

**USO DE LA CIENCIA DE DATOS Y HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS  
PARA EL MEJORAMIENTO EN LA PRESTACIÓN DEL CUIDADO DE  
LA SALUD**

**Autor (es):**

**ERIK EDGARDO MUÑOZ RODRÍGUEZ  
JORGE ALBERTO MORENO ESPINOSA  
DIANA MARÍA TORRES GARZÓN**

**Universidad Sergio Arboleda  
Especialización en Gerencia en Servicios de Salud  
Diciembre de 2020**

**USO DE LA CIENCIA DE DATOS Y HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS  
PARA EL MEJORAMIENTO EN LA PRESTACIÓN DEL CUIDADO DE  
LA SALUD**

**Autor (es):**

**DIANA MARÍA TORRES GARZÓN  
JORGE ALBERTO MORENO ESPINOSA  
ERIK EDGARDO MUÑOZ RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:  
Especialista en Gerencia en Servicios de Salud**

**Tutor:**

**FERNANDO FORERO NAVARRETE**

**Universidad Sergio Arboleda  
Especialización en Gerencia de Servicios de Salud  
Diciembre de 2020**

## Tabla de contenido

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1. ¿Error! Marcador no definido.2. ¿Error! Marcador no definido.3. ¿Error! Marcador no definido.3.1.</b>	<b>23.2.</b>
<b>¿Error! Marcador no definido.4. ¿Error! Marcador no definido.5. ¿Error! Marcador no definido.6. ¿Error! Marcador no definido.6.1 Toma de Decisiones en salud</b>	<b>13</b>
<b>6.2 Sistemas Expertos (Expert Systems SE)</b>	<b>13</b>
<b>6.3 Uso de supercomputadoras e inteligencia artificial y medicina</b>	<b>19</b>
<b>6.4 Técnicas de Inteligencia Artificial y aplicaciones en Salud</b>	<b>31</b>
<b>6.6 Redes neuronales artificiales</b>	<b>34</b>
<b>6.7 Aplicaciones de la ciencia de datos e inteligencia artificial en salud</b>	<b>36</b>
<b>6.8 Consideraciones por el uso de sistemas de apoyo a la decisión clínica</b>	<b>36</b>
<b>7. ¿Error! Marcador no definido.Bibliografía y Referencias</b>	<b>41</b>
<b>Plataforma que permite a los clientes de la misma conectar registros de pacientes anónimos entre conjuntos de datos, protegiendo la privacidad del paciente. De gran utilidad al permitir acceso a miles de registros anónimos.</b>	<b>47</b>

### Introducción

Expresar "inteligencia artificial" es el producto de una conferencia académica organizada por John McCarthy en Dartmouth College en 1957, considerado uno de los dos pioneros en nuestros estudios y define la IA como una ciencia e ingeniería para fabricar máquinas inteligentes, especialmente programas informáticos inteligentes.

La IA es parte de la informática centrada en el desarrollo de sistemas informáticos inteligentes, que tienen características asociadas con la inteligencia y no con el comportamiento humano, como comprensión del lenguaje, aprendizaje, razonamiento, resolución de problemas.

Marvin Minsky, uno de los dos expositores de IA, dice que es solo cuestión de tiempo para las máquinas, ya que no solo lograrán más capacidades humanas, sino el mismo adelantamiento. Para Minsky, "los cerebros son computadoras hechas de carne" La IA es ciencia y tecnología para construir máquinas inteligentes, especialmente programas de computadora.

Está relacionado con el uso de computadoras para comprender la explotación de la inteligencia humana y, por lo tanto, no se limita a métodos biológicamente observables. Searle, que son los dos grandes críticos de este modelo de IA, sostiene que cuando una computadora realiza una tarea que también es realizada por un ser humano, se realiza de una manera totalmente diferente, a la que no tiene conciencia y comprensión de la ejecución. Además de la comprensión, la IA busca construir entidades inteligentes.

Como objetivo de la IA, durante o durante su desarrollo, siempre ha sido un algoritmo que aprende, de forma sencilla, con capacidad sobrehumana en entornos desafiantes.

A lo largo de su evolución, el hombre adquirió una serie de extensiones. Con el desarrollo de la oposición del pulgar fue capaz de sujetar un garrote y aumentar el tamaño de su brazo o lanzar piedras para defenderse de los agresores. Con el uso de ondas de radio pudo llegar a poblaciones distantes y con el microscopio ver dimensiones muy pequeñas, como bacterias.

Si el teléfono permitió la conversación entre personas que residen en cualquier parte del planeta, ampliando la capacidad de escuchar, la televisión nos permitió ver hechos lejanos y en el momento en que ocurren, aumentando la capacidad de ver.

La llegada de la computadora trajo consigo una enorme expansión de la dimensión humana, aumentando su capacidad para calcular y almacenar grandes volúmenes de información, y esto en nanosegundos. Amplió su memoria y el tiempo de recuperación de una información. El "aquí y

ahora” se convirtió en el lema del mundo actual, caracterizando a una sociedad en cambio rápido y constante. (Alcañiz, 2020).

La creación de redes que interconectan computadoras, permitiendo una rápida comunicación entre las personas, ha fragmentado y segmentado de alguna manera a la sociedad en grupos de interés similares.

Hablamos más a través de teléfonos inteligentes que en persona. La oferta continua de videos y audios en streaming refuerza este proceso de individualización y aislamiento. Quizás esto explique el hecho de que la depresión sea uno de los principales problemas médicos de la actualidad.

Al mismo tiempo, ha habido un gran avance en las tecnologías médicas orientadas al diagnóstico a través de la imagen: el ecocardiograma, que, algunos piensan, hará que el estetoscopio, la ecografía, que sustituyan, dicen, a la palpación y percusión del abdomen, obsoleta. La resonancia, que reemplaza a los exámenes de radiología contrastada, y la PET (tomografía por emisión de positrones) que permite la verificación de las áreas involucradas en diversas actividades cerebrales, reemplazó el examen clínico de los pacientes y la relación médico-paciente. Hoy en día, el diagnóstico se realiza mediante exámenes y no mediante el razonamiento y el juicio clínico. ¿Por qué evaluar la expansión del tórax, auscultar, sentir el frémito toracovocal o realizar una percusión para diagnosticar una neumonitis, si una simple radiografía de tórax puede hacer el diagnóstico? De esta forma se pretende realizar un estudio bibliográfico relacionado con la aplicación de la inteligencia artificial con la medicina.

## **1. Planteamiento del Problema**

Los avances tecnológicos basados en sistemas y procesamiento de información, han llevado a cambios importantes en el abordaje de las temáticas de la salud incluidos los aspectos de la administración de la misma, el diagnóstico, la capacidad de predecir, la precisión en los abordajes clínicos e investigación, que se resumen en el concepto de inteligencia artificial, que ha sido definida como “estudio de la computación que observa que una máquina sea capaz de percibir, razonar y actuar” (Winston, 1992) y según los autores Pajares y Santos (2006) refieren que una máquina Inteligente es “la que realiza el proceso de analizar, organizar, y convertir los datos en conocimiento” (Ponce et al., 2014).

La cuestión es si estos avances, mejoran la capacidad del ser humano para fortalecer el ejercicio de la medicina y en general de todos los aspectos involucrados en la salud de las personas, o por el contrario tienden a reemplazar al ser humano en actividades de índole intelectual que hoy en día pueden ser realizados con mayor precisión y confiabilidad por sistemas de gestión de datos que se nutren con información de millones de fuentes, que vienen del hombre y de las máquinas. El problema que aborda este trabajo es la necesidad de conocer el alcance de la Inteligencia artificial en salud, y generar reflexiones y discusiones acerca de cómo esta ciencia está impactando de manera significativa el ejercicio de la misma, al igual que evaluar cómo estas tecnologías están siendo utilizadas en el contexto de la salud.

## **2. Justificación**

El presente trabajo busca profundizar y analizar sobre el papel de la Inteligencia Artificial en salud, brindando a las profesionales perspectivas para que incorporen y entiendan que esta es una tendencia en el mundo entero que puede constituirse en una valiosa herramienta para la eficiencia y mejora permanente de los servicios y la práctica profesional en Salud, y que no debe considerarse como un enemigo de los profesionales en ejercicio. Igualmente, el trabajo pretende plasmar reflexiones prácticas sobre las herramientas que actualmente se utilizan en ese contexto para conocimiento del sector que serán de uso mandatorio por parte de los Gerentes de Servicios de Salud, quienes encontrarán en ellas un importante factor diferenciador en el ejercicio de la Gerencia.

Este trabajo plasma una investigación exhaustiva que muestra el uso de la Inteligencia Artificial en el contexto de la Salud, brindando una contribución a los profesionales en ejercicio y a los gerentes y administradores del sector en el conocimiento de estas herramientas que constituyen una tendencia mundial irreversible que abre nuevas perspectivas en las organizaciones e instituciones de salud.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Identificar y describir los desarrollos y aplicaciones de la Inteligencia Artificial en Salud (IA) en tópicos temáticos seleccionados, realizando reflexiones sobre su uso y perspectiva a futuro.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Conceptualizar aspectos relevantes de la Inteligencia artificial.
- Identificar y describir aplicaciones prácticas de la inteligencia artificial en Salud discutiendo aspectos relacionados con:
  - Ética
  - Diagnóstico Clínico
  - Medicina de precisión
  - Salud Pública
  - Eficiencia de Procesos
  - Apps en Salud
- Discutir acerca del impacto que para los profesionales y los administradores de salud a gestión de la Gerencia del talento humano pueden tener estos desarrollos.
- Dar a conocer de manera entendible, para el personal de salud, los avances que ha tenido la IA y sus aplicaciones en la nueva modalidad de Salud Movil

#### **4. Marco Teórico**

Se dice que inteligencia es “la capacidad de resolver problemas, memorizar, razonar, comprender, pensar de manera abstracta y planear. Desarrollando habilidades conductuales y cognitivas que permiten la adaptación al ambiente físico y social” (Ardila,2010).

La inteligencia artificial (IA) es una de las ciencias más recientes. La disciplina comenzó a desarrollarse poco después de la Segunda Guerra Mundial, y el nombre en sí fue acuñado en 1956.

Se interpreta mediante visión artificial, una imagen que se puede definir como la transformación de un conjunto de datos digitales en una estructura de datos que describe la semántica de este conjunto de datos en cualquier contexto. Esta es el área de la ciencia que se dedica a desarrollar teorías, métodos y técnicas dirigidas a la extracción automática de información útil contenida en imágenes, las cuales son capturadas a través de sistemas informáticos, mediante dispositivos como imágenes, cámara de video, escáner, que son capaces de interpretar imágenes.

El propósito del área de Visión por Computador es determinar las características de los objetos representados en una imagen. Se obtienen una amplia variedad de problemas según la naturaleza de las imágenes y las características a obtener de ellas.

El uso de la visión artificial amplía las aplicaciones en las computadoras, como la navegación de robots móviles, tareas de fabricación complejas, análisis de imágenes de satélite, procesamiento de imágenes médicas y seguridad organizacional.

Actualmente, la Inteligencia Artificial cubre una gran variedad de subcampos, desde áreas de uso general, como el aprendizaje y la percepción, hasta tareas específicas como juegos de ajedrez, demostración de teoremas matemáticos y diagnóstico de enfermedades. La IA

sistematiza y automatiza las tareas intelectuales y, por tanto, es potencialmente relevante para cualquier ámbito de la actividad intelectual humana. En ese sentido, es verdaderamente un campo universal.

Al acercarnos al concepto de inteligencia, veremos que es un concepto relacionado con la construcción de estructuras cognitivas humanas, responsables de la formación de la razón, característica peculiar en comparación con otros animales. Como el ser humano es el único animal racional, se dice que es el único ser inteligente. Hay estudios que atribuyen el concepto de inteligencia a otros animales y plantas. Pero obviamente no es un concepto comparable al de inteligencia humana. Se trata, más bien, de un concepto relacionado con el análisis en cuestión: esta inteligencia irracional sería la capacidad de un ser vivo de adaptarse a las circunstancias de su entorno. De esta forma, podemos utilizar este concepto para la máquina, definiendo, entonces, una inteligencia de máquina.

El concepto de inteligencia artificial abarca más que la inteligencia artificial. Su objetivo es permitir que la computadora se comporte de manera inteligente. Por comportamiento inteligente debemos entender las actividades que solo un ser humano podría realizar. Dentro de estas actividades se pueden mencionar aquellas que involucran tareas de razonamiento (planificación y estrategia) y percepción (reconocimiento de imágenes, sonidos, etc.), entre otras.

Esta inteligencia sería su capacidad genética como herramienta de resolución de problemas. Se entiende por capacidad genética todo conocimiento incrustado a nivel hardware, que permite un determinado conjunto de posibles estados de funcionamiento a través de programas. La inteligencia artificial sería entonces un tipo de inteligencia construida por el hombre, por lo tanto, inteligencia artificial.

Para que la inteligencia artificial tenga éxito, necesitamos inteligencia y un artefacto. La computadora ha sido el artefacto preferido. La computadora electrónica digital moderna

fue creada de forma independiente y casi al mismo tiempo por científicos de tres países que participaron en la Segunda Guerra Mundial. La primera computadora operativa fue la máquina electromecánica de Heath Robinson, construida en 1940 por el equipo de Alan Turing con una única propuesta: Descifrar los mensajes alemanes. En 1943, el mismo grupo eliminó la participación del Colossus, una poderosa máquina de uso general basada en válvulas electrónicas.

La primera computadora programable operativa fue la Z-3, creada por Konrad Zuse en Alemania en 1941. Zuse también creó números de coma flotante y el primer lenguaje de programación de alto nivel, llamado plankalkül. La primera computadora electrónica, ABC, fue ensamblada por John Atanasoff y su alumno Clifford Berry entre 1940 y 1942 en la Iowa State University, en Estados Unidos. La investigación de Atanasoff recibió poco apoyo o reconocimiento; fue ENIAC, desarrollado como parte de un proyecto militar secreto en la Universidad de Pensilvania por un equipo que incluía a John Mauchly y John Eckert, dos científicos que demostraron ser los precursores más influyentes de las computadoras modernas.

En el siguiente medio siglo, cada generación de hardware informático trajo consigo un aumento de la velocidad y la capacidad y una reducción del precio. El rendimiento se duplica cada aproximadamente 18 meses, y se espera una o dos décadas de crecimiento futuro a ese ritmo. Después de eso, necesitaremos ingeniería molecular o alguna otra tecnología nueva.

Por supuesto, hubo dispositivos de cálculo antes de la computadora electrónica. Las primeras máquinas automatizadas, que datan del siglo XVII. La primera máquina programable fue un telar creado en 1805 por Joseph Ma-rie Jacquard (1752 - 1834) que utilizaba tarjetas perforadas para almacenar instrucciones sobre el patrón a tejer. A mediados del siglo XIX, Char-les Babbage (1792-1871) diseñó dos máquinas, pero tampoco las completó. La “Máquina Diferencial” estaba destinada a calcular tablas

matemáticas para proyectos de Ingeniería y Científicos. Finalmente se construyó y demostró ser funcional en 1991 en el Museo de Ciencias de Londres.

(Swade, 1993). La “máquina analítica” de Babbage era mucho más ambiciosa, incluía memoria direccionable, programas almacenados y saltos condicionales, y fue el primer artefacto capaz de realizar computación universal.

### Prueba de Turing humana

La prueba de Turing, propuesta por Alan Turing (1950), fue diseñada para proporcionar una definición operativa satisfactoria de inteligencia. En lugar de proponer una lista larga y tal vez controvertida de calificaciones requeridas para la inteligencia, sugirió una prueba basada en la imposibilidad de distinguir entre entidades innegablemente inteligentes: los seres humanos. La computadora pasará la prueba si un interrogador humano, después de hacer algunas preguntas por escrito, no puede averiguar si las respuestas escritas provienen de una persona o no.

Alan Turing, en su famoso ensayo "Computing Machinery and Intelligence" (Turing, 1950), sugirió que, en lugar de preguntar si las máquinas pueden pensar, deberíamos preguntarnos si las máquinas pueden pasar una prueba de inteligencia conductual, que llegó que se llamará la prueba de Turing. La prueba consiste en hacer que un programa desarrolle una conversación (mediante mensajes mecanografiados en línea) con un interrogador durante 5 minutos. Luego, el interrogador debe adivinar si tuvo una conversación con un programa o una persona, con sonidos el programa pasa la prueba si engaña al interrogador el 30% del tiempo. Turing conjeturó que para el año 2000, una computadora con este espacio de almacenamiento de 109 unidades podría programarse lo suficientemente bien para pasar la prueba, pero estaba equivocado. Algunas personas fueron engañadas durante 5 minutos; por ejemplo, el programa ELI-ZA y el chatbot de Internet llamado MGONZ engañaron a los humanos que no se daban cuenta de que podían estar hablando con un

programa, y el programa ALICE engañó a un juez en la competencia del Premio Loebner de 2001. Sin embargo, ningún programa se acercó el criterio del 30% contra jueces capacitados, y el campo de la IA en su conjunto prestó poca atención a las pruebas de Turing.

Primero, veamos algunas terminologías: la afirmación de que las máquinas quizás podrían actuar de manera inteligente (o, quién sabe, actuar como si fueran inteligentes) es llamada la hipótesis de la IA débil por los filósofos, la afirmación de que las máquinas que lo hacen realmente están pensando (en lugar de simular el pensamiento) se denomina hipótesis de IA fuerte.

La mayoría de los investigadores de inteligencia artificial asumen en principio la hipótesis de la inteligencia artificial débil y no se preocupan por la inteligencia artificial fuerte; mientras su programa funcione, a estos investigadores no les importa si lo llama simulación de inteligencia o inteligencia real. Todos los investigadores de IA deben preocuparse por las implicaciones éticas de su trabajo.

La IA, buscada dentro del culto del computacionalismo, ni siquiera representa el espectro de una oportunidad para producir resultados duraderos. Es hora de desviar los esfuerzos de los investigadores de IA, y los considerables recursos disponibles en su apoyo, a campos distintos del enfoque computacional. (Sayre, 1993).

Está claro que el hecho de que la IA sea imposible depende de cómo se defina. En esencia, la IA es la búsqueda del mejor programa de agente en una arquitectura determinada. Con esta formulación, la IA es posible por definición: para cualquier arquitectura digital que consista en  $K$  bit de espacio de almacenamiento, existen exactamente  $2^k$  programas de agentes, y todo lo que tenemos que hacer para encontrar el mejor es enumerar y pruébelos todos. Esto puede no ser factible para una gran  $k$ , pero los filósofos se ocupan de lo teórico, no de lo práctico.

La definición de IA funciona bien para el problema de ingeniería, que es encontrar un buen agente, dada una arquitectura. Sin embargo, los filósofos están interesados en el problema de comparar las dos arquitecturas: humana y máquina. Además, tradicionalmente hacen la pregunta de manera diferente, preguntando: "¿Pueden pensar las máquinas?" Desafortunadamente, esta pregunta está mal definida. Para entender por qué, considere las siguientes preguntas:

- ¿Pueden volar las máquinas?
- ¿Pueden nadar las máquinas?

La mayoría de la gente está de acuerdo en que la respuesta a la primera pregunta es sí, los aviones pueden volar, pero la respuesta a la segunda pregunta es no, los barcos y los submarinos se mueven por el agua, pero nosotros no. este movimiento se llama nadar. Sin embargo, ni las preguntas ni las respuestas tienen ningún impacto en la vida profesional de los ingenieros aeronáuticos y navales o en los usuarios de sus productos. Las respuestas tienen muy poco que ver con el proyecto o los recursos de los aviones y yo nos sumergimos, y están mucho más relacionadas con las palabras que elegimos usar. En portugués, la palabra "nadar" tiene el significado de "moverse en el agua moviendo partes del cuerpo", mientras que la palabra "volar" no tiene tal limitación en los medios de locomoción. La posibilidad práctica de las "máquinas pensantes" ha estado con nosotros durante aproximadamente 50 años, lo que no es suficiente tiempo para que los hablantes de portugués estén de acuerdo sobre el significado de la palabra "pensar".

Muchos filósofos afirman que una máquina que pasara la prueba de Turing todavía no estaría pensando realmente, sino que sería solo una simulación del pensamiento. Una vez más, Turing predijo la objeción. Cita una conferencia del profesor Geoffrey Jefferson (1949):

“Solo cuando una máquina puede escribir un soneto o componer un concierto como resultado de pensar y sentir emociones, y no por la disposición aleatoria de símbolos, podemos estar de acuerdo en que la máquina coincidirá con el cerebro, es decir, si no solo escribe, pero sé que lo escribiste ”.

La conciencia es un argumento: la máquina debe ser consciente de sus propios estados y acciones mentales. Si bien la conciencia es un tema importante, el punto fundamental que se destaca en realidad está relacionado con la fenomenología o el estudio de la experiencia directa: la máquina realmente necesita sentir emociones. Otros se centran en la intencionalidad, es decir, la cuestión de si las creencias, los deseos y otras representaciones de la máquina son realmente "sobre" algo que existe en el mundo real.

Hay razones para explicar que las máquinas pueden de hecho ser conscientes (o tener fenomenología o tener intención). En cambio, sostiene que la pregunta está tan mal definida como la pregunta: "¿Pueden pensar las máquinas?" Además, ¿por qué deberíamos insistir en un estándar más alto para las máquinas que el que adoptamos para los humanos? Después de todo, en la vida común, nunca tenemos ninguna evidencia directa sobre los estados mentales internos de otros humanos.

En 1948, la urea artificial fue sintetizada por primera vez por Frederick Wöhler. Esto fue importante, porque demostró que la química orgánica y la química inorgánica podían unificarse, un tema que había sido ampliamente debatido. Sin embargo, en el caso de las mentes artificiales, no existe una convención y nos vemos obligados a confiar en las intuiciones. El filósofo John Searle (1980) tiene una fuerte intuición:

"Nadie asume que una simulación por computadora de una tormenta nos mojará ... entonces, ¿por qué alguien en su sano juicio asumiría que una simulación por computadora de procesos mentales en realidad tendría procesos mentales?"

Una de las características más llamativas de la visión por computadora es que todavía no existe un modelo genérico de percepción visual que pueda aplicarse en la práctica. Algunos ejemplos de visión artificial:

- Análisis automático de semen humano Medición de piezas dimensionales
- Seguimiento de objetivos para la detección de intrusos Análisis morfológico de células
- Reconocimiento de rostros humanos Sintetizando rostros humanos.
- La visión por computadora, en forma de reconocimiento de patrones
- Meteorología: pronóstico del tiempo y cartografía climática.
- Geología: Búsqueda de depósitos minerales y aprovechamiento del suelo.
- Agricultura: pronóstico de cultivos y estudio de la contaminación por plagas.
- Industria: Inventario y proyección de recursos hídricos, pesca y salinas.
- Ecología: Investigación sobre el equilibrio ecológico del planeta.
- Demografía: Inventario y planificación para controlar el crecimiento demográfico, ciudades.
- Militar: Espionaje, guiado remoto de misiles, control del tráfico aéreo y marítimo.
- Gráficos por computadora: pronóstico del mercado de capitales
- Transmisión de imágenes: biometría, seguridad.
- Robótica: Automatización de tareas no saludables.
- Inspección / reconocimiento de patrones (por ejemplo, detección de defectos en chips de circuitos integrados)
- Visualización remota (por ejemplo, en terreno hostil)
- Interacción hombre-máquina (por ejemplo, a través de la gesticulación) Medicina
- Control de proceso de selección y clasificación de garantía de calidad Calibración
- Supervisión de manipulación de materiales
- Lectura de códigos de barras y OCR

Para la ciencia cognitiva, la percepción ha sido la fuente de una intensa y sofisticada investigación en un esfuerzo de comprensión sin precedentes. Después de todo, se trata de cómo la mente humana transforma la información de los sentidos en percepción consciente. En particular, la percepción visual se convirtió en el centro de atención de los investigadores, ya que todas las demás percepciones sensoriales pueden subsumirse de alguna manera en imágenes sugerentes. Muchas experiencias parecen corroborar la tesis de que la representación rica en imágenes es parte del pensamiento y que no sería meramente una descripción verbal.

Los sistemas de visión que conocemos hoy son capaces de construir descripciones del entorno que los rodea, procesando y reconstruyendo imágenes.

La visión está íntimamente ligada a la idea de percepción computacional y al hecho de que la máquina reconoce su entorno y se comporta en consecuencia. Así encontramos la percepción visual computacional relacionada con los movimientos de los agentes, con su coordinación motora, el control de sus movimientos y no podemos dejar de hablar de robótica al abordar este nuevo concepto de visión activa.

La Visión Activa (una de las áreas de la Visión por Computador) en aplicaciones en tiempo real, es requerida en robótica. El sistema de visión activa debe ser simple, con suficiente potencia / complejidad computacional para ser factible, eficiente y efectivo en aplicaciones que requieren procesamiento "en línea". Este modelo simple se puede extender a otras áreas con las mismas características (se aplicó el mismo modelo en Animación por Computadora).

## **5. Diseño Metodológico**

Con el fin de explorar obras ya cubiertas, especificando detalles de la aplicación de la IA y cubriendo así las técnicas de IA aplicadas en el área de la salud, se utilizó un método deductivo. Entendiendo los fenómenos desde la perspectiva de los especialistas, la forma de abordar el trabajo fue cualitativa. El objetivo de la investigación es exploratorio, ya que utiliza el relevamiento bibliográfico y aplicaciones ya realizadas en el área. La naturaleza de la investigación es reportar información existente sobre el tema abordado, satisfaciendo la necesidad de obtener conocimiento sobre el mismo. Los procedimientos técnicos utilizados fueron: investigación bibliográfica, los materiales de los cuales se obtuvo la información son de libros y documentos científicos.

Para la selección de revisión bibliográfica se realizó según los siguientes parámetros:

Idioma: español o inglés

Fecha de publicación: 2016 – 2020

Fuente: Revistas indexadas de relevancia académica

Palabras clave para la búsqueda:

- IA y ética
- IA y diagnóstico clínico
- IA y medicina de precisión
- IA y salud pública
- IA en eficiencia de procesos
- IA y apps de salud

Se desarrollo una matriz de 25 artículos relevantes (ver anexos) por cada grupo de palabras clave

## **6. Resultados y discusión**

A continuación, se describen las principales herramientas y usos de la Inteligencia artificial (IA) en salud:

### **6.1 Toma de Decisiones en salud**

Se basa en la literatura científica y es la principal fuente de alimento para la práctica de MBE, que debe ser complementada con eventos locales, basados en la práctica individual y tomados de decisiones clínicas en el campo de la práctica. Incorporación de eventos en la práctica clínica y apoyo para decisiones basadas en computadora para rastrear elementos de eventos relevantes para profesionales no sanitarios.

Los sistemas proporcionados para brindar asistencia directa a la toma de decisiones clínicas pueden permitir que los datos específicos del paciente se combinen con una base de conocimientos computarizada (evidencia médica), proporcionando evaluaciones o recomendaciones específicas del paciente para brindar apoyo profesional o profesional en sus decisiones clínico. O apoyo a decisiones que pueden ayudar a mejorar la calidad de la atención y ayudar a prevenir errores durante el trabajo clínico, además de garantizar la seguridad del paciente.

Para Lobo (2017), tomó una decisión en medicina y una propuesta de hipótesis diagnósticas sugeridas por un médico para validar datos sobre los problemas de salud de un paciente. Clinical Decision Support Systems (SADC) puede ayudar o ayudar en el proceso de toma de decisiones de manera profesional. Lobo (2017) destaca la IA en salud como el uso de computadoras que, mediante el análisis de grandes volúmenes de datos y siguiendo algoritmos definidos por especialistas en la materia, pueden aportar soluciones a problemas médicos.

### **6.2 Sistemas Expertos (Expert Systems SE)**

Un Sistema Especialista (SE) es una técnica de Inteligencia Artificial desarrollada para procesar información no numérica con el objetivo de ayudar en la resolución de problemas

que no tienen reglas o procesos claramente definidos, o cuya solución requiere un tiempo de procesamiento excesivo.

Los SE permiten que las computadoras funcionen como lo haría un especialista humano, almacenando sus conocimientos y ayudando a los no especialistas a resolver problemas a través de inferencias computacionales. Estos sistemas pueden generar conclusiones complejas, explicando qué están haciendo y por qué lo están haciendo. Entre sus objetivos está preservar y transmitir los conocimientos de un especialista.

Una de las principales aplicaciones de los sistemas especializados son los sistemas de diagnóstico. En estos entornos, el Sistema Experto recibe información del usuario sobre las características del problema del paciente. al igual que el sistema Mycin: una sección del sistema comenzaba con un cuestionario pidiendo datos como nombre, edad, sexo, hora. manifestación de síntomas, resultados de pruebas, entre otros. Con base en estas premisas, la SE decide los medios más probables para llegar a la solución.

- Operación de un sistema experto

La estructura de un Sistema Experto puede variar de un autor a otro, dependiendo de la base del razonamiento, las reglas y los casos considerados. Por tanto, la intención de este documento es presentar una estructura basada en los distintos modelos encontrados.

Las tres áreas principales de la arquitectura de un sistema experto son: la base de conocimientos, el motor de inferencia y la memoria operativa. Otros componentes de la estructura pueden considerarse subsistemas, como la Base de Reglas, el Mecanismo de Aprendizaje, la Pizarra, el Sistema de Justificación y la Interfaz de Usuario. Los componentes externos de la estructura SE son aquellos que pueden generar contenido al sistema (especialistas e ingenieros del conocimiento) y los que lo utilizan, es decir, los usuarios.

La Base de Conocimiento es el componente que almacena todo el conocimiento del especialista humano y que debe ser formalizado por el ingeniero del conocimiento (3), cuya función es aprender conceptos de un área determinada y producir una representación de sus objetos y sus relaciones. El contacto de la Base de Conocimiento con el Mecanismo de Aprendizaje favorece la actualización de la base en base a nuevas reglas y hechos obtenidos.

El Motor de Inferencia (o Motor de Inferencia) tiene la función de procesar el conocimiento, mediante la búsqueda repetitiva de datos en la Base de Conocimiento, además de analizarlos de acuerdo a las reglas establecidas por la Base de Reglas. Su estructura se define según el tipo de problema y es en este mecanismo donde se inserta el sistema de razonamiento incierto para representar la incertidumbre del conocimiento en esta área. Todos los procesos de resolución de Inference Engine se registran, reescriben y actualizan en el Blackboard, que a su vez reenvía la información al Sistema de Justificación y al Mecanismo de Aprendizaje (para este último solo cuando se aprende el sistema).

El Sistema de Justificación se utiliza para devolver al usuario todo el proceso realizado por el Motor de Inferencia, justificando las reglas y hechos utilizados para llegar al resultado. Este componente aclara el resultado final del pre-diagnóstico, generando confiabilidad.

La Memoria Operacional almacena los principales hechos de los problemas y los valores de las variables informadas por el usuario, que posteriormente puede generar un informe describiendo todo el proceso realizado por el SE. Este componente trabaja en asociación con el motor de inferencia, cargando todas las variables necesarias y permitiendo su reescritura; por lo tanto, también se llama memoria de trabajo.

Toda la información procesada se enviará al usuario a través de la interfaz de usuario. Esta interfaz debe ser fácil de entender y comprensible para que cualquier profesional pueda operar el sistema. Por tanto, el usuario puede ser un experto o no, porque el sistema puede

ser operado por ambos; sin embargo, es necesario que la persona tenga un conocimiento mínimo del área .

Como se trata de un área de conocimiento y tecnología relativamente nueva, todavía queda mucho por investigar para futuras mejoras. Por esta razón, algunas de las desventajas de implementar Sistemas de Especialistas son: la necesidad de registros médicos previos; interfaz de usuario hostil; demanda de tiempo de procesamiento (21). Además, se pueden identificar casos de resistencia a su uso en el ámbito médico, como: miedo a perder el control de las actividades; no aceptación de la capacidad de la máquina / sistema; falta de conocimientos informáticos.

Sin embargo, incluso ante las dificultades, las ventajas son alentadoras: permite acceder a conocimientos especializados, sin necesidad de su presencia; se puede utilizar para entrenamiento; rapidez en la obtención de posibles soluciones a los problemas; llega a una conclusión y explica lo que hace y por qué lo hace; tiene un mecanismo de autoaprendizaje; preserva y transmite el conocimiento de un especialista; ayuda a los médicos lejos de ser un especialista en la toma de decisiones.

Un sistema basado en el conocimiento puede interactuar con el usuario, buscando solo información que sea útil para resolver problemas específicos, reduciendo el tiempo de búsqueda.

Debido a que el sistema tiene inteligencia y conocimiento, existen algunas ventajas diferentes sobre los modelos tradicionales, tales como: el conocimiento del especialista puede ser distribuido, puede ser utilizado por un gran número de personas; mejora la productividad y el rendimiento de sus usuarios debido al vasto conocimiento; reduce el grado de dependencia que mantienen las organizaciones cuando falta un especialista; considerada una herramienta adecuada para la formación de grupos de personas; no está

influenciado por elementos externos a él, eliminando errores debidos a la presión del entorno.

En general, un ES está formado por algunos elementos básicos, la interfaz de adquisición de conocimientos para obtener el conocimiento del especialista; base de conocimientos que contiene hechos y datos que representan el conocimiento del especialista; Mecanismo de inferencia para la búsqueda de conocimiento, utilizando heurísticas, esquemas de razonamiento, inferencias e interfaz de usuario con lenguaje natural, explicación, es decir, esquema de interacción con el usuario final.

### Inteligencia artificial y medicina

La Inteligencia Artificial en medicina es el uso de ordenadores que, analizando un gran volumen de datos y siguiendo ritmos de algo definidos por especialistas en la materia, son capaces de proponer soluciones a problemas médicos.

Las computadoras pueden almacenar y recuperar datos sobre imágenes, como lesiones dermatológicas o exámenes radiológicos, ultrasonido, resonancia magnética, tomografía por emisión de positrones (PET), ecocardiogramas, electroencefalogramas, electrocardiogramas, datos de dispositivos portátiles y generan probabilidades de diagnóstico basadas en algoritmos de decisión establecidos que pueden auto cambiarse como resultado de los resultados de superación personal. (Social, 2020).

Los datos del paciente se pueden recopilar directamente de los registros médicos electrónicos o ingresando información de la anamnesis, examen clínico del paciente, exámenes complementarios, progresión de la enfermedad y medicamentos recetados y utilizando algoritmos definidos que se pueden actualizar con el análisis de estos datos y proponer diagnósticos diferenciales de enfermedades, con las respectivas probabilidades de ocurrencia. (Alcañiz, 2020).

Actualmente, se ha introducido en la práctica médica el uso de dispositivos portátiles, obteniendo información continua sobre glucosa en sangre, ECG y movimiento, por ejemplo, que pueden generar acciones automatizadas, como inyectarse insulina, dar una descarga eléctrica de un desfibrilador subcutáneo o variar la dosis de un fármaco en pacientes con enfermedad de Parkinson. La información de estos dispositivos es capturada por el teléfono celular del paciente y puede transmitirse a su médico.

Durante algún tiempo, ha buscado desarrollar sistemas computarizados para apoyar el diagnóstico clínico. Howard Bleish, hace más de 50 años, ya ofrecía un sistema que, evaluando los datos de los pacientes, sugería acciones para restaurar su equilibrio hidroelectrolítico. (Wong, 2019).

Se desarrollaron varios sistemas con el objetivo de ofrecer una lista de posibles diagnósticos de un problema de salud, con las probabilidades de éxito, utilizando datos de la génesis y evolución de ese problema, evaluando signos y síntomas de los pacientes, analizando los resultados de las pruebas. realizado y proponiendo posibilidades de diagnóstico.

Trabajos recientes seleccionaron cuatro sistemas, luego de lo cual analizaron datos de 20 casos clínicos presentados en el New England Medical Journal y en el Medical Knowledge Self Assessment Program (MKSAP) del American College of Physicians, que tiene como objetivo evaluar los conocimientos de medicina interna de los estudiantes. antes del tercer año de medicina en escuelas de Estados Unidos. Dos de estos sistemas de diagnóstico diferencial, DDX (DXPlain, de Harvard, e Isabel, privado), indicaron éxitos significativos, aunque no diagnosticaron correctamente dos casos de MKSAP. (del Río Solá, 2018).

Bermúdez (2019), discute la relevancia de tener una lista de hipótesis diagnósticas, tanto para el clínico como para los estudiantes de medicina. Una lista de posibles diagnósticos,

aceptada de forma acrítica, podría resultar en la solicitud de muchas pruebas para esclarecer el caso, encareciendo el tratamiento del paciente.

Un trabajo reciente analiza la adopción de sistemas de apoyo a las decisiones clínicas para mejorar la precisión de la medicina, considerando el aumento de la carga de trabajo de los médicos en emergencias y clínicas familiares. La Asociación Estadounidense de Escuelas de Medicina (AAMC) estima una demanda de 130,600 médicos para 2025, lo que justificaría la adopción de programas para apoyar la toma de decisiones como una forma de reducir la posibilidad de errores médicos. (del Río Solá, 2018).

En 2009, se encontró que el 32% de los errores médicos en EE. UU. Fueron resultado de una disminución en el tiempo de interacción del médico con los pacientes, produciendo diagnósticos erróneos, falta de reconocimiento de la urgencia o empeoramiento de la evolución del paciente que requeriría prescribir o realizar acciones relevantes. Incluso en hospitales que cuentan con historia clínica electrónica, con posibilidad de mejor recolección de datos, se admite que el 78,9% de los errores médicos estarían relacionados con problemas en la relación médico-paciente, mala exploración clínica, falta de valoración de los pacientes. datos del paciente o falta de pruebas para probar la hipótesis diagnóstica. (Vidal Ledo, 2020).

El uso de sistemas que cruzan medicamentos recetados y dosis de pacientes, evitando interacciones o dosis inadecuadas, está disponible y se refleja en una mejor y más segura prescripción de medicamentos. Médicos y farmacéuticos se benefician enormemente de estos sistemas que confrontan datos y prescripciones, evitando casos de medicación inapropiada para mujeres embarazadas, pacientes con insuficiencia renal, alérgicos al fármaco prescrito e interacciones entre medicamentos realizadas por más de un profesional. (Social, 2020).

### **6.3 Uso de supercomputadoras e inteligencia artificial y medicina**

La Inteligencia Artificial (IA) es una rama de la informática que se propone desarrollar sistemas que simulen la capacidad humana para percibir un problema, identificando sus componentes con el fin de resolver problemas y proponer / tomar decisiones.

Otra definición de Inteligencia Artificial indica que sería la creación de sistemas informáticos inteligentes capaces de realizar tareas sin recibir instrucciones directas de los humanos (los “robots” son ejemplos de esto).

Utilizando diferentes algoritmos y estrategias de toma de decisiones y un gran volumen de datos, los sistemas de IA son capaces de proponer acciones, cuando se solicitan.

La Inteligencia Artificial implica varios pasos o competencias, como reconocer patrones e imágenes, comprender el lenguaje abierto escrito y hablado, percibir relaciones y nexos, seguir algoritmos de decisión propuestos por especialistas, ser capaz de comprender conceptos y no solo procesar datos, Adquirir “razonamiento” debido a la capacidad de integrar nuevas experiencias y, así, automejorarse, resolviendo problemas o realizando tareas.

Los inicios de la IA se remontan a 1950, cuando Alan Turing publicó su artículo “Computing Machinery and Intelligence” y propuso la prueba (ahora llamada TT en su honor) que compara el desempeño de una computadora y una persona en la resolución de un problema. (Boddington, 2017).

El término Inteligencia Artificial fue acuñado en una conferencia en Dartmouth College en 1956 por McCarthy et al., Y su aplicación en medicina comenzó con el artículo de Shortliffe en 1963. (Rodríguez Tena, 2019). Guerra (2018), admite que la IA en la medicina se está convirtiendo no solo en una parte, sino en un componente esencial de la informática médica y en un recurso importante para resolver problemas en la atención médica.

Investigación inicial orientada a captar el conocimiento de especialistas en el desarrollo de sistemas de apoyo o la propuesta de soluciones clínicas.

Actualmente, el problema es procesar un gran volumen de información, ya sea por medio de historias clínicas electrónicas con datos del paciente, resultados de sus exámenes, diagnóstico propuesto, prescripción y resultados de estos medicamentos, o por digitalización, considerando que los datos pueden no estar disponible o puede estar incompleto. También debe tenerse en cuenta que es posible que aún tenga que ingresar información debido a la incompatibilidad de los sistemas donde están registrados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta tipificación puede eventualmente introducir un componente de error humano.

Los sistemas que funcionan en segundo plano se pueden utilizar para verificar datos del paciente, como interacción e incompatibilidad de medicamentos, datos de diferentes pruebas complementarias, pruebas solicitadas y / o por realizar.

El problema de la pérdida de confidencialidad de los datos almacenados ha sido destacado y siempre debe ser discutido, pero los sistemas de salud, como el NHS en Inglaterra, indican que el beneficio del intercambio de experiencias supera los eventuales problemas derivados del incumplimiento de la confidencialidad. El intercambio de información ya se realiza entre pacientes con sitios web, como Pacientes como yo, Acor (asociación de cáncer online), CrowdMed, SmartPatients. (de Miguel Beriain, 2019).

Varias empresas están muy comprometidas con proyectos de IA, como IBM, Google, Apple, Microsoft y Amazon.

Con la expansión de los teléfonos inteligentes, sistemas como Apple Siri, Microsoft Cortana y Google Now permiten la interacción en lenguaje abierto, funcionando como asistente personal, dando información al usuario, recordando acciones a realizar, haciendo publicaciones en Facebook o Twitter y chateando con el usuario como amigo virtual.

Dos de las experiencias más importantes en el uso de la IA en varios campos, incluida la medicina, son la plataforma Watson Health, de IBM, y Deep Mind, de Inglaterra, que

procesan información almacenada en la "nube" de oncología y evaluación de riesgos. y evolución de los pacientes.

Al registrar un gran número de casos con su esquema diagnóstico, tratamientos prescritos y resultados obtenidos, estos sistemas permiten ampliar el conocimiento médico y la sugerencia de conducta a seguir, en este caso con base probabilística.

Los investigadores de IBM, utilizando redes neuronales, pudieron obtener una precisión del 86% en el diagnóstico de retinopatía diabética realizado en 35,000 imágenes de retina a las que se tuvo acceso a través de la tecnología EyePACs de IBM para identificar lesiones y otros signos observados en los vasos sanguíneos.

A diferencia de Watson, que procesa demandas más específicas, Deep Mind, creado en 2010 y comprado por Google en 2014, que también utiliza una red neuronal, no pretende ser programado para propósitos predefinidos, "aprendiendo" de la experiencia en solución de problemas. (Rodríguez Tena, 2019).

Deep Mind se ha utilizado en medicina para evaluar exploraciones visuales, buscando las causas de la ceguera. En 2016, estableció un proyecto con el Royal Free London NHS Foundation Trust y el Imperial College Health Care NHS Trust para acceder a los registros electrónicos de los pacientes y evaluar sus datos, lo que ha generado una gran controversia en el país. Se ha cuestionado el problema de la confidencialidad de los datos, principalmente porque son tratados libremente por una empresa privada (Google). (de Miguel Beriain, 2019).

Uno de los grandes retos de la Inteligencia Artificial es el desarrollo de sistemas que se basan en decisiones humanas, estas aplicaciones se encuentran frecuentemente en la Inteligencia Artificial aplicada en Medicina, siendo desarrollada desde Sistemas Especializados.

No es nuevo que la tecnología de la información se utilice para estudios de diagnósticos médicos. Robert Ledley y Lee Lusted, describen el uso de la lógica simbólica y estadística como métodos para ayudar en el proceso de toma de decisiones y señalaron a la computadora como el instrumento apropiado para ayudar en el proceso de diagnóstico médico (Coeira, 2014).

Como informa Coeira (Online, 2014), “la inteligencia artificial médica se preocupa principalmente por la creación de programas de IA que realizan diagnósticos y hacen recomendaciones terapéuticas”. Los programas de IA en medicina se basan en modelos simbólicos de entidades nosológicas (clasificación de enfermedades) y su relación con factores relacionados con el paciente y manifestaciones clínicas. Uno de los sistemas más comunes que se aplican en el área de AMI son los Sistemas Especialistas (SE), estos contienen conocimientos médicos, se utilizan tareas específicas, capaces de razonar en base a los datos del paciente.

Los SE están completamente enfocados en el conocimiento simbólico, para desarrollar aplicaciones que sean más similares al comportamiento humano. Se trata de programas diseñados para adquirir y poner a disposición los conocimientos operativos de un especialista humano en un área o campo de actividad específico. Según lo informado por Widman (Online, 2014), la SE es un sistema de apoyo a las decisiones, ya que puede tomar determinadas decisiones de dos formas: apoyo a las decisiones y toma de decisiones.

Los SE proporcionan respuestas a ciertas preguntas en un área específica, a través de inferencias humanas, basadas en el conocimiento contenido en una base de conocimiento especializada. El sistema debe tener la capacidad de explicar sus conclusiones al usuario y el razonamiento para lograrlo.

Según Westphal (2003), la evolución de la IA en entornos médicos se puede dividir en cuatro etapas. La primera etapa del desarrollo de la IA en el área de la salud comienza con el desarrollo del sistema CASNET - RED ASOCIACIONAL CAUSAL (red asociativa casual) es un tipo de red semántica, desarrollada en el lenguaje Fortran, que tiene como objetivo describir diferentes tipos de procesos complejos, pero desarrollado para describir la fisiopatología, observaciones externas mediante una estructura asociativa relacionada con el estado fisiopatológico. El propósito del sistema era diagnosticar patologías, tales como: diabetes, anemia, enfermedad de la tiroides. Pero terminó ayudando en el diagnóstico, pronóstico y terapia del glaucoma.

El sistema también conocido como CASNET / glaucoma, se basa en una red clínica de especialistas en glaucoma, el sistema reconoce la patología, prescribiendo medicamentos para condiciones patológicas relacionadas con el glaucoma. Se utilizan estrategias de selección para un tratamiento específico, a partir de los datos individuales de cada paciente para el diagnóstico dado. CASNET utiliza una variedad de esquemas de representación del conocimiento médico en formas modulares y jerárquicas. De esta forma, es posible obtener un mayor conocimiento sobre cómo elegir diferentes tipos de métodos de resolución de problemas en diferentes niveles de complejidad para coincidir con la naturaleza y grado de dificultad de las tareas de toma de decisiones. Uno de los regímenes generales más concisos pero versátiles desarrollados hasta la fecha es el sistema de especialistas, que se está utilizando en la creación de sistemas de consulta para reumatología y endocrinología.

El sistema que marcó la aplicación de la Inteligencia Artificial en medicina fue el Sistema de Especialistas MYCIN. Sistema desarrollado por Edward Shortliffe, donde propuso la construcción de un “Specialist Artificial”, consejera en antibioterapia. Shortliffe desarrolla el sistema especializado como una tesis doctoral, escrita en el lenguaje Lisp, dirigida a usuarios: médicos, paramédicos y estudiantes de medicina. Siendo el primer programa de resolución de problemas de razonamiento a través de información incierta o incompleta. Proporcionó una explicación clara y lógica del razonamiento, utilizando una estructura de

control adecuada para el dominio del problema específico. Es un tipo de Sistema Experto desarrollado con Inteligencia Artificial específico para el campo médico. Diseñado para identificar bacterias que causan infecciones graves, como bacteriemia y meningitis, y recomendar antibióticos específicos, con una dosis ajustada al peso corporal del paciente. El sistema también se utilizó para diagnosticar trastornos de la coagulación sanguínea. MYCIN diagnosticaría patologías en base a los síntomas del paciente y pruebas médicas, de ser necesario el programa solicitaría información adicional como pruebas de laboratorio, llegando a un resultado probable y recomendando el tratamiento adecuado.

Si es necesario, MYCIN informó cómo alcanzó un resultado determinado. Diseñado para ayudar en el tratamiento de la meningitis, con la finalidad de tratar infecciones graves, seleccionando un antibiótico específico para el paciente con determinada patología. MYCIN diagnosticaría patologías en base a los síntomas del paciente y las pruebas médicas, de ser necesario, el programa solicitaría información adicional como pruebas de laboratorio, llegando a un resultado probable y recomendando el tratamiento adecuado. Si es necesario, MYCIN informó cómo alcanzó un determinado resultado. El programa utiliza el tipo de encadenamiento hacia atrás, encadenamiento hacia atrás o razonamiento hacia atrás. Este razonamiento se refiere a un método de inferencia utilizado en IA, donde el objetivo es trabajar hacia atrás para averiguar cómo llegar al objetivo final. Para que esto suceda, la IA debe trabajar con un sistema basado en reglas.

Según Westphal (2003), desarrollo del Programa PIP Present Illness, la primera etapa de la IA en medicina ha finalizado. Al ser una herramienta de diagnóstico precoz diseñada para emular a los médicos en la evaluación de pacientes con edema, uso en consultas y diagnósticos en medicina interna y nefrología (según el Diccionario Aurélio, la Nefrología es la especialidad médica que se ocupa del diagnóstico y tratamiento clínico enfermedades del sistema urinario, especialmente del riñón). El sistema ayudó a los especialistas humanos a través de datos sobre el paciente a partir de una base de datos, desarrollando una hipótesis sobre lo que sentía el paciente. El sistema tiene cuatro componentes

principales: conjunto de datos del paciente, memoria a largo plazo, repositorio de conocimientos, memoria a corto plazo, cruce de datos del paciente y repositorio de conocimientos, un programa supervisor para facilitar el conocimiento e incorporar las contribuciones del paciente.

El sistema funciona basándose en los datos clínicos del paciente insertados por un especialista humano. El programa supervisor verifica los datos relevantes para la memoria de corto plazo y definiéndolos como hechos activos o no para el diagnóstico del paciente, contenido almacenado en la base de datos. Los hechos que el sistema solo verificó y no se seleccionó como activos para el diagnóstico del paciente se marcan como semiactivos. En consecuencia, el sistema agregaría los hechos obtenidos en la base de datos y los consejos del especialista humano, el sistema en cuestión sugiere más preguntas para ayudar al clínico a enfocarse en la patología en cuestión, sugiriendo al usuario que valide los datos hipotéticos. Las hipótesis se generan analizando todos los hechos en cuestión, hechos que se encuentran en el repositorio de conocimiento. Los hechos son un conjunto de reglas que permiten al sistema determinar si es o no una declaración válida para el paciente en cuestión.

El programa PIP no tiene un uso comercial elevado, pero algunas funciones del sistema se pueden encontrar en los sistemas clínicos actuales. El sistema puede verse como uno de los sistemas que ayudan en el desarrollo de la base del sistema de soporte de decisiones. La segunda etapa del desarrollo de la IA en medicina estuvo marcada por el surgimiento de los siguientes sistemas: EMYCIN, Expert y Age. Los sistemas fueron desarrollados para su aplicación en el control de instrumentos de UCI, interpretación de pruebas de laboratorio para asesoramiento diagnóstico y tratamiento de enfermedades. En este período se produjo el desarrollo y difusión de las ideas de los Sistemas Expertos, de conchas para representar el conocimiento y de decisiones basadas en la heurística. (1995 apud, BRONZINO; WESTPHAL, 2003).

El principal objetivo de los sistemas Shells es separar la base de conocimientos de la máquina de inferencia. Por lo tanto, el usuario del sistema debe preocuparse por obtener únicamente conocimiento del especialista humano, ya que la máquina de inferencia es inherente al sistema. El sistema Expert System Shell fue desarrollado con el objetivo de desarrollar los ET específicos - Expertise Transfer System. Son Sistemas Expertos incompletos, que requieren menos esfuerzo para movilizar un sistema real. Asisten en la construcción de Sistemas Especializados para el diagnóstico médico, originados en CASNET.

Según Bundy y Wallen (Online, 2014) Emycin es un Shell Expert System implementado en Interlisp, siendo una versión dependiente de Mycin. Creado para ayudar a los sistemas y utiliza el encadenamiento hacia atrás, siendo por tanto una estrategia de control. Desarrollado sin una base de conocimientos y reutilizando la interfaz de usuario y el motor de inferencia para que el sistema no se construyera desde cero. Por tanto, siendo de mejor utilidad para los profesionales no especialistas.

El objetivo general del proyecto AGE - Intento de generalizar, es desmitificar para hacer explícita la ingeniería del conocimiento. Como informan Nii y Aiello (Online, 1979) el objetivo general del proyecto AGE - Intento de generalizar, es desmitificar para hacer explícita la ingeniería del conocimiento. La concepción e implementación del programa se basa en la construcción del software, desarrollando programas con mayor facilidad, a partir de sistemas ya implementados con una base de conocimiento y facilitando las técnicas de IA que se aplicarán sin necesidad de reprogramar un sistema y cada uno. problema específico, ayudando a especialistas humanos con menos conocimiento.

Un SE en medicina, Quick Medical Reference - QMR (Rapid Medical Reference System), diseñado para ayudar en el diagnóstico de patologías en pacientes adultos, brindando acceso a información sobre las enfermedades más comunes, incluyendo historial médico,

síntomas, signos físicos y los resultados de Pruebas de laboratorio. Como herramienta de diagnóstico clínico, consta de descripciones de más de 750 patologías.

Uno de los mayores desafíos tecnológicos, que se está desarrollando con una gran ambición, es el desarrollo de sistemas informáticos utilizando Inteligencia Artificial. Estos son desarrollos que han vinculado a médicos y científicos durante mucho tiempo, se considera que esta tecnología tiene un gran potencial en la medicina. Con la llegada de las computadoras capaces de almacenar y procesar grandes cantidades de

La información surgió de la posibilidad de que se convirtieran en verdaderos “médicos de caja”, ayudando y superando a los médicos. Para que comenzara el desarrollo de sistemas que utilizan Inteligencia Artificial, un grupo de científicos y profesionales de la salud inició un programa de investigación para una nueva disciplina llamada Inteligencia Artificial en Medicina, que es un Sistema de Soporte de Decisiones Médicas - SADM. El SADM se basa en los principios del análisis de decisiones, que organiza y aclara información importante sobre los riesgos y beneficios de cada posible tratamiento, simplificando el proceso de decisión para el paciente y el médico.

Pero, a pesar de esta ayuda, el paciente aún necesita hacer su opción de tratamiento y confiar en el médico que lo acompaña para que le explique con mayor detalle los riesgos de cada procedimiento. Este método de análisis, que tiene ventajas y desventajas, se utiliza cada vez más para brindar las opciones más simples dentro de la enorme variedad de alternativas evaluadas. Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones médicas se pueden clasificar de la siguiente manera: sistemas con capacidad de autodecisión limitada o ausente (recuperación de datos del paciente, cálculos matemáticos asistidos por computadora, análisis e interpretación de datos primarios) y sistemas con capacidad de razonamiento automático e inferencia (sistemas de clasificación de enfermedades, sistemas expertos basados en la consulta, sistemas expertos basados en la crítica). SADM tiene los siguientes módulos: perfil del paciente, diagnóstico, evaluación del paciente, análisis.

Actualmente, existe resistencia a los usuarios, especialistas humanos, a utilizar los sistemas médicos, además de una serie de razones por las que los profesionales aún no utilizan de forma masiva los sistemas de apoyo a la decisión, siendo algunas de las razones: el miedo a perder la conexión con el paciente miedo a perder el control de la situación, inercia, no aceptación de la capacidad de la máquina, desconfianza en la Inteligencia Artificial, descontento con la entrada de datos, creencia de que hay una edad para aprender a usar el ordenador.

Una de las aplicaciones de SADM es el sistema DXplain, donde puede ayudar en el diagnóstico mediante el análisis de hallazgos clínicos como signos, síntomas y datos de laboratorio, produciendo una lista de los diagnósticos más probables. El sistema justifica cada diagnóstico, cuando es necesario sugiere pruebas adicionales. La base de datos DXplain contiene alrededor de 4500 síntomas asociados con aproximadamente 2000 enfermedades. La característica importante de este sistema es la capacidad de relacionar los síntomas y presentar las referencias bibliográficas en las que se basan. El sistema se utiliza en un gran número de hospitales y escuelas de medicina en los Estados Unidos de América.

Otro sistema que se da como ejemplo de SADM es el software MED Surgical Risk. Tras insertar los datos clínicos, evalúa el riesgo cardiológico y pulmonar del paciente, facilitando la valoración preoperatoria para el clínico o cardiólogo. La Inteligencia Artificial fue más allá de la ciencia ficción, hoy es un campo de estudio amplio y en constante cambio. En el caso de la medicina, sus aplicaciones son amplias.

En medicina, el diagnóstico y tratamiento de enfermedades es una rama que ha sido ampliamente estudiada y con la ayuda de la robótica se han logrado grandes resultados que ayudan en el cuidado y tratamiento de los pacientes. La primera vez que se utilizó un robot

en medicina fue en 1985, siendo conocido como PUMA 560, este mecanismo fue desarrollado para ser utilizado al realizar una biopsia en el cerebro para guiar una aguja.

Uno de los problemas de la medicina, que preocupa mucho a profesionales y pacientes, son las graves infecciones hospitalarias, mantener la limpieza de los lugares que tienen alta probabilidad de contagio es un desafío extremo. Pensando en este problema, los investigadores desarrollaron el sistema de desinfección UV Xenex. El dispositivo libera en el medio ondas que se denominan "xenón UV", un tipo de luz ultravioleta que esteriliza y mata los organismos microbiológicos que pueden transmitir cualquier tipo de contaminación.

El hospital Albert Einstein adquirió la tecnología robótica en 2008 y, desde entonces, un equipo de médicos especialistas en cirugía robótica ha estado utilizando el Vinci Surgical System, un robot cirujano desarrollado por Intuitive Surgical, empresa líder en tecnología robótica aplicada en cirugía.

El uso de la inteligencia artificial tiene un impacto. Todo ser humano comete errores y una de las principales áreas en las que se desea minimizar este escenario es la medicina. Por muy hábil que sea el especialista, es muy difícil asimilar tanta información sobre síntomas, causas e historiales de los pacientes para la toma de decisiones. Estos detalles pueden ser cruciales, por ejemplo, para el descubrimiento de enfermedades graves a tiempo para prevenir su progresión. Es con el objetivo de prevenir estos casos que la Inteligencia Artificial y los Sistemas Especializados son Inteligencia Artificial (IA) se desarrolló hace más de 50 años, con el objetivo de hacer que los ordenadores se presenten inteligentes utilizando métodos que se basan en la forma de pensar de los seres humanos. A lo largo de los años, diferentes tipos de investigaciones y proyectos han contribuido a su desarrollo. La IA cubre una vasta área de conocimiento que consta de técnicas como: Lógica difusa, Redes Bayesianas, Redes Neuronales Artificiales, entre otras.

Con esta expansión, fue posible desarrollar sistemas basados en el conocimiento de áreas específicas, denominados Sistemas Especialistas, cuyo objetivo es brindar asistencia a la toma de decisiones médicas, reduciendo los riesgos en la realización de diagnósticos (3). El ejemplo del Sistema Experto especificado en este documento tiene una estructura basada en la tecnología de Redes Neuronales Artificiales (ANN), debido a su característica única de imitar el funcionamiento del cerebro humano, reproduciendo artificialmente neuronas que reciben y envían señales, agregando aprendizaje al sistema.

A pesar de ser un área que aún necesita investigación y mejora, la Inteligencia Artificial aplicada a la medicina tiene el potencial de mejorar la forma en que los profesionales de la salud analizan situaciones y toman decisiones, ya que la IA ha mostrado resultados relevantes desde sus primeros artefactos. y que generan expectativas sobre su uso para salvar vidas.

La Inteligencia Artificial no es una tecnología reciente, a pesar de su creciente notoriedad en diferentes tipos de medios. Su idea se originó a partir de la combinación de varias áreas del conocimiento a lo largo de la historia, las cuales contribuyeron significativamente a su desarrollo, tales como: Filosofía, Matemáticas, Economía, Neurociencia, Psicología e Ingeniería Informática.

Oficializado en 1956, su objetivo es hacer que las computadoras presenten inteligencia basada en algoritmos y métodos complejos que funcionan de manera similar a la forma en que los humanos piensan y resuelven problemas. Por tanto, la Inteligencia Artificial es un área de conocimiento universal que sistematiza y automatiza tareas que son realizadas por el ser humano y que requieren algún nivel de intelectualidad, o inteligencia.

## **6.4 Técnicas de Inteligencia Artificial y aplicaciones en Salud**

Desde sus inicios, la IA se ha aplicado al campo de la medicina, como el Sistema de Especialistas Mycin, en 1970. Se utilizó para brindar sugerencias sobre el diagnóstico de pacientes con enfermedades infecciosas, explicando su propia línea de razonamiento (1). Con una base de 450 reglas, el sistema podría diagnosticar enfermedades como bacteriemia, meningitis y cistitis infecciosa, y explicar el razonamiento adoptado para la conclusión de su diagnóstico.

A lo largo de los años, el campo de la Inteligencia Artificial se ha destacado como un área diferenciada de la Informática y algunos ejemplos de su usabilidad son: el aprendizaje, el razonamiento y la resolución de problemas

Las diferentes técnicas de aplicación de la Inteligencia Artificial varían en el funcionamiento, en la lógica aplicada y, principalmente, en el resultado que se espera de los algoritmos. Actualmente, estas técnicas se dividen en dos categorías: deterministas y no deterministas.

### **Técnicas deterministas**

Básicamente, la diferencia entre las dos categorías se debe al tipo de entorno en el que se encuentra el programa. En las técnicas deterministas, los algoritmos se adaptan a entornos cuya característica es la entrada de datos que pueden determinarse con bajo o nulo grado de incertidumbre. En esta categoría se encuentran los siguientes tipos de algoritmos: máquinas de estados finitos, lógica difusa y sistemas basados en reglas.

- Máquina de estados finitos

Las Máquinas de Estados Finitos (FEM) se caracterizan por ser algoritmos que tienen los posibles estados de la máquina almacenados en nodos gráficos, cuyas conexiones son las condiciones para que ocurran los estados. Se trata de estructuras que se pueden aplicar a controles de ascensores, semáforos e incluso protocolos de redes industriales. Un ejemplo de aplicación del MEF en el área de la salud es el juego “Una aventura en el bosque de Dentolândia”, cuya función es concienciar a las madres sobre la salud bucal de sus bebés.

- Lógica difusa

Fuzzy Logic no solo analiza los estados y actúa en respuesta a ellos, sino que también determina qué tan preciso o verdadero es el estado. De esta forma, el sistema puede admitir una sentencia que puede ser: Muy alta, Alta, Baja e Ideal. El grado de certeza de los estados dará lugar a una respuesta particular. Un ejemplo de su aplicación en el área de la salud es el software propuesto por Silva, desarrollado para dispositivos móviles con el fin de ayudar en el diagnóstico de personas con sospecha de hernia en la región inguinal. Otro ejemplo trata de un modelo matemático basado en la teoría de conjuntos difusos para determinar el riesgo de arterias coronarias.

- Sistemas basados en reglas

Los sistemas basados en reglas son tipos de sistemas expertos que toman sus decisiones en función de su correspondencia con las muchas reglas del sistema. Básicamente, su función es brindar el conocimiento de un especialista, por ejemplo, un médico, simulando la toma de decisiones y brindando diagnósticos, a partir de una estructura de análisis <si-then> (condición-acción).

## **Técnicas no deterministas**

A diferencia de las técnicas deterministas, un sistema de IA implementado con un método no determinista puede adaptarse a un entorno impredecible o incierto. El grado de tratamiento de la incertidumbre depende de la técnica que se utilice, lo que permite que el sistema comprenda las entradas y se moldee para manejar mejor la salida. Las siguientes técnicas se incluyen en esta categoría: algoritmos genéticos, redes bayesianas y redes neuronales artificiales.

- **Algoritmos genéticos**

La técnica de Algoritmos Genéticos (AG) crea poblaciones basadas en los principios de Darwin y la selección natural, donde los datos heredados son generados por la combinación de un tipo de ADN virtual de los padres. Estos algoritmos permiten al sistema tomar decisiones diferenciadas en función del entorno en el que se encuentra involucrado. Los AG se utilizan ampliamente en sistemas que tienen varias restricciones y que no se pueden representar matemáticamente, como el Problema de optimización de la ruta del vehículo y la Optimización del diseño del circuito. Un ejemplo de aplicación de la AG en medicina es el estudio propuesto por Passos e Matias, cuyo objetivo consiste en brindar apoyo para el diagnóstico de enfermedad coronaria obstructiva, presentado como parte de un sistema especializado en Apoyo al Diagnóstico de Enfermedades del Corazón.

- **Redes bayesianas**

La Red Bayesiana es una técnica compleja, cuya lógica se basa en probabilidades. Su estructura consiste en una gráfica donde las variables son representadas por nosotros y los arcos que las unen simbolizan sus dependencias. Cada nodo tiene una función que determina qué ruta es más probable que se utilice. Un ejemplo de aplicación de esta metodología es el Health Case Simulator (SimDeCS), que permite la interacción con el

usuario en un entorno que presenta el modelado del conocimiento perfilado por la Red Bayesiana y el uso de probabilidades para la generación de diagnósticos.

- Redes neuronales artificiales

Artificial Neural Network es la metodología que intenta reproducir características del cerebro humano en función del entorno en el que está involucrado. Esta tecnología tiene la capacidad de aprender a través de ejemplos, gracias a su estructura de neuronas interconectadas con funciones específicas que, al activarse, realizar una determinada tarea. Ejemplos del uso de esta técnica en el área de la salud son los sistemas propuestos para predecir la seroprevalencia de Hepatitis A y evaluar la sensibilidad y especificidad de cuestionarios escritos en alergia ocular.

### **6.5 Redes neuronales artificiales**

El uso de las Redes Neuronales en el campo médico se puede realizar en conjunto con otras técnicas de procesamiento, haciendo que los resultados obtenidos sean más completos y útiles en su entorno.

Su función radica en que el aprendizaje se genera por medio de la experiencia y por el aporte de datos, por medio de tres modelos: 1. Simulación 2. Emulación 3. Redes Neuronales; y son modelos de cálculo que su funcionamiento radica en desarrollar tareas cognitivas como lo son el seguimiento de patrones, realizar clasificaciones y disminuir el error humano.

Con el uso de ARN, el sistema se presentó como una herramienta de clasificación eficiente para individuos seropositivos con la capacidad de clasificar el 88% del conjunto, en comparación con la regresión logística que obtuvo un resultado del 83% de acuerdo total en el mismo conjunto de pruebas.

La tecnología de redes neuronales artificiales (ARN) intenta reproducir características del cerebro humano. Para obtener este resultado, el sistema está formado por varias unidades (neuronas) interconectadas por enlaces llamados enlaces. Cada enlace tiene un peso asociado, que define el grado de relevancia de la conexión.

#### Ventajas y desventajas de utilizar sistemas expertos

Como se trata de un área de conocimiento y tecnología relativamente nueva, todavía queda mucho por investigar para futuras mejoras. Por esta razón, algunas de las desventajas de implementar Sistemas de Especialistas son: la necesidad de registros médicos previos; interfaz de usuario hostil; demanda de tiempo de procesamiento (21). Además, se pueden identificar casos de resistencia a su uso en el ámbito médico, como: miedo a perder el control de las actividades; no aceptación de la capacidad de la máquina / sistema; falta de conocimientos informáticos.

Sin embargo, incluso ante las dificultades, las ventajas son alentadoras: permite acceder a conocimientos especializados, sin necesidad de su presencia; se puede utilizar para entrenamiento; rapidez en la obtención de posibles soluciones a los problemas; llega a una conclusión y explica lo que hace y por qué lo hace; tiene un mecanismo de autoaprendizaje; preserva y transmite el conocimiento de un especialista; ayuda a los médicos lejos de ser un especialista en la toma de decisiones.

El uso de las Redes Neuronales en el campo médico se puede realizar en conjunto con otras técnicas de procesamiento, haciendo que los resultados obtenidos sean más completos y útiles en su entorno. En un caso de aplicación de Redes Neuronales a la evaluación de la sensibilidad y la obtenida a partir de modelos aplicados en áreas específicas de la medicina, como por ejemplo en la detección de pacientes infectados con Hepatitis A. Para la formación de la RNA, se utilizó un conjunto de 1.200 personas con el 33% de los casos

VIH positivos para anti-VHA, otro conjunto de 762 personas con una prevalencia del 38% de VIH positivos para la validación y, para las pruebas, un conjunto de 853 individuos con 34% de casos seropositivos.

## **6.6 Aplicaciones de la ciencia de datos e inteligencia artificial en salud**

El uso de aplicaciones en los dispositivos electrónicos que tenemos a nuestro alcance, como celulares, computadoras y relojes inteligentes, es una tendencia que está yendo en aumento, en la medida que cada vez está más accesible en nuestra sociedad.

El término Salud Móvil, según la OMS, consiste en utilizar la tecnología móvil para ayudar a diagnosticar de manera más precisa y eficaz enfermedades no transmitibles que hacen parte de las causas principales de morbilidad y mortalidad en los países desarrollados y en vía de desarrollo.

En el mercado de Internet se encuentran múltiples aplicaciones que ayudaran al médico a enfocarse en una medicina de precisión, tanto en diagnóstico como el tratamiento.

En EL ANEXO 1 se describen algunas aplicaciones enfocadas en salud

## **6.7 Consideraciones por el uso de sistemas de apoyo a la decisión clínica**

La toma de decisiones en medicina depende, fundamentalmente, de la propuesta de hipótesis diagnósticas sugeridas por el médico luego de recolectar y evaluar datos sobre los problemas de salud del paciente. Estas hipótesis serían evaluadas e indicarían la necesidad de contar con nueva información sobre el caso o de realizar exámenes complementarios que permitan elegir la mejor opción en la solución del problema. (Vega, 2020).

La experiencia obtenida tras años de trabajo clínico permitiría al profesional evaluar mejor estas hipótesis diagnósticas planteando preguntas al paciente o sugiriendo pruebas a realizar. Un trabajo clásico indicó luego de una larga investigación que registra el proceso de resolución de problemas en varias situaciones controladas, lo siguiente: (Wong, 2019).

1. Los problemas de resolución de problemas suelen generarse temprano al entrevistar a un paciente, ya sea porque el médico recuerda casos similares, o porque leyó un artículo que trataba de situaciones con las mismas características;
2. Las hipótesis se presentan, por regla general, en un número limitado, incluso en casos complejos; sin embargo, se pueden proponer hipótesis generales, como el dolor abdominal, junto con otras;
3. Como consecuencia de la proposición temprana de hipótesis, los médicos pueden buscar nuevos datos para probar sus hipótesis y no para reevaluarlas, requiriendo mucha más información o resultados de pruebas para revisar estas hipótesis;
4. La solución de un caso está, por regla general, relacionada con la competencia del profesional en relación con el problema presentado por el paciente. Como decía Claude Bernard, "quien no sabe lo que busca no comprende lo que encuentra".

Estudios mostraron que el número de datos de anamnesis, exploración física y exámenes complementarios requeridos por internos, residentes y especialistas para resolver un caso varía significativamente, lo que indica la importancia de la experiencia a la hora de proponer posibles diagnósticos. El reconocimiento de patrones y los criterios de diagnóstico (combinación de síntomas, signos y resultados de pruebas) se utilizan para determinar el diagnóstico correcto.

Un estudio de la Universidad Estatal de Londrina sobre el razonamiento clínico de estudiantes de medicina 10 indicó dos procesos para la elaboración de hipótesis diagnósticas entre estudiantes: hipotético-deductivo e inductivo. Se evidenció un predominio de estudiantes (69%) inductores de diagnóstico. Estos procesos destacan dos

tipos de pensamiento: el teórico-deductivo (que va de lo general a lo privado), más común entre los latinos, y el empírico-inductivo (que va de lo privado a lo general), que caracteriza, en general, al anglo.

Los sistemas de apoyo a las decisiones clínicas pueden ayudar a los profesionales en este proceso de toma de decisiones. Estos sistemas pueden sugerir hipótesis, con sus probabilidades de ocurrencia, pero no explican por qué estas hipótesis. Saben qué, pero no saben por qué.

Por otro lado, el sistema de toma de decisiones, dependiendo de la capacidad de percibir lo que le sucede al paciente, puede llevar a errores en la conducta propuesta. Una niña de 14 años visitó el Hospital Sobra-dinho en Brasilia con amenorrea primaria. Ella se quejó de “no ser una niña todavía”. Pero el residente que la vio observó la ictericia de la paciente y, tras los exámenes, le diagnosticó anemia falciforme. Ella trató a la paciente y la dio de alta, pero la paciente, llorando, le dijo al médico que no la habían tratado porque "aún no era una niña".

Para evitar esta distorsión en la percepción de un caso, Weed<sup>12</sup>propuso en 1964 la adopción del “Registro Orientado a Problemas”, en el cual, luego de escuchar y examinar al paciente, el médico debe enumerar los problemas presentados, ya sean somáticos o orden psicológico e incluso social, y proponer un plan de acción para cada problema presentado.

La “Historia Clínica Orientada a Problemas” fue adoptada en algunos hospitales, quizás porque, reconociendo los problemas del paciente y proponiendo un diagnóstico y plan de tratamiento para cada problema, la competencia médica está sujeta a una clara evaluación por parte de los pares. (Vidal Ledo, 2020).

## 7. Conclusiones

Entre todos los desarrollos que se investigaron a partir de un análisis exploratorio sobre Inteligencia Artificial aplicada en el área de la salud, se analiza que son de suma importancia para la medicina. Porque informan el diagnóstico de un determinado paciente, a partir de una base de conocimiento contenida en una base de conocimiento especializada, con gran eficacia en el resultado de patologías. Estos sistemas pueden ayudar a especialistas humanos e incluso a especialistas con menos conocimientos en el campo de la salud. Por lo tanto, el sistema debe tener la capacidad de explicar sus conclusiones y el razonamiento para lograr dicho resultado al usuario.

Los sistemas que se desarrollan con IA utilizando una base de conocimientos pueden ayudar a los especialistas humanos a informar sobre tipos de patologías e incluso ciertos diagnósticos. Sin embargo, algunos sistemas con un alto grado de decisión, en las áreas de especialización de la medicina, pueden verificar mejor el estado de un paciente sin necesidad de que el programa solicite información adicional e incluso informe cómo llegó a un determinado diagnóstico. Esto se debe a que los Sistemas Especializados facilitan la solución de problemas en un campo específico de aplicación, haciendo inferencias a partir de una base de conocimiento desarrollada por un especialista humano.

Una de las grandes discusiones es si la máquina reemplazará al hombre en el campo médico. Desde la Revolución Industrial, la máquina ha tomado fuerza y ha reemplazado al hombre en la industria, principalmente en los servicios pesados. Esta sustitución se hizo cada vez más común y en cierto modo “obligatoria”, este hecho se obtuvo por razones de las empresas para mantener sus ganancias competitivas en el mercado.

En medicina, hay un gran dilema, ¿las cirugías asistidas han reemplazado al especialista humano? Las cirugías robóticas ya han enfrentado prejuicios por parte de médicos y

pacientes, este tipo de prejuicios se está volviendo más común, tanto para pacientes como para cirujanos. Bueno, están analizando los beneficios de la cirugía mínimamente invasiva.

Utilizando una investigación exploratoria como metodología para el desarrollo de este trabajo, se obtienen resultados satisfactorios, donde se puede concluir que el uso de la IA que se está desarrollando a partir del conocimiento de Sistemas Especializados tiene gran influencia en los diagnósticos de determinadas patologías. El sistema puede, a partir de un estado específico de un paciente, analizar su estado y diagnosticarlo.

Por tanto se concluye que los sistemas desarrollados con Inteligencia Artificial para el área de la salud pueden en determinados casos sustituir las decisiones de un especialista humano por su base de conocimientos y su toma de decisiones, sin embargo el médico que con experiencia realiza análisis de estas patologías puede usarlo como herramienta, más nunca como reemplazo del galeno. Para que un SE reemplace a un sistema humano especializado, el software debe tener un alto grado de especificación, por lo que tiene un mejor rendimiento.

Sin embargo, al analizar la cirugía robótica debe pensarse en una cirugía asistida por robots. Al fin y al cabo, es el cirujano quien realiza la cirugía a través de extensores mecánicos, cuya principal función es aportar más destreza a la operación. La máquina aún no ha reemplazado al hombre en el médico, ya que todavía necesita un especialista humano para intervenir en las cirugías, diagnósticos.

## Bibliografía y Referencias

- Alcañiz, M., GIGLIOLI, I. A. C., Sirera, M., Minissi, E., & Abad, L. (2020). Biomarcadores del trastorno del espectro autista basados en bioseñales, realidad virtual e inteligencia artificial. *MEDICINA (Buenos Aires)*, 80(Supl II), 31-36.
- Ardila, R. (2010). *INTELIGENCIA. ¿QUÉ SABEMOS Y QUÉ NOS FALTA POR INVESTIGAR? 7*
- Bermúdez, J. L. C. (2019). Desarrollo e implantación de herramientas para el registro y análisis de datos y el soporte a la decisión como base para la medicina de precisión en oncología (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).
- Boddington, P. (2017). Introduction: Artificial intelligence and ethics. In *Towards a Code of Ethics for Artificial Intelligence* (pp. 1-5). Springer, Cham.
- de Miguel Beriain, I. (2019). Medicina personalizada, algoritmos predictivos y utilización de sistemas de decisión automatizados en asistencia sanitaria: Problemas éticos. *Dilemata*, (30), 93-109.
- del Río Solá, M. L., JM, L. S., & Puerta, V. (2018). LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL ÁMBITO MÉDICO. *Revista española de investigaciones quirúrgicas*, 113.
- García, L. L. *Inteligencia Artificial al Servicio de la Salud*.
- GONZÁLEZ, N., LEYVA, M. Y., FAGGIONI, K. M., & ÁLVAREZ, P. J. Estudio comparado de las técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería.
- Guerra, Á., & García-Mayor, R. (2018). Retos éticos que plantea el uso de la inteligencia artificial en el diagnóstico y tratamiento clínico. *Cuadernos de Bioética*, 29(97), 303-304.
- Ing, V. A., Salazar, J., Garicano, C., MgS, M. C. G. M., & Añez, R. (2019). Una introducción a las aplicaciones de la inteligencia artificial en Medicina: Aspectos históricos. *Revista Latinoamericana de Hipertension*, 14(5), 590-600.

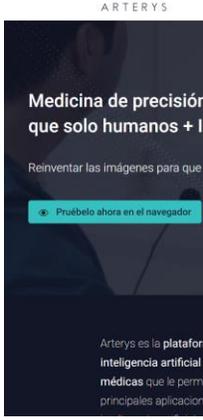
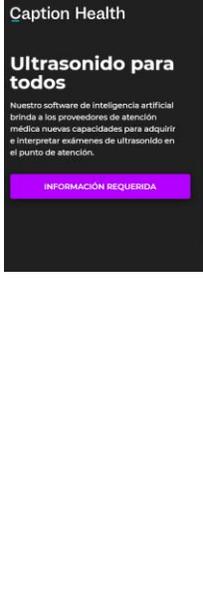
- Ledo, M. J. V., Suárez, I. D. R. M., Bravo, J. A. M., Cárdenas, L. T. G., & Sao, M. P. (2020). Personalized precision medicine. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 34(1), 1-15.
- Núñez, D. B., Mascaró, J. C., Gutiérrez, L. Q., & Gol-Montserrat, J. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y DECISIONES CLÍNICAS: Cómo está cambiando el comportamiento del médico.
- Pajares Martinsanz, G./Santos Peñas, M. Inteligencia artificial e ingeniería del conocimiento ISBN 10: 8478976760 / ISBN 13: 9788478976768 Editorial: RAMA
- Ponce, J., Torres, A., Aguilera, F., Silva Sprock, A., Flor, E., Casali, A., Scheihing, E., Tupac, Y., Torres, D., Ornelas, F., Hernández, J.-A., D., C., Vakhnia, N., & Pedreño, O. (2014). Inteligencia Artificial. <https://doi.org/10.13140/2.1.3720.0960>
- Rodríguez Tena, I. (2019). De la Inteligencia Artificial a la Moral Artificial. Posibilidades y consideraciones éticas.
- Social, T. S. (2020). Inteligencia Artificial: apoyo a la decisión clínica para frenar la Covid-19. *Inteligencia Artificial*.
- Vega, M. Á., Mora, L. M. Q., & Badilla, M. V. C. (2020). Inteligencia artificial y aprendizaje automático en medicina. *Revista Medica Sinergia*, 5(8), e557-e557.
- Vidal Ledo, M. J., Morales Suárez, I. D. R., Menéndez Bravo, J. A., González Cárdenas, L. T., & Portuondo Sao, M. (2020). Medicina de precisión personalizada. *Educación Médica Superior*, 34(1).
- Winston Patrick Henry. *Artificial Intelligence*. Addison Wesley. Tercera edición. California, 1992
- Wong, Z. S., Zhou, J., & Zhang, Q. (2019). Artificial intelligence for infectious disease big data analytics. *Infection, disease & health*, 24(1), 44-48.

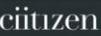
## ANEXO 1

### Usos de la Inteligencia e inteligencia de datos en salud

Los usos de la inteligencia artificial y en salud son cada vez mas extendidos, y sorprenden por el increíble crecimiento y perspectivas que muestran a futuro en campos cada vez mas comunes de la salud. Clínica, administración, investigación, diagnóstico, sistemas expertos, sistemas expertos, sistemas de apoyo a la decisión clínica, control de pacientes, seguimiento de adherencia a tratamientos, pruebas clínicas de fármacos, son en definitiva algunos de los ejemplos que mostraremos en este aparte del trabajo, que muestran el increíble avance y aplicación a los temas de salud. Tomado de <http://dfkoz.com/ai-data-landscape/>, donde se relacionan múltiples empresas incluidas en el panorama de datos e inteligencia artificial, filtrando solamente aquellas que tienen que ver con Salud.

Nombre del sistema o entidad	URL	Descripción del oferente (tomadas literalmente de la página web y traducidas del inglés)	Comentarios	Imagen de la página
3dMed	<a href="http://www.3dmedcare.com/">http://www.3dmedcare.com/</a>	<p>“3D Medicines (3DMed), fundada en 2010, es líder en medicina de precisión en China dedicada a hacer que el diagnóstico temprano y personalizado sea accesible para cada paciente.</p> <p>3DMed estableció el estándar de innovación en diagnóstico molecular automatizado e inteligencia artificial (IA) para ayudar a los médicos a aprovechar la información genética para adaptar el tratamiento a pacientes individuales. En 2018, 3DMed introdujo un sistema de interpretación de datos del genoma del cáncer basado en IA, el ANDiS Genome Insight.”</p>	<p>Empresa que, a través de diagnóstico molecular e inteligencia artificial, utiliza la información para personalizar los tratamientos de acuerdo a resultados previos.</p>	
Aicure	<a href="https://aicure.com/">https://aicure.com/</a>	<p>“AiCure utiliza una plataforma de inteligencia artificial patentada y fácil de usar para interactuar directamente y brindar apoyo a los pacientes a través de teléfonos inteligentes para brindar datos significativos y de alta calidad sobre el comportamiento del paciente.”</p>	<p>Es una plataforma que permite hacer seguimiento a los pacientes, para tener información y tomar acciones que redunden en eficiencia de ellos tratamientos y optimización financiera.</p>	

<p>ARTERYS</p>	<p><a href="https://arterys.com/">https://arterys.com/</a></p>	<p>“Arterys es la plataforma de inteligencia artificial de imágenes médicas que le permite integrar las principales aplicaciones clínicas de inteligencia artificial directamente en su flujo de trabajo existente impulsado por PACS o EHR para convertirlo en una extensión natural de lo que ya hace. Hacemos que la IA sea una realidad mejorando la experiencia del médico, la precisión del diagnóstico y el tratamiento, el desempeño financiero y los resultados que son importantes para los pacientes y proveedores.”</p>	<p>Esta plataforma integra procesos del diagnóstico radiológico, contribuyendo a la eficiencia y precisión diagnóstica.</p>	
<p>Babylon</p>	<p><a href="https://www.babylonhealth.com/">https://www.babylonhealth.com/</a></p>	<p>“La misión de Babylon es poner un servicio de salud accesible y asequible en manos de todas las personas en la tierra. Nuestra IA ha sido diseñada alrededor del cerebro de un médico para brindar atención médica accesible a millones en la palma de sus manos. Descubra más sobre cómo nuestra tecnología da forma a lo que hacemos. Nuestro equipo ha sido contratado en más de 60 países diferentes y está trabajando para hacer que la atención médica sea asequible y accesible. Al combinar el poder cada vez mayor de la inteligencia artificial con la mejor experiencia médica de los seres humanos, Babylon puede brindar un acceso incomparable a la atención médica, que incluye evaluaciones de salud personalizadas, consejos de tratamiento y citas cara a cara con un médico las 24 horas, los 7 días de la semana.”</p>	<p>Plataforma que pone a disposición de los pacientes, acceso a servicios de salud, utilizando algoritmos de inteligencia artificial y respaldado por un gran número de profesionales.</p>	
<p>Caption Health</p>	<p><a href="https://captionhealth.com/">https://captionhealth.com/</a></p>	<p>“Ultrasonido para todos Nuestro software de inteligencia artificial brinda a los proveedores de atención médica nuevas capacidades para adquirir e interpretar exámenes de ultrasonido en el punto de atención. El primer y único sistema de ultrasonido guiado por IA del mundo aprobado por la FDA Realizar un examen de ultrasonido es una habilidad compleja que se limita a un subconjunto de médicos con capacitación especializada. Caption AI está equipado con un conjunto de funciones innovadoras diseñadas para abordar las limitaciones del ultrasonido y desbloquear sus beneficios. Interpretación inteligente La interpretación de imágenes de ultrasonido es una habilidad perfeccionada por los médicos</p>	<p>Plataforma que orienta al profesional de la radiología y facilita, mediante parámetros preestablecidos, el diagnóstico.</p>	

		durante muchos años de práctica. Caption AI calcula automáticamente la fracción de eyección, la medida más utilizada para evaluar la función cardíaca, a partir de cualquier combinación de hasta tres vistas cardíacas comúnmente adquiridas en el punto de atención: eje largo paraesternal, 4 cámaras apicales y 2 cámaras apicales.”		
Citizen	<a href="https://www.citizen.com/">https://www.citizen.com/</a>	<p>“Cuidas tu salud. Nos ocuparemos de sus registros médicos.</p> <p>Citizen es un servicio gratuito para pacientes que recopila, resume y le brinda acceso digital a sus registros médicos completos. Organizaremos sus registros médicos en un solo lugar para que pueda concentrarse en obtener el tratamiento que necesita.</p> <p>Citizen es y siempre será 100% gratuito para los pacientes.”</p>	Permite a los pacientes tener todos sus registros de salud en un solo lugar, de manera gratuita.	 <p><b>Cuidas tu salud. Nos ocuparemos de sus registros médicos.</b></p> <p><small>Citizen es un servicio gratuito para pacientes que le brinda acceso digital a sus registros médicos completos. Organizaremos sus registros médicos en un solo lugar para que pueda concentrarse en obtener el tratamiento que necesita. Citizen es y siempre será 100% gratuito para los pacientes.</small></p> <p><a href="#">DESCUBRE</a></p>
Cloudmedx	<a href="https://cloudmedxhealth.com/">https://cloudmedxhealth.com/</a>	<p>“La actualización a la IA en la atención médica finalmente ha llegado.</p> <p>Recopilamos y convertimos datos dispares en puntos de vista holísticos y procesables de individuos y comunidades. Nuestro enfoque se llama Inteligencia Alineada. Estamos informando las decisiones más complejas de nuestro tiempo con varias soluciones orientadas a COVID . Nuestra plataforma de aprendizaje profundo es una extensión intuitiva de la forma en que colaboran proveedores, pagadores e incluso pacientes. Se integra con los sistemas existentes y los hace mucho más inteligentes.”</p>	Este servicio convierte toda la información dispersa a individual, e grupos organizados de datos, con analítica que permite optimizar y tomar mejores decisiones integrando aspectos administrativos y de pacientes. Es una plataforma integradora.	 <p><b>La actualización a la IA en la atención médica finalmente ha llegado.</b></p> <p><small>Recopilamos y convertimos datos dispares en puntos de vista holísticos y procesables de individuos y comunidades. Nuestro enfoque se llama Inteligencia Alineada. Estamos informando las decisiones más complejas de nuestro tiempo con varias soluciones orientadas a COVID.</small></p>
COTA	<a href="https://cotahealthcare.com/">https://cotahealthcare.com/</a>	<p>“Aportando claridad al cáncer</p> <p>Trabajamos para garantizar que todas las personas afectadas por el cáncer tengan un camino claro hacia la atención adecuada.</p> <p><b>Proveedores</b></p> <p>Seleccionamos datos de EHR que se pueden utilizar para impulsar la investigación y la estandarización con el fin de mejorar los resultados de los pacientes y al mismo tiempo reducir los costos en su institución.</p> <p><b>Pagadores</b></p> <p>Damos sentido clínico a los datos de reclamos, brindando información sobre el desempeño y los resultados relacionados en todos los sitios para respaldar los modelos de pago basados en el valor.</p>	Plataforma que integra las información del cáncer, optimizando el flujo de información que se usa para investigación, mejora de resultados de pacientes, pagos a proveedores, desarrollo de fármacos entre otros.	 <p><b>Aportando claridad al cáncer</b></p> <p><small>Trabajamos para garantizar que todas las personas afectadas por el cáncer tengan un camino claro hacia la atención adecuada.</small></p>

		<p><b>Ciencias de la vida</b>  Nuestros datos del mundo real, profundamente seleccionados, aceleran el desarrollo de fármacos, informando las decisiones y acciones que proporcionarán los mejores fármacos a los pacientes de forma más rápida y a un menor costo.”</p>		
Datavant	<a href="https://datavant.com/">https://datavant.com/</a>	<p>“Conectando los datos de salud del mundo  Datavant ofrece soluciones para ayudar a las instituciones a proteger, emparejar y compartir datos de salud”</p>	<p>Plataforma que permite a los clientes de la misma conectar registros de pacientes anónimos entre conjuntos de datos, protegiendo la privacidad del paciente. De gran utilidad al permitir acceso a miles de registros anónimos.</p>	

Enlitic	<a href="https://www.enlitic.com/">https://www.enlitic.com/</a>	<p>Uniendo la inteligencia humana y artificial para avanzar en el diagnóstico médico</p> <p>Enlitic es una empresa con sede en San Francisco que utiliza datos para avanzar en el diagnóstico médico. Al unir radiólogos de clase mundial con científicos e ingenieros de datos, recopilamos y analizamos los datos clínicos más completos del mundo, un software médico pionero que permite a los médicos diagnosticar antes con una precisión reconocida.</p>	Permite recopilar, y analizar información, y crear algoritmos para el diagnóstico radiológico.
Ezra	<a href="https://ezra.com/">https://ezra.com/</a>	<p>“Encontramos la mayor debilidad del cáncer: la detección temprana. Nuestra exploración anual detecta el cáncer antes, lo que lo hace más fácil de vencer y posible de prevenir.”</p>	Contiene algoritmos para detección temprana de cáncer y una encuesta para calcular el riesgo de cáncer individual.
Flatiron	<a href="https://flatiron.com/">https://flatiron.com/</a>	<p>“Acelerar la investigación del cáncer y mejorar la calidad de la atención requiere que toda la industria trabaje en conjunto. Nuestros productos conectan a los oncólogos, académicos, hospitales, investigadores de ciencias biológicas y reguladores de la comunidad en una plataforma tecnológica compartida.</p> <p>Juntos, podemos aprender de la experiencia de cada paciente. OncoCloud™ es el conjunto de software y servicios más completo en oncología comunitaria. Con nuestra tecnología, las clínicas comunitarias brindan una mejor atención a los pacientes sin dejar de ser eficientes, independientes y económicamente exitosas.”</p>	Es un sistema de que integra información sobre Oncología, permitiendo optimizar el servicio y aprovechar desde muchas perspectivas la información.
	<a href="https://www.ginger.io/">https://www.ginger.io/</a>	<p>“Cualquier desafío Podemos ayudarlo con cualquier cosa con la que esté luchando, desde el estrés y la depresión hasta problemas con el trabajo y las relaciones. En cualquier momento ¿Necesitas charlar el fin de semana? ¿O a las 3 de la mañana en un día festivo? Estamos alrededor. Ofrecemos acceso inmediato a soporte, 24/7/365. En cualquier sitio</p>	Sitio de Orientacion terapeutica, consulta psiquiátrica por video llamada.



		Vamos a donde va tu smartphone. Obtenga soporte confidencial dondequiera que esté. Disponible en los 50 estados y 23 países. Chatee con un entrenador de salud conductual capacitado en segundos y reúñase con un terapeuta o psiquiatra con licencia por video en cuestión de horas.”		
Glow	<a href="https://glowing.com/">https://glowing.com/</a>	<p>“Una familia de cuatro aplicaciones desde el periodo hasta la crianza  Mejore su coeficiente intelectual de salud con Glow Premium Visualice sus tendencias de salud  Compare con nosotros como usted pronostica sus síntomas antes de que sucedan, acceda a miles de artículos.”</p>	Web de cuidado prenatal, planificación y predicción de estado de salud asociado a ciclos hormonales y otras circunstancias.	 <p>Una familia de cuatro aplicaciones desde el periodo hasta la crianza</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eve by Glow: realiza un seguimiento de tu periodo</li> <li>• Glow: queda embarazada</li> <li>• Glow Nurture: sigue tu salud mental</li> <li>• Glow Baby: apoya la salud de tu bebé</li> </ul> <p>Aprende más &gt;</p>
grandroundtable	<a href="http://www.grandroundtable.com/">http://www.grandroundtable.com/</a>	<p>“Nuestro equipo de médicos, científicos de datos e ingenieros de software con sede en Filadelfia se centra en una cosa: trabajar con nuestros clientes y socios para utilizar conocimientos basados en datos para la atención centrada en el paciente.  Asistente clínico  Una innovadora solución de apoyo a la toma de decisiones clínicas integrada con el EHR que ahorra al equipo de atención el tiempo perdido en la revisión manual de las historias y al mismo tiempo ayuda a cumplir con los requisitos de atención basados en el valor para ACO y PCMH. Escanea el gráfico, abordando la coordinación de la atención, el apoyo a las decisiones clínicas y las necesidades de seguimiento y seguimiento de las pruebas”.</p>	Es un asistente clínico, que apoya todos los procesos administrativos y de seguimiento clínico al profesional de la salud, ahorra tiempo y mejora la precisión diagnóstica.	 <p><b>CENTRADO CLÍNICAMENTE Y BASADO EN DATOS</b></p> <p>Explore nuestras soluciones Ver una demo</p>

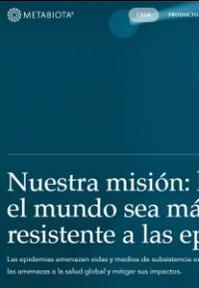
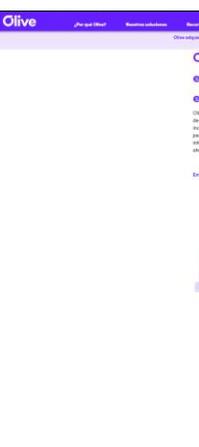
Healthtap	<a href="https://www.healthtap.com/">https://www.healthtap.com/</a>	<p>“Atención médica de alta calidad de médicos en los que puede confiar, 24 horas al día, 7 días a la semana, desde cualquier dispositivo. Obtenga respuestas. Recibe tratamiento. Mejórate. Aprovecha la mejor atención médica virtual, todo por \$ 10 al mes. Los médicos de HealthTap comparten sus conocimientos y aprenden unos de otros en la red gratuita de médicos de HealthTap. Los médicos del HealthTap Medical Group brindan consultas virtuales a través de chat de texto o video y texto.”</p>	<p>Es una plataforma de atención médica en la que toda la información registrada es aprovechada por todos los médicos de la comunidad para aprender y mejorar el proceso diagnóstico.</p>	
Human Dx	<a href="https://www.humanmandx.org/">https://www.humanmandx.org/</a>	<p>“Obtenga respuestas de los mejores médicos antes de recibir atención. Más rápido que la telemedicina o una visita al médico. Más barato que su copago. La mejor comunidad de médicos. El Proyecto de Diagnóstico Humano (Human Dx) ayuda a los profesionales médicos a brindar y obtener información sobre encuentros clínicos para ayudarse entre sí y al mundo. Nuestra comunidad incluye a decenas de miles de médicos de más de 100 países y las principales instituciones del mundo, incluidas Harvard, Hopkins, UCSF, Stanford, Penn, Mayo, Duke y otras. ¿Cómo lo hacemos tan asequible? Mediante el uso de tecnología validada por investigación que permite a los médicos adecuados brindar respuestas de manera más eficiente y precisa, podemos brindar un modelo de costos que es significativamente más económico que las opciones actuales de telemedicina ( \$ 70 por visita).”</p>	<p>Es una plataforma de atención médica en la que toda la información registrada es aprovechada por todos los médicos de la comunidad para aprender y mejorar el proceso diagnóstico.</p>	
Imagen.ai	<a href="https://imagen.ai/">https://imagen.ai/</a>	<p>“Imagen está ampliando las fronteras de la medicina y la inteligencia artificial para mejorar el bienestar humano. Nuestro enfoque inicial es aplicar la IA al análisis de imágenes médicas. Con el tiempo, pondremos a disposición del mundo la atención de diagnóstico líder.”</p>	<p>Mediante algoritmos de inteligencia artificial, este servicio realiza diagnóstico automatizado de imágenes radiológicas, con alta precisión.</p>	

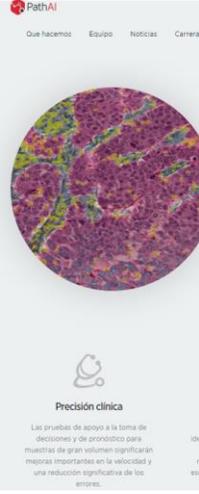
<p>Imagia</p>	<p><a href="https://imagia.com/">https://imagia.com/</a></p>	<p>“Receta de IA. Mejorando vidas. Combinamos la experiencia en el cuidado de la salud y la tecnología avanzada de inteligencia artificial para descubrir y escalar avances médicos. El ecosistema sanitario impulsado por IA . Somos el primer y único ecosistema compartido que empodera a todas las partes interesadas necesarias para el descubrimiento de biomarcadores clínicamente relevantes. Nuestro modelo único comienza capacitando a los médicos con conjuntos de datos y herramientas de investigación listos para la inteligencia artificial, y los impulsa a escalar con socios de la industria.”</p>	<p>Uso de la inteligencia artificial en diagnóstico y tratamiento basado en biomarcadores, que está llevando a mejores resultados en tratamientos de pacientes.</p>
<p>Innovacer</p>	<p><a href="https://innovacer.com/">https://innovacer.com/</a></p>	<p>“Blackbook n.º 1 en interoperabilidad e integración de datos Centro de enriquecimiento de datos para líderes de Gartner La plataforma de activación de datos habilitada para FHIR más completa para ayudarlo a pasar de integrar datos a impulsar la innovación. Impulsada por la mejor puerta de enlace API de su clase, aplicaciones FHIR predefinidas y soporte SMART on FHIR, nuestra plataforma lo ayuda a impulsar la innovación y la colaboración con flujos de trabajo intuitivos, integración perfecta, análisis avanzado, aplicaciones potentes y más.”</p>	<p>Plataforma integradora de datos, que hace interoperable toda la información de salud basado en el protocolo FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources), y HL/.</p>
<p>intelligencia.ai</p>	<p><a href="https://intelligencia.ai/">https://intelligencia.ai/</a></p>	<p>“Nuestro conjunto de productos se enfoca en eliminar riesgos de decisiones de desarrollo clínico. Inteligencia tiene capacidades diseñadas específicamente para respaldar la toma de decisiones en el desarrollo clínico, la estrategia de cartera y el desarrollo comercial. Nuestra plataforma de inteligencia artificial basada en la nube ha permitido una integración perfecta, un soporte continuo y un impacto sostenido para algunas de las empresas farmacéuticas y biotecnológicas más importantes del mundo. Evaluar la probabilidad de éxito de un programa de desarrollo clínico. La plataforma de Inteligencia permite a nuestros usuarios rastrear tendencias en el nivel de actividad preclínica y clínica e identificar patrones en áreas emergentes de innovación.</p>	<p>Esta plataforma, dirigida a la industria farmacéutica, permite identificar patrones de tendencias, para aplicar en la creación de nuevos productos.</p>



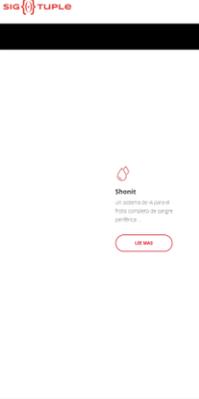
		Por lo tanto, permitimos a los científicos y profesionales del desarrollo empresarial seleccionar las indicaciones óptimas para determinados objetivos, evaluar en profundidad el potencial de un fármaco e identificar oportunidades de espacios en blanco para determinados objetivos e indicaciones.		
Khealth	<a href="https://khealth.ai/">https://khealth.ai/</a>	“ATENCIÓN URGENTE Y DIARIA Una mejor forma de sentirse mejor Envíe mensajes de texto con médicos certificados por la junta en cualquier momento para recibir un tratamiento asequible y obtenga respuestas gratuitas de la evaluación de síntomas más inteligente del mundo. Todo en sus términos.”	Plataforma, algoritmos para respuestas de consultas sobre salud.	
Kheiron medical technologies	<a href="https://www.kheironmed.com/">https://www.kheironmed.com/</a>	“Nuestra misión es ayudar a los radiólogos a detectar el cáncer de mama antes mediante el aprendizaje profundo. Kheiron se enorgullece de ser uno de los ganadores de los primeros premios de inteligencia artificial (IA) en salud y atención del gobierno del Reino Unido. La financiación acelerará el despliegue y la rápida adopción de Mia (Evaluación inteligente de mamografía) para abordar los desafíos críticos en los servicios de detección de mama en el Reino Unido.” <b>es ayudar a los radiólogos a detectar el cáncer de mama antes mediante el aprendizaje profundo.</b>	Algoritmos para lectura de estudios radiológicos para detección de cáncer de seno.	
Komodo	<a href="https://www.komodohealth.com/">https://www.komodohealth.com/</a>	“En Komodo Health combinamos la visión más completa del mundo de los encuentros con pacientes con algoritmos innovadores y décadas de experiencia clínica para impulsar nuestro Mapa de atención médica, la vista más precisa de la industria del sistema de atención médica de EE. Con el Healthcare Map como base, ofrecemos un conjunto de potentes aplicaciones de software que le permiten ofrecer un valor excepcional a sus clientes, colegas y pacientes.”	Los mapas de experiencia de paciente y de atención médica se han constituido en herramienta fundamental para el gerente, y esta plataforma contribuye con varias aplicaciones a agregar valor a todas las partes interesadas.	
kyruus	<a href="https://www.kyruus.com/">https://www.kyruus.com/</a>	“Una mejor combinación significa un mejor cuidado. Soluciones de gestión de datos, programación y búsqueda de proveedores líderes en la industria que ayudan a los sistemas de salud a conectar a los pacientes con la atención adecuada, ya sea que busquen en línea, llamen o visiten un sitio de atención.”	Esta plataforma integra centros de acceso, consumidores y proveedores y facilita la conexión pacientes – prestador, coordinando y entrelazando las citas y proceso de atención	

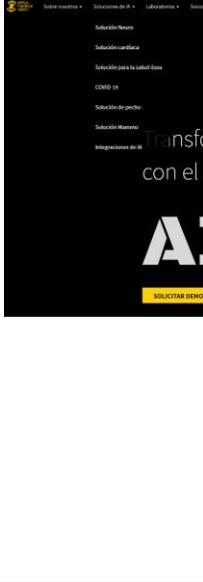
			mejorando la retención.	
LeanTaas	<a href="https://leantaas.com/">https://leantaas.com/</a>	<p>“Tome decisiones óptimas sobre la gestión de la capacidad de los pacientes hospitalizados mediante un motor de análisis impulsado por IA en tiempo real.</p> <p>Coloque al paciente adecuado en la cama adecuada en el momento adecuado, reduzca la LOS y evite el caos operativo diario.</p> <p>Aumente el acceso de los pacientes, reduzca los tiempos de espera y mantenga la agilidad operativa optimizando las plantillas de programación, los programas diarios de carga de niveles y preparando la experiencia para el futuro tanto para los pacientes como para el personal.”</p>	Optimiza con algoritmos la atención de pacientes, recursos y horarios, basados en los principios de la metodología Lean, mostrando resultados medibles de eficiencia en la atención.	 <p>LeanTaas recuadra 130 millones de dólares para el paciente automáticamente</p> <p>La plataforma líder de transformación digital impulsada por la inteligencia artificial para la atención médica</p> <p>Más de 300 de los principales hospitales del país utilizan LeanTaas para brindar una mejor atención a un costo menor.</p> <p>Solicita una demostración Ver nuestros webinars</p> <p>300+ Hospitales líderes 50% de los costos de salud más bajos</p>
LinkDoc	<a href="https://www.linkdoc.com/">https://www.linkdoc.com/</a>	<p>“Proveedor de soluciones de inteligencia artificial y big data médico</p> <p>Promover una nueva ronda de desarrollo de inteligencia artificial en China, para que todos puedan disfrutar de servicios médicos precisos.”</p>	Es un proveedor de servicios de inteligencia artificial dedicado a temas de salud.	 <p>Proveedor de soluciones de inteligencia artificial y big data médico</p> <p>Promover una nueva ronda de desarrollo de inteligencia artificial en China, para que todos puedan disfrutar de servicios médicos precisos.</p> <p>Instituciones médicas</p> <p>Soluciones médicas para hospitales médicos y clínicas de atención de big data para mejorar la calidad de investigación clínica para hacer</p> <p>Estandarización de datos</p> <p>Integración de datos   Interoperabilidad de datos   Interoperabilidad de registros médicos</p> <p>Habla</p> <p>Calidad Clínica   Seguridad   Interoperabilidad   Integración de datos   Interoperabilidad de registros médicos</p>
Lumiata	<a href="https://www.lumiata.com/">https://www.lumiata.com/</a>	<p>“Experimente el poder predictivo de Lumiata.</p> <p>El análisis predictivo innovador comienza con herramientas y aplicaciones de aprendizaje automático que se crean a medida para el cuidado de la salud. Lumiata está marcando el comienzo de una nueva era para los equipos fundamentales para el negocio y la prestación de servicios de salud: suscripciones, actuariales, administradores de atención y farmacéuticos. Las predicciones superiores de costos y riesgos de Lumiata superan constantemente los métodos heredados. Lumiata está modernizando la forma en que se gestionan los riesgos y la atención en el sector sanitario.</p> <p>Las aplicaciones y herramientas de ciencia de datos de Lumiata permiten una asociación flexible y colaborativa con pagadores,</p>	Plataforma que permite el uso de la inteligencia artificial para integrar información relacionada con facturación, prestadores, empresas de salud digital (telemedicina).	 <p>lumiata</p> <p>¿Quiere aprovechar los conocimientos de los pacientes de telemedicina?</p> <p>Obtenga mejores resultados con el poder de la inteligencia artificial de Lumiata.</p> <p>¡Solicite una demo!</p>

		proveedores y empresas de salud digital. Nos encontramos con usted donde se encuentra en su viaje de IA.”		
METABI OTA	<a href="https://metabiota.com/">https://metabiota.com/</a>	“Nuestra misión: hacer que el mundo sea más resistente a las epidemias. Las epidemias amenazan vidas y medios de subsistencia en todo el mundo. Brindamos datos, análisis, asesoramiento y capacitación para prepararse para las amenazas a la salud global y mitigar sus impactos.”	Este servicio utiliza herramientas entender, predecir y gestionar epidemias, utilizando sistemas de información inteligente.	
Mindstro ng	<a href="https://mindstro ng.com/">https://mindstro ng.com/</a>	“Cuidado de la salud mental Cuando lo necesitas. Nuestra tecnología nos ayuda a predecir cómo le va. Nos comunicaremos contigo si creemos que podrías necesitar ayuda.”	Es un portal de servicio de consulta y terapia psicológica y psiquiátrica, con modelos predictivos para ir orientando la atención según la necesidad.	
Notable	<a href="https://notablehealth.com/">https://notablehealth.com/</a>	“Los complejos flujos de trabajo administrativos han inflado los costos, han comprometido las experiencias de los pacientes y han obstaculizado la transición a la atención virtual. Socios notables con sistemas de salud líderes para reemplazar los flujos de trabajo manuales y en persona con experiencias digitales automatizadas, lo que permite una atención virtual basada en el valor y permite a los médicos atender a más pacientes. Notable automatiza los flujos de trabajo a lo largo de la atención continua para el personal de recepción, los asistentes médicos, los médicos y los equipos de facturación.”	Es una plataforma de soporte para los profesionales de la salud, que le resta carga administrativa, ayuda con los análisis y hace eficiente el proceso de prestación de servicios de salud.	
Olive.ai	<a href="https://oliveai.com/">https://oliveai.com/</a>	“Olive sabe que, sin un conocimiento compartido, los sistemas de salud funcionan esencialmente en la oscuridad. La incomparable sabiduría de Olive en la atención médica le permite arrojar una nueva luz sobre los procesos interrumpidos que se interponen entre los proveedores y la atención excepcional al paciente. Olive se basa en sus experiencias pasadas para encontrar nuevas conexiones y oportunidades para mejorar la atención médica. La creciente inteligencia de Olive en la atención médica le	Esta plataforma utiliza la inteligencia artificial para crear eficiencias, encontrar reprocesos, identificar procesos interrumpidos, para hacer mas fluido y eficiente el proceso de prestación.	

		permite descubrir desechos, rastrear eficiencias y resaltar el potencial humano con IA.”		
PAIGEGAI	<a href="https://www.paigeai.com/">https://www.paigeai.com/</a>	<p>“Nuestra misión es revolucionar el diagnóstico y el tratamiento del cáncer proporcionando a patólogos, médicos e investigadores conocimientos extraídos de décadas de datos diagnosticados por expertos mundiales en la atención del cáncer. La patología es la piedra angular del diagnóstico de cáncer. El campo se encuentra en la cúspide de una revolución hacia el análisis clínico digital aumentado. Paige tiene como objetivo aprovechar la inteligencia artificial de vanguardia y un vasto conjunto de datos patentados para proporcionar nuevos y poderosos conocimientos a patólogos, investigadores y equipos de desarrollo farmacéutico.”</p>	Utiliza inteligencia artificial para procesar información de patología del cáncer, con análisis clínico digital.	
PATHAI	<a href="https://www.pathai.com/">https://www.pathai.com/</a>	<p>“Precisión clínica Las pruebas de apoyo a la toma de decisiones y de pronóstico para muestras de gran volumen significarán mejoras importantes en la velocidad y una reducción significativa de los errores. Desarrollo de fármacos Ayudamos a los investigadores a identificar pacientes que se benefician de terapias novedosas y a hacer realidad la medicina personalizada escalable con patología impulsada por IA. Salud global PathAI está allanando el camino para el acceso a servicios de diagnóstico avanzados a un costo sostenible para las regiones y las personas que más los necesitan.”</p>	Uso de Inteligencia Artificial para diagnósticos, desarrollo de fármacos y servicios de diagnóstico.	
PATIENT SLIKEME	<a href="https://www.patientslikeme.com/">https://www.patientslikeme.com/</a>	<p>“Sanar juntos Establezca conexiones útiles, aprenda y sea parte de una comunidad segura que lo respalde cuando más lo necesita. Obtenga respuestas Haga preguntas que le interesen y obtenga respuestas de fuentes múltiples que lo ayuden a avanzar. Cómo se puede desarrollar la resiliencia La Dra. Kate Burke responde preguntas comunes sobre el coronavirus Cómo el arte puede mejorar tu salud Tomar el control</p>	Es una plataforma que conforma grupos de pacientes con patologías similares, y comparten experiencias sobre la misma, contribuyendo a la mejora en los tratamientos, la adherencia a tratamientos, y el estado emocional de los pacientes.	

		<p>Obtenga educación personalizada, herramientas útiles y sugerencias motivacionales que lo ayudarán a hacerse cargo de su salud de formas nuevas y relevantes.</p> <p>Cuidando su salud mental durante COVID-19</p> <p>Cómo las evaluaciones de tratamiento lo ayudan a usted y a la comunidad.”</p>		
<p>PROGNOS HEALTH</p>	<p><a href="https://prognoshealth.com/">https://prognoshealth.com/</a></p>	<p>“De pregunta a respuesta en 60 días segundos. Las preguntas pendientes son oportunidades en espera. Y cuanto más espere, más oportunidades cuestan. PrognosFACTOR le brinda una imagen clara del viaje del paciente a medida que ocurre, unificando datos en todo el panorama de la atención médica y señalando conocimientos a la velocidad de la decisión. Acelere el tiempo de comprensión.</p> <p>Más de 30 millones de registros listos para el análisis en 325 millones de pacientes</p> <p>Nuestra exclusiva tecnología de consulta centrada en el paciente replantea por completo su relación con los datos, proporcionando acceso instantáneo a los resultados armonizados de las pruebas de laboratorio, los reclamos de recetas médicas y los reclamos médicos de más de 325 millones de pacientes.</p> <p>AI + PNL = Clinical Truths™</p> <p>El aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural y nuestro conocimiento clínico ayudan a descubrir las verdades clínicas.”</p>	<p>Minimiza los tiempos de consulta de resultados, reclamos, e información sobre la atención, mostrando información mucho más allá de la simple visualización de datos.</p>	
<p>Qventus</p>	<p><a href="https://qventus.com/">https://qventus.com/</a></p>	<p>“En este entorno, no es de extrañar que mejorar la eficiencia operativa se haya convertido en un imperativo urgente. Agilizar el flujo de pacientes puede ser una “solución milagrosa” que simultáneamente aumenta los ingresos, reduce los costos, mejora la satisfacción del paciente y mejora el bienestar del equipo de atención.</p> <p>Afortunadamente, las inversiones anteriores en EMR y las iniciativas lean PI establecieron una base sólida para nuevos avances. Ahora, las nuevas innovaciones como la inteligencia artificial, la ciencia del comportamiento y la ciencia de datos, que se han probado en otras industrias, están transformando las operaciones de atención médica. Y las soluciones predefinidas garantizan que todo tipo de organizaciones puedan implementar con éxito las tecnologías innovadoras y ofrecer resultados excepcionales.”</p>	<p>Es una plataforma que optimiza los servicios de salud, demostrando reducción en tiempos de hospitalización y en tiempos perdidos de profesional, mejorando los tiempos para el alta médica entre otras cosas.</p>	

SIGTUPL E	<a href="https://sigtuple.com/">https://sigtuple.com/</a>	<p>“SigTuple combina inteligencia artificial, robótica y ciencia de datos para crear soluciones de detección inteligentes, para hacer que la atención médica sea precisa, accesible y asequible. SigTuple está construyendo una India más saludable con atención médica de calidad, brindada por proveedores capacitados, para garantizar la estandarización y escalabilidad de las innovaciones de vanguardia en la prestación de atención médica.”</p>	<p>Es un servicio que optimiza y enlaza, de manera eficiente, las partes que generan los procesos de atención médica, desde la llamada hasta la atención en la entidad, mostrando eficiencias en los tiempos de atención y en resultados.</p>	
SYLLABL E	<a href="https://www.syllable.ai/">https://www.syllable.ai/</a>	<p>“Syllable analiza datos brutos de los sitios web, publicaciones, HCE y centros de llamadas de su organización. Syllable proporciona información valiosa sobre sus datos de texto y voz mediante el procesamiento de lenguaje natural de última generación y modelos de aprendizaje automático. Descubra áreas de mejora y nuevos casos de uso en los procesos y flujos de trabajo más críticos de su organización. Las organizaciones de atención médica con procesos de aprendizaje automático informan costos de servicio más bajos en más del 50%. Más del 93% está de acuerdo en que las herramientas de aprendizaje automático lograron un valor oculto o no obtenido previamente.”</p>	<p>Este servicio ofrece la aplicación de inteligencia artificial y aprendizaje automático aplicado en los procesos de atención en salud, mejorando costos y eficiencia de los procesos.</p>	
TEMPUS	<a href="https://www.tempus.com/">https://www.tempus.com/</a>	<p>“Basado en datos, medicina de precisión Tempus está haciendo realidad la medicina de precisión a través del poder y la promesa de los datos y la inteligencia artificial. Con la biblioteca de datos clínicos y moleculares más grande del mundo, y un sistema operativo para hacer que esos datos sean accesibles y útiles, nuestra plataforma analiza miles de puntos de datos clínicos y moleculares, conectando a los médicos con opciones de tratamiento actualizadas y conocimientos relevantes para los pacientes en función de su perfil molecular único y nuestros algoritmos avanzados de análisis y aprendizaje automático a los médicos tomar decisiones en tiempo real basadas en datos para brindar atención personalizada al paciente y, en paralelo, facilitar el descubrimiento y el desarrollo, y la entrega de opciones terapéuticas optimizadas para los pacientes a través de conjuntos de soluciones distintivos.”</p>	<p>Esta plataforma contiene millones de datos clínicos y moleculares, y utiliza técnicas de inteligencia de datos para la investigación y personalización de tratamientos, e igualmente facilitar procesos de investigación.</p>	

Viz.ai	<a href="https://www.viz.ai/">https://www.viz.ai/</a>	<p>“El futuro de la IA Cuidado sincronizado de accidentes cerebrovasculares</p> <p>La misión de Viz.ai es mejorar fundamentalmente la forma en que se brinda la atención médica en el mundo, a través de un software inteligente que promete reducir el tiempo de tratamiento, mejorar el acceso a la atención y acelerar la difusión de la innovación médica.”</p>	<p>Esta plataforma coordina de manera precisa toda la información y acciones derivadas de eventos cerebrovasculares, mejorando los tiempos y los resultados de la misma.</p>	
Zebra medical Vision	<a href="https://www.zebra-med.com/">https://www.zebra-med.com/</a>	<p>“La misión de Zebra-Med es proporcionar a los radiólogos las herramientas que necesitan para dar el siguiente salto en la atención al paciente. La demanda de servicios de imágenes médicas aumenta continuamente, superando la oferta de radiólogos calificados y estirándolos para producir más resultados, sin comprometer la atención al paciente. Solo mediante la adopción de nueva tecnología que mejore significativamente las capacidades de los radiólogos, esta crisis se puede mitigar. Zebra-Med está capacitando a los radiólogos con su revolucionaria oferta AI que ayuda a los proveedores de salud a administrar la carga de trabajo cada vez mayor sin comprometer la calidad.”</p>	<p>Utiliza la inteligencia artificial para mejorar la eficiencia en los servicios de radiología, con resultados en la precisión diagnóstica y el la oportunidad de la atención.</p>	
ConcertAI	<a href="https://www.concertai.com/">https://www.concertai.com/</a>	<p>“Trabajando juntos para mejorar la vida de los pacientes</p> <p>Nuestra misión es acelerar los conocimientos y los resultados para los pacientes a través de datos líderes en el mundo real, tecnologías de inteligencia artificial y experiencia científica en asociación con los principales innovadores biomédicos, proveedores de atención médica y sociedades médicas.”</p>	<p>Esta plataforma entre otras cosas, mejora la iniciación y la adherencia a la terapia, transforma de registros de salud y comportamiento, y aplica modelos avanzados de IA para mejorar la adherencia.</p>	
Verana	<a href="https://www.veranahealth.com/">https://www.veranahealth.com/</a>	<p>“Verana Health está reuniendo las bases de datos clínicas más grandes en medicina para empoderar a los médicos y acelerar la investigación de los pacientes. Nuestro equipo se asocia con asociaciones médicas para ensamblar y activar estas bases de datos en la plataforma de datos de grado regulatorio de Verana. Al aplicar análisis a estos datos clínicos del mundo real, podemos mejorar la generación de evidencia y reinventar la investigación médica.”</p>	<p>Esta plataforma integra bases de datos para facilitar la generación de evidencia y la investigación.</p>	

