamente, o bien el conocimiento es el que cambia rápidamente, o sus soluciones son las que cambian constantemente.
- El desarrollo de un Sistema Experto no se considera que está acabado una vez que funciona este, sino que continúan desarrollando y actualizando tanto el conocimiento del sistema como los métodos de procesamiento, quedando reflejados los progresos o modificaciones en el campo, área o sistema.

Diferencia entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional:

	<b>Sistema Experto</b>	<b>Programa Tradicional</b>
Conocimiento	En programa e independiente	En programa y circuitos
Tipo de Datos	Simbólicos	Numéricos
Resolución	Heurística	Combinativa
Def. Problema	Declarativa	Procedimental
Control	Independiente. No secuencial	Dependiente. Secuencial
Conocimientos	Imprecisos	Precisos
Modificaciones	Frecuentes	Raras
Explicaciones	Si	No
Solución	Satisfactoria	Óptima
Justificación	Si	No
Resolución	Área limitada	Específico
Comunicación	Independiente	En programa

## Componentes de un Sistema Experto

Una característica decisiva de los Sistemas Expertos es la separación entre conocimiento (reglas, hechos) por un lado y su procesamiento por el otro. A ello se añade una interface de usuario y un componente explicativo.

### Componentes:

**1- La Base de Conocimientos:** de un Sistema Experto contiene el conocimiento de los hechos y de las experiencias de los expertos en un dominio determinado. La Base de conocimientos contiene todos los hechos, las reglas y los procedimientos del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema. La base de conocimientos aloja la totalidad de las informaciones específicas relativas al campo del saber deseado

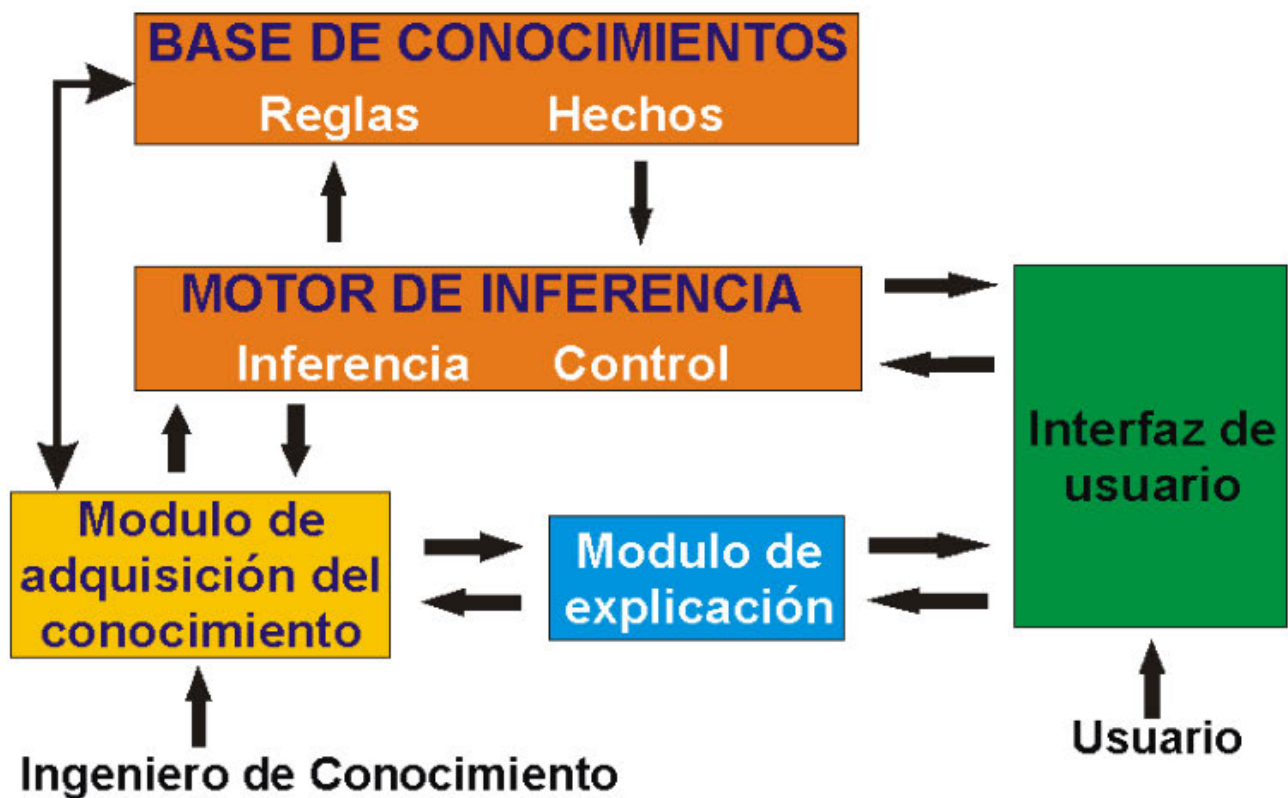
**2- El Mecanismo de Inferencia:** de un Sistema Experto puede simular la estrategia de solución de un experto. El mecanismo de inferencia es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones de la base de conocimientos, según un método fijo de solución de problemas que está configurado imitando el procedimiento humano de los expertos para solucionar problemas. Una conclusión se produce mediante aplicación de las reglas sobre los hechos presentes.

**3- El Componente Explicativo:** explica al usuario la estrategia de solución encontrada y el porqué de las decisiones tomadas. Las soluciones descubiertas por los expertos deben poder ser repetibles tanto por el ingeniero del conocimiento en la fase de comprobación, así como por el usuario. La exactitud de los resultados sólo podrá ser controlada, naturalmente, por los expertos.

**4- La Interfaz de Usuario:** sirve para que éste pueda realizar una consulta en un lenguaje lo más natural posible. En este componente es la forma en la que el sistema se nos presentará ante el usuario.

**5- Subsistema de Adquisición:** Un buen componente de adquisición ayudará considerablemente la labor del Ingeniero del Conocimiento. Este puede concentrarse principalmente en la estructuración del conocimiento sin tener que dedicar tanto tiempo en la actividad de programación. Requisitos o características:

- El conocimiento, es decir, las reglas, los hechos, las relaciones entre los hechos, etc., debe poder introducirse de la forma más sencilla posible.
- Posibilidades de representación clara de todas las informaciones contenidas en una base de conocimientos.
- Comprobación automática de la sintaxis.
- Posibilidad constante de acceso al lenguaje de programación.



La base de conocimientos contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. El método más común para representar el conocimiento es mediante reglas de producción. El dominio de conocimiento representado se divide en pequeñas fracciones de conocimiento o reglas.

Una característica muy importante es que la base de conocimientos es independiente del mecanismo de inferencia que se utiliza para resolver los problemas. De esta forma, cuando los conocimientos almacenados se han quedado obsoletos, o cuando se dispone de nuevos conocimientos, es relativamente fácil añadir reglas nuevas, eliminar las antiguas o corregir errores en las existentes; no es necesario reprogramar todo el Sistema Experto.

Las reglas suelen almacenarse en alguna secuencia jerárquica lógica, pero esto no es estrictamente necesario. Se pueden tener en cualquier secuencia y el motor de inferencia las usará en el orden adecuado que necesite para resolver un problema.

La base de datos o base de hechos es una parte de la memoria de la computadora que se utiliza para almacenar los datos recibidos inicialmente para la resolución de un problema. Contiene conocimiento sobre el caso concreto en que se trabaja. También se registran en ella las conclusiones intermedias y los datos generados en el proceso de inferencia. Al memorizar todos los resultados intermedios, conserva el vestigio de los razonamientos efectuados; por lo tanto, se puede utilizar explicar las deducciones y el comportamiento del sistema.

El motor de inferencias es un programa que controla el proceso de razonamiento que seguirá el Sistema Experto. Utilizando los datos que se le suministran, recorre la base de conocimientos para alcanzar una solución. La estrategia de control puede ser de encadenamiento progresivo o de encadenamiento regresivo. En el primer caso se comienza con los hechos disponibles en la base de datos, y se buscan reglas que satisfagan esos datos, es decir, reglas que verifiquen la parte SI.

Normalmente, el sistema sigue los siguientes pasos:

- Evaluar las condiciones de todas las reglas respecto a la base de datos, identificando el conjunto de reglas que se pueden aplicar (aquellas que satisfacen su parte condición).
- Si no se puede aplicar ninguna regla, se termina sin éxito; en caso contrario se elige cualquiera de las reglas aplicables y se ejecuta su parte acción (esto último genera nuevos hechos que se añaden a la base de datos).
- Si se llega al objetivo, se ha resuelto el problema; en caso contrario, se vuelve al paso 1

A este enfoque se le llama también guiado por datos, porque es el estado de la base de datos el que identifica las reglas que se pueden aplicar. Cuando se utiliza este método, el usuario comenzará introduciendo datos del problema en la base de datos del sistema.

Al encadenamiento regresivo se le suele llamar guiado por objetivos, ya que, el sistema comenzará por el objetivo (parte acción de las reglas) y operará retrocediendo para ver cómo se deduce ese objetivo partiendo de los datos. Esto se produce directamente o a través de conclusiones intermedias o sub-objetivos. Lo que se intenta es probar una hipótesis a partir de los hechos contenidos en la base de datos y de los obtenidos en el proceso de inferencia.

En la mayoría de los Sistemas Expertos se utiliza el encadenamiento regresivo. Este enfoque tiene la ventaja de que el sistema va a considerar únicamente las reglas que interesan al problema en cuestión. El usuario comenzará declarando una expresión E y el objetivo del sistema será establecer la verdad de esa expresión.

Para ello se pueden seguir los siguientes pasos:

1. Obtener las reglas relevantes, buscando la expresión E en la parte acción (éstas serán las que puedan establecer la verdad de E)
2. Si no se encuentran reglas para aplicar, entonces no se tienen datos suficientes para resolver el problema; se termina sin éxito o se piden al usuario más datos.
3. Si hay reglas para aplicar, se elige una y se verifica su parte condición C con respecto a la base de datos.
4. Si C es verdadera en la base de datos, se establece la veracidad de la expresión E y se resuelve el problema.
5. Si C es falsa, se descarta la regla en curso y se selecciona otra regla.
6. Si C es desconocida en la base de datos (es decir, no es verdadera ni falsa), se le considera como subjetivo y se vuelve al paso 1 (C será ahora la expresión E).

Existen también enfoques mixtos en los que se combinan los métodos guiados por datos con los guiados por objetivos.

La interfaz de usuario permite que el usuario pueda describir el problema al Sistema Experto. Interpreta sus preguntas, los comandos y la información ofrecida. A la inversa, formula la información generada por el sistema incluyendo respuestas a las preguntas, explicaciones y justificaciones. Es decir, posibilita que la respuesta proporcionada por el sistema sea inteligible para el interesado. También puede solicitar más información al SE si le es necesaria. En algunos sistemas se utilizan técnicas de tratamiento del lenguaje natural para mejorar la comunicación entre el usuario y el SE.

La mayoría de los sistemas expertos contienen un módulo de explicación, diseñado para aclarar al usuario la línea de razonamiento seguida en el proceso de inferencia. Si el usuario pregunta al sistema cómo ha alcanzado una conclusión, éste le presentará la secuencia completa de reglas usadas. Esta posibilidad de explicación es especialmente valiosa cuando se tiene la necesidad de tomar decisiones importantes amparándose en el consejo del SE. Además, de esta forma, y con el tiempo suficiente, los usuarios pueden convertirse en especialistas en la materia, al asimilar el proceso de razonamiento seguido por el sistema. El subsistema de explicación también puede usarse para depurar el SE durante su desarrollo.

El módulo de subsistema de adquisición del conocimiento permite que se puedan añadir, eliminar o modificar elementos de conocimiento (en la mayoría de los casos reglas) en el SE. Si el entorno es dinámico, entonces este componente es muy necesario, puesto que el sistema funcionará correctamente sólo si se mantiene actualizado su conocimiento. El módulo de adquisición permite efectuar este mantenimiento, anotando en la base de conocimientos los cambios que se producen.

## Desarrollo de los Sistemas Expertos

### Justificación para el desarrollo de un SE

Se justifica un SE, en algunas de las siguientes situaciones:

- Descubrimientos rentables.
- Hay pérdida de experto.
- Faltan expertos.
- Expertos presentes en varios lugares.
- Trabajo en ambiente hostil.

### ¿Cuándo un SE es la herramienta apropiada?

Un SE es la herramienta adecuada si se cumple cada una de las siguientes condiciones:

- Tarea requiere manipulación de símbolos.
- Tarea requiere solución heurística.
- Tarea no es demasiado fácil.
- Tarea tiene valor práctico.
- Tarea es de tamaño manejable.

### Algunos ejemplos de SE

- **MYCIN**: Desarrollado por Feigenbaum, Universidad de Stanford.
  - Diagnóstico de bacteriemia y meningitis
  - 3500 reglas.
- **XCON**: Desarrollado por Univ. de Carnegie Mellon y DEC (Digital Equipment Corporation)
  - Configuración de computadores.
  - 6000 reglas
  - Hasta 1988, 90.000 sistemas fueron configurados.
- **PUFF**: Diseñado a finales de los 70 con la colaboración de Robert Fallat (especialista en enfermedades pulmonares) es capaz de diagnosticar enfermedades pulmonares.
- **CADUCEUS**: Originario de la Universidad de Pittsburgh es utilizado para la realización de diagnósticos en medicina interna.
- **MED 1**: Este shell fue desarrollado en 1983 por F. Puppe en el marco de una tesis doctoral en la Universidad de Kaiserslautern que posteriormente fue implementado como el BS2000, que funciona en los grandes computadores de Siemens, es especialmente apropiado para sistema de **diagnóstico médico**.
- **GUIDON**: se inicia con la presentación de un caso clínico sobre el cual el sistema va proporcionando información adicional a solicitud del estudiante y almacena la información sobre el tipo y número de consultas que va realizando, así como el orden de razonamiento que emplea el estudiante al tratar de resolver el caso problema.

### El equipo de desarrollo

Las personas que componen un grupo o un equipo, como en todos los ámbitos deben cumplir unas características, y cada uno de ellos dentro del equipo, desarrollar un papel distinto.

A continuación, detallaremos cada componente del equipo dentro del desarrollo y cuál es la función de cada uno:

#### El experto

La función del experto es la de poner sus conocimientos especializados a disposición del Sistema Experto.

#### El ingeniero del conocimiento

El ingeniero que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa en la base de conocimientos. Puede ser un ingeniero, un analista en sistema, o una persona con conocimientos de programación.

## El usuario

El usuario aporta sus deseos y sus ideas, determinado especialmente el escenario en el que debe aplicarse el Sistema Experto.

Esquema de representación en el que figura el equipo de desarrollo:

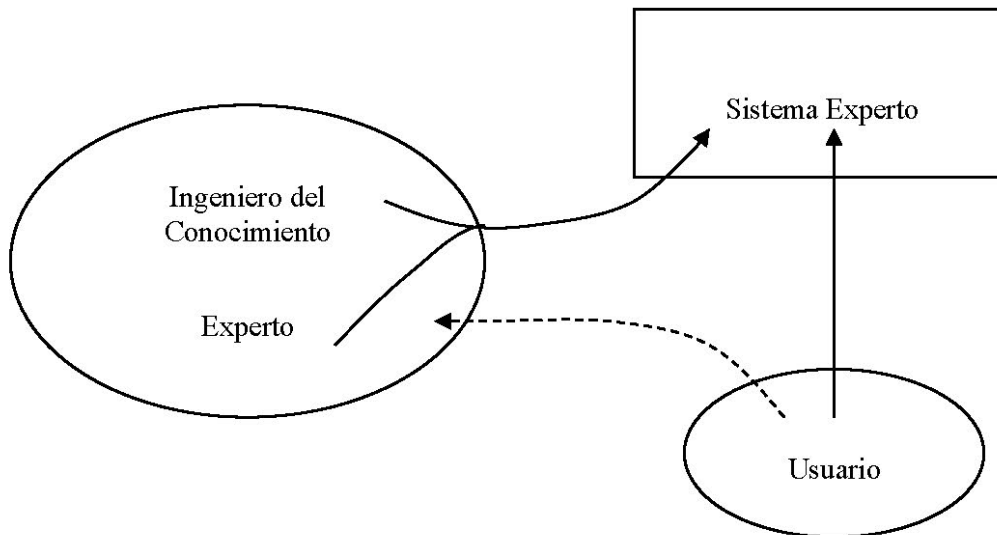


Fig. Relación entre los grupos que intervienen en el desarrollo.

En el desarrollo del Sistema Experto, el ingeniero del conocimiento y el experto trabajan muy unidos. El primer paso consiste en elaborar los problemas que deben ser resueltos por el sistema. Precisamente en la primera fase de un proyecto es de vital importancia determinar correctamente el ámbito estrechamente delimitado de trabajo. Aquí se incluye ya al usuario posterior, o un representante del grupo de usuarios. Para la aceptación, y en consecuencia para el éxito, es de vital y suma importancia tener en cuenta los deseos y las ideas del usuario.

Una vez delimitado el dominio, nos pondremos a "engrosar" nuestro sistema con los conocimientos del experto. El experto debe comprobar constantemente si su conocimiento ha sido transmitido de la forma más conveniente. El ingeniero del conocimiento es responsable de una implementación correcta, pero no de la exactitud del conocimiento. La responsabilidad de esta exactitud recae en el experto.

A ser posible, el experto deberá tener comprensión para los problemas que depara el procesamiento de datos. Ello facilitará mucho el trabajo. Además, no debe ignorarse nunca al usuario durante el desarrollo, para que al final se disponga de un sistema que le sea de máxima utilidad.

La estricta separación entre usuario, experto e ingeniero del conocimiento no deberá estar siempre presente. Pueden surgir situaciones en las que el experto puede ser también el usuario. Este es el caso, cuando existe un tema muy complejo cuyas relaciones e interacciones deben ser determinadas una y otra vez con un gran consumo de tiempo. De esta forma el experto puede ahorrarse trabajos repetitivos.

La separación entre experto e ingeniero del conocimiento permanece, por regla general, inalterada.

## Ventajas y Limitaciones

Podemos afirmar que las **ventajas** de los sistemas expertos son las siguientes:

- **Permanencia:** los expertos humanos pueden morir, cambiar de empresa o perder facultades lo que no puede ocurrir con un sistema experto.
- **Duplicación:** el experto humano se encuentra en un único lugar físico y es irreproducible, mientras que una vez construido un sistema experto podemos fabricar un número ilimitado de copias destinadas a todos los lugares donde sean necesarias.



- **Fiabilidad:** un sistema experto responderá siempre de la misma manera ante un cierto problema, mientras que un experto humano puede estar condicionado por factores emocionales, prejuicios personales, tensión, fatiga, etc.

- **Bajo costo:** aunque puede resultar caro inicialmente construir un sistema experto, una vez construido produce grandes beneficios.

En contrapartida los sistemas expertos presentan también grandes **carencias** o desventajas frente a los seres humanos:

- **Sentido común:** para una computadora no hay nada obvio.

- **Intuición:** los sistemas expertos de la actualidad se limitan a recibir información mediante periféricos de entrada sin relacionarla con el entorno general del paciente que no estén incluidos dentro de su protocolo. (Coloración de piel, luz ambiental, estado anímico, etc...)

- **Flexibilidad:** la de un ser humano es ilimitada mientras que los sistemas expertos de la actualidad y del futuro próximo seguirán siendo terriblemente rígidos.

- **Lenguaje natural:** todavía se está muy lejos de tener un sistema que pueda formular preguntas flexibles y mantener una conversación informal con un usuario o con un paciente.

- **Perspectiva global:** un experto humano es capaz de detectar inmediatamente cuáles son las cuestiones centrales y cuáles son secundarias (separando los datos relevantes de los detalles insignificantes).

## Escenarios y Funciones

### La Monitorización como Tarea Genérica

Todo sistema puede describirse en principio a través de la evolución temporal de un conjunto de variables físicas, fisiológicas o relacionadas, que describen el estado de ese sistema. Para *sistemas lineales* esta descripción es completa, es decir, conocidas las entradas y la dinámica de sus variables de estado, podemos predecir la respuesta. Cuando el *sistema es no lineal* de mediana complejidad esto ya no es posible y tenemos que conformarnos con seleccionar un conjunto de *descriptores* que, junto con un *modelo* incompleto del sistema, nos permitan obtener pistas sobre su evolución temporal. La obtención de estos descriptores, el registro de su evolución temporal y el resultado de la comparación de esta evolución con la prevista por el modelo, constituye la esencia de un proceso de *monitorización*. El *método* usado para la monitorización, la forma de representar el *conocimiento* y el mecanismo de *inferencia*, puede cambiar al pasar de un dominio a otro.

Esta descripción se procesa analítica o algorítmicamente y da lugar a una presentación del estado del sistema, su tendencia y un conjunto de *señales de alarma*, que nos avisan sobre sucesos de interés diagnóstico (por ejemplo, arritmias o extrasístoles en el ECG o saturación de integradores en un proceso de control industrial).

Lo característico de esta tarea de monitorización de bajo nivel es que toda la información necesaria para representar la evolución del estado del sistema y sus discrepancias con el modelo, la trae la propia señal. El nivel basado en conocimiento comienza cuando necesitamos inyectar conocimiento externo adicional, procedente de un experto humano, para distinguir entre situaciones analíticamente equivalentes.

Con objeto de ilustrar el procedimiento y la utilidad de las tareas de monitorización basadas en conocimiento elegimos un problema real, que forma parte del diseño e implementación de un sistema de monitorización inteligente de pacientes en entornos de vigilancia intensiva y coronaria.

Este sistema, al tratar un problema real, hace referencia a un dominio y un objetivo concretos, la monitorización electrocardiográfica de pacientes y la clasificación de latidos.

Una de las tareas más importantes en las aplicaciones de monitorización de ritmo cardíaco es la *identificación del "tipo"* de cada latido detectado, clasificación que refleja la situación del foco del estímulo eléctrico que produce la contracción del corazón. La fiabilidad de este procedimiento de clasificación viene exigida por el carácter pronóstico que tiene asociado esta información, y que condiciona en muchos casos la terapia antiarrítmica a ser administrada.

A efectos de clasificación consideraremos simplemente tres clases de latidos: *sinusales* (normales), *supraventriculares* y *ventriculares*.

La determinación precisa del origen de un latido cardíaco a partir de registros electrocardiográficos (ECG) superficiales no es una tarea sencilla; factores como la posición corporal, la variabilidad entre individuos, la presencia de patologías o diversas fuentes de ruido, dificultan esta determinación y aconsejan recurrir a esquemas de clasificación basados en la experiencia del cardiólogo. A los problemas propios de operar con señales hay que añadir el hecho de que el conocimiento manipulado por el experto está repleto de

términos descriptivos y de difícil traslación al nivel computacional, así como su falta de precisión en la caracterización de múltiples situaciones.

La clasificación de latidos, tal como la desarrolla un cardiólogo, se realiza básicamente a partir de características de dos tipos:

- **Locales** (tiempo, amplitud o morfológicas), medidas sobre el propio latido y los tramos de señal más próximos al mismo.
- **Globales**, extraídas del análisis de latidos similares al de interés, que permiten aportar información de la familia en la que se encuadra el latido.

Entre los atributos locales de un latido genérico, existen dos que constituyen el punto de partida en cualquier procedimiento de determinación de la posición del foco de dicho latido:

- Su instante de ocurrencia y
- Su aspecto morfológico, en relación con los latidos representativos de normalidad.

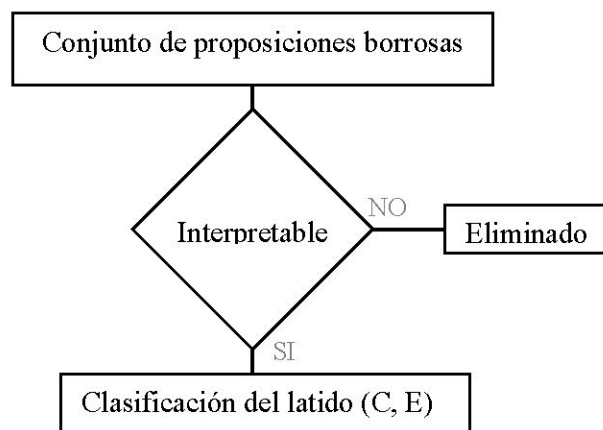
La consideración de variables lingüísticas nos permitirá definir proposiciones borrosas, que son aquellas que se establecen entre una variable lingüística y uno de sus posibles valores.

Significado de algunos valores lingüísticos de la variable "ocurrencia temporal".

Los criterios de clasificación del experto se estructuran en base a un conjunto de reglas condicionales borrosas, en donde los consecuentes son siempre un resultado de clasificación ponderado por un índice de confirmación, C, que opera en la medida en que se verifique la parte antecedente, formada por un conjunto de proposiciones borrosas, y un índice de exclusión, E, que lo hace en caso contrario.

Así, Las reglas presentan la siguiente forma:

SI {conjunto de proposiciones borrosas}  
 ENTONCES {clasificación del latido (C, E)}



## Sistemas expertos en la medicina diaria.

¿Como futuros médicos, llegaremos a utilizar algún sistema experto en el ejercicio cotidiano de la profesión? Para responder a esta pregunta podemos realizar otra pregunta: ¿Tendremos en algún momento de nuestra profesión consultar a un "Experto" en algún tema médico? La respuesta a la segunda pregunta es sí. Pero el experto que nosotros vamos a consultar, no siempre estará disponible para recibir nuestras preguntas, además muchas veces no va a ser un solo experto, sino un conjunto de expertos. Y quizás nuestra consulta también sea la inquietud de gran cantidad de "no expertos" en ese tema, y como siempre que una persona tiene que responder repetidamente una misma pregunta, el "experto" escribe la respuesta para que esté accesible de forma práctica para todos quienes necesiten de la misma, sin tener que reiterar indefinidamente la misma respuesta. En medicina, esas respuestas a preguntas comunes, situaciones comunes, escritas por un conjunto de expertos en el tema, son el ejemplo de un sistema experto en su forma más básica, se llaman protocolos. Estos son sistemas rígidos que nos indican los caminos a seguir de acuerdo a criterios de clasificación. Si bien esto dista mucho de un sistema experto, supongamos que el mismo protocolo lo complejizamos más todavía, y mediante la ayuda de un "Ingeniero" lo transcribimos en un software. Este software no necesariamente es para una computadora personal, puede ser para un respirador, o una bomba de infusión, que no solamente realice una actividad, sino también tenga la capacidad de detectar diversos parámetros biológicos (mediante periféricos de entrada), y luego comparándolos con sus protocolos incorporados en forma de software pueda modificar la acción a realizar (variar frecuencia respiratoria, aumentar/disminuir dosis de medicamento, etc.). También es necesario poder modificar algunos parámetros (peso del paciente, edad, sexo, etc.) estas modificaciones van a tener que ser realizadas por la persona que se encuentra en el lugar, el médico de terapia intensiva, el paciente diabético, el "Usuario". Mientras

más opciones tenga almacenadas en memoria por el experto, el **Sistema Experto** va a tener mayor cantidad de opciones y variables para tener en cuenta, para luego tomar decisión, muchas veces sin la aprobación del usuario, va a tener cierto grado de **Inteligencia Artificial**. Como dijimos anteriormente, el protocolo era el esquema primario por el cual se creaba el sistema experto, mientras más complejo sea, más de inteligencia artificial va a tener el sistema experto. También si lo comparamos con un esquema de varias neuronas que hacen sinapsis, veremos su similitud con el esquema de un sistema experto, mientras más complejo sea, más semejante a una "**Red Neuronal**" va a ser.

En medicina vamos a estar relacionados con los conceptos de un sistema experto cuando utilicemos un protocolo, o vamos a utilizar un sistema experto cuando utilicemos algún aparato médico de monitoreo que realice alguna acción cuando encuentra algún valor que no se corresponde con sus valores programados:

- Respirador mecánico que en algunos de sus modos toma lecturas y regula algunos parámetros desde la frecuencia respiratoria hasta accionar movimientos respiratorios mecánicos en forma autónoma.
- Cardiodesfibrilador automático: implantado a un paciente, que si detecta alguna alteración de riesgo en el ritmo cardíaco, inmediatamente desfibrila las fibras cardíacas, ósea realiza una descarga eléctrica adecuada para lograr llevar el ritmo del paciente al ritmo normal (ritmo sinusal), el DEA desfibrilador externo automático que desde la implementación de la ley 27159 Ley de muerte súbita y sistema de prevención integral, obliga a todos los lugares de concurrencia masiva de público de tener unos de estos dispositivos al alcance de la gente para apoyo dentro de la cadena de supervivencia en el RCP, el DEA luego de colocado los parches en el lugar correcto censan la actividad eléctrica del corazón y en caso de encontrar un ritmo en el cual sea útil una descarga eléctrica directamente pedirá al operador que se aleje del paciente y que presione un botón para realizar la descarga y en caso de no encontrar un ritmo desfibrilable solicitará al operador que continúe con las compresiones torácicas. Como observarán reemplaza al profesional hasta que llegue el servicio de emergencia médica.
- Bomba micro infusora de insulina con monitoreo continuo de glucemia, es un dispositivo pequeño y portátil que administra insulina de acción rápida las 24hs del día a través de un tubo pequeño (catéter) y una cánula (denominados equipo de infusión) que se implanta bajo la piel. El Microinfusor opera con baterías, es programable, utiliza dosis basales, bolos, agujas y catéteres cambiables cada 3 días. Tiene conexión vía Bluetooth con el glucómetro, lo cual permite una comunicación inteligente, y manejo remoto en ambas direcciones.

Cada día son menos los aparatos médicos que tomen una variable biológica y únicamente la informen al usuario, sin intervenir, evaluando la variable o inclusive realizando, o sugiriendo realizar alguna acción.



## Conclusiones

Los sistemas expertos son de mucha utilidad en la vida real, y apoyan en gran manera a los sistemas de soporte a la decisión, ya que nos permiten tomar decisiones basadas en la experiencia humana de algún especialista en determinada área, esto es con el fin de retener el conocimiento y de esa manera lograr convertirlo en un activo importante en una organización que se traduce en un valor importante para la misma, pues ese tipo de sistemas, nos permiten contar con la experiencia primordial, aunque sea de manera virtual. Conllevándonos a una toma de decisiones más apegada a la realidad y con más información de primer nivel.

Tal como nos pudimos dar cuenta, los Sistemas Expertos nos permiten tomar mejores decisiones, que lógicamente, se traducen en ganancias o resultados positivos para la medicina. Está claro que el desarrollo de estos sistemas ha ido incrementándose a través del tiempo, y por lo tanto ha podido ayudar a muchísima gente, específicamente en el ámbito de la medicina.

El Sistema Experto realiza una labor de apoyo a la toma de decisiones de los expertos en diversas áreas, facilitándoles de esta manera el trabajo que ellos realizan y liberándolos de tomar decisiones, en algunos casos, repetitivas y permitiéndoles ocupar su tiempo en problemas poco comunes. Cada día se desarrollan más y más sistemas expertos, que de alguna manera van cubriendo diversas áreas, tanto científicas, como educativas, y de cualquier tipo.

Como conclusión final, podemos decir que los Sistemas Expertos son herramientas necesarias en la vida real y que nos apoyan en la manera de realizar diversas actividades, tal como si tuviéramos a nuestro alcance a un experto de cualquier ámbito.

## Parte IV: Robótica.

La palabra "robot" evoca muchos diferentes pensamientos e imágenes que pueden ser contradictorios entre sí. Algunas personas piensan que es un "humanoide" de metal, otros que sólo es un brazo industrial, y otras personas pueden pensar que sólo es un trabajo.

La definición adoptada por el Instituto Norteamericano de Robótica aceptada internacionalmente para Robot es:

- Manipulador multifuncional y reprogramable, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos programados y variables que permiten llevar a cabo diversas tareas.
- La anterior definición puede reducirse groseramente para su manejo como:
- Manipulador multifuncional programable

Si buscamos en otras fuentes especializadas o diccionarios encontraremos:

- Aparato automático que realiza funciones normalmente ejecutadas por los hombres.
- Máquina con forma humana

El término "robot" se debe a [KarelCapek](#), quien lo utilizó en 1917 por primera vez, para denominar a unas máquinas construidas por el hombre y dotadas de cierto grado de inteligencia. Deriva de "robotnik" que define al esclavo de trabajo.

La robótica es una nueva tecnología. Una vez comprendido el concepto de robot podemos avanzar hacia la definición de la ciencia que estudia este tipo de dispositivos, la cual se denomina "Robótica" que surgió como tal aproximadamente hacia el año 1960 y ha evolucionado rápidamente en estos últimos años, aunque si bien todavía los robots aún no han encontrado la vía de inserción en los hogares; pero sí son un elemento ya imprescindible en la mayoría de las industrias.

Podríamos aproximarnos a una definición de Robótica como:

1. El diseño, fabricación y utilización de máquinas automáticas programables con el fin de realizar tareas repetitivas como el ensamble de automóviles, aparatos, etc. y otras actividades.

Básicamente, la robótica se ocupa de todo lo concerniente a los robots, lo cual incluye el control de motores, mecanismos automáticos neumáticos, sensores, sistemas de cómputos, etc.

De esta definición podemos concluir que en la robótica se aúnan para un mismo fin varias disciplinas confluentes, pero diferentes, como ser la Mecánica, la Electrónica, la Automática, la Informática, etc.

En el campo de la robótica aplicada a la medicina, robot es una palabra de borrosa definición con muchas aplicaciones diferentes, con un rango desde simples robots de laboratorio hasta un alto y complejo robot de cirugía los cuales no pueden auxiliar al cirujano o ejecutar una operación por sí solos.

Especificando más, los robots son máquinas (y en veces máquinas complicadas), las cuales son instrumentos de cirugía con capacidades de complementar a los instrumentos utilizados por los cirujanos humanos. Los robots quirúrgicos tienen aproximadamente la misma relación con la cirugía integrada por computadora que los robots industriales tienen con la manufacturación.

Los robots son los componentes técnicos en un sistema completo que permiten la unión de la información y la acción.

La robótica quirúrgica generalmente es la aplicación de la tecnología del robot, incluyendo percepción, manipulación, modelación, análisis geométrico y una interface entre humano y máquina que realce la habilidad del médico humano de llevar a cabo los procedimientos de intervención.

La era de la información de tecnologías de la robótica, la tele operación y la visualización en tercera dimensión han dado una revolucionaria oportunidad para el campo de la medicina. Uno de los más profundos cambios es la cirugía laparoscópica la cual se utiliza en la tele cirugía.

Los robots toman los movimientos del cirujano y los convierten en señales electrónicas las cuales cuando a través de una computadora controladora pueden ser realizadas, integradas y escaladas, el resultado estará ejecutando un procedimiento con gran habilidad, exactitud y precisión lo más humanamente posible.

Los brazos robóticos proporcionan más exactitud en el control que un dispositivo de operación manual y pueden ser programados para evitar ciertos errores de acuerdo al cirujano. Son muy utilizados en operaciones oftalmológicas.

Sistema de cirugía aplicada (ISS); Davis,CA., ha vendido dos ROBODOC robots al Hospital Schon, siendo situados en Munich, Germany. Este robot semi-autónomo asiste al cirujano durante la operación. El equipo del ROBODOC puede ser usado para cuidados ortopédicos.

En 1998 también anunciaron el primer robot abre cráneos en la neurocirugía "El NeuroMate robot".

La milicia y algunos centros de investigación están envueltos en el desarrollo del equipo robótico para aplicaciones de tele cirugía. La milicia está desarrollando esta tecnología para usarla en el campo de batalla y ésta será eventualmente introducida al uso doméstico.

La aplicación de los robots en la medicina será ampliamente promovida, y el campo de la robótica (y la asistencia por la robótica) en la cirugía será concentrada, conjuntamente con tales puntos como la seguridad y la implementación.

## Impresiones 3D

Con el advenimiento de las impresoras 3D se abrió una infinidad de puertas para crear nuevos elementos que podrían servir como emuladores (prótesis óseas plásticas), simuladores físicos (modelos de tumores diseñados a partir de un paciente en particular para practicar su cirugía), componentes de herramientas, algunas robóticas que gracias a las impresoras 3d se han hecho accesibles.

A largo plazo, la impresión 3D podría tener un gran impacto en el campo de la medicina, donde la extrusión de células vivas en lugar de materiales plásticos, por parte de impresoras 3D, ha dado lugar a la bioimpresión, y tener esta capacidad supone una **individualización de tratamientos** enorme, pudiendo prácticamente personalizar cada pieza física que ofrezcamos al paciente.

Algunas de las aplicaciones médicas concretas son:

- Imprimiendo con células madre.
- Órganos humanos impresos en 3D, impresión de pabellón auricular, Avances en la medicina con piel y tejidos vivos, Huesos impresos en 3D.
- Creación de prótesis personalizadas, audífonos personalizados; Prótesis: desde una cara hasta un brazo impreso en 3D; Ortodoncia e Impresión 3D en el dentista.
- Impresión de equipamiento médico en áreas de difícil acceso.
- Medicamentos personalizados.
- Estudios clínicos.
- Pruebas preclínicas de dispositivos.
- Atención personalizada para pacientes.
- Innovación en dispositivos médicos: Material quirúrgico específico y personalizado; Fabricación médica. Demostraciones de equipamiento médicos para ventas.

Educación y capacitación clínicas: Formación médica y entrenamiento: cirugía con modelos impresos en 3D.

Bibliografía:

<sup>1</sup> Matylda Chmielewska. How will Artificial Intelligence evolve in the next few years? 2023. <https://spyro-soft.com/blog/tomasz-smolarczyk-the-future-of-ai>