

Escuela de Negocios

Tipo de documento: Tesis de maestría



EMBA | Executive MBA

# Impacto de la Inteligencia Artificial en la Industria de la Salud

Autoría: Longarini, Gabriela

Año: 2024

## ¿Cómo citar este trabajo?

Longarini, G. (2024) "*Impacto de la Inteligencia Artificial en la Industria de la Salud*". [Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella.

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13888>

El presente documento se encuentra alojado en el **Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella** bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional  
**Dirección:** <https://repositorio.utdt.edu>



**UNIVERSIDAD  
TORCUATO DI TELLA**

**TRABAJO FINAL – MAESTRIA EN  
DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**MBA 2021**

**TITULO: Impacto de la Inteligencia  
Artificial en la Industria de la Salud**

**ALUMNO: Gabriela Longarini**

**TUTOR: Carlos Loisi**



## Dedicatoria – Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, gracias por su amor incondicional, paciencia y apoyo en cada paso de este trayecto.

A mis profesores del programa de MBA, su conocimiento, dedicación y pasión por la educación ha sido una fuente invaluable de aprendizaje. En especial, agradezco a mi tutor de tesis, Carlos Loisi, por su orientación, sus valiosos comentarios y su paciencia en todo el proceso de investigación. Su apoyo fue crucial para alcanzar este objetivo.

A mis compañeros de clase, en especial a los integrantes del grupo 8, por compartir ideas, experiencias y desafíos. Nuestras interacciones no sólo me enriquecieron profesionalmente, sino que también me brindó amistades que valoro profundamente.

Finalmente, a todas las personas que de manera directa e indirecta colaboraron a que este proyecto se materialice. Su aliento, confianza en mis capacidades y colaboración han contribuido en hacer muy positiva este gran viaje académico.

¡Gracias!

## Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar el impacto de la inteligencia artificial en la industria de la salud, evaluando tanto los beneficios como los desafíos asociados con su implementación.

A través de una metodología que combina análisis cualitativo y cuantitativo, se recopilaron datos de estudios previos, informes de la industria, estudio de casos y artículos relevantes científicos y de prensa.

A lo largo del presente trabajo analizó como la inteligencia artificial en la medicina asistencial contribuye a mejorar la precisión diagnóstica, análisis de gran cantidad de datos de manera ágil, detección temprana de patologías, mejora de calidad de vida del paciente y planificación adecuada de los tratamientos; pero también como impacta económicamente en esta industria.

También evaluó su valor en el desarrollo de fármacos, observando como contribuye positivamente impulsando y desarrollando la investigación de nuevas moléculas, identificando oportunidades de ampliar el espectro terapéutico de las moléculas preexistentes, detección de interacciones con otras moléculas y refinar los criterios de selección de las poblaciones de los estudios clínicos.

Con base de estos hallazgos, esta investigación demuestra que la aplicación a gran escala de la inteligencia artificial tendrá un impacto positivo en la medida que se adopte como una herramienta de asistencia al médico para mejorar la experiencia del paciente. Facilitar el trabajo diario del médico, relevándolo de tareas administrativas y permitiendo destinar mayor tiempo a la interacción médico-paciente, mientras se asegura el beneficio económico de la tecnología a fin de hacer el sistema de salud sustentable sería la razón primordial de la incorporación la inteligencia artificial a la medicina.



## Palabras clave

Inteligencia artificial; Medicina; Impacto económico



## Introducción

La inteligencia artificial está transformando rápidamente diversas industrias, y el sector de la salud no es indiferente a esta situación. Desde el diagnóstico precoz de enfermedades, la personalización de tratamientos, y/o también la gestión de datos clínicos, la inteligencia artificial está demostrando un potencial significativo para mejorar tanto la eficiencia como la calidad de estos procesos, postulando la posibilidad de generar gran valor en la medicina a través de la innovación.

La capacidad de la inteligencia artificial para generar grandes volúmenes de datos, aprender patrones y realizar predicciones precisas está generando nuevas oportunidades para mejorar los resultados en salud. Sin embargo, la implementación efectiva de estas tecnologías también plantea incógnitas con relación a su real impacto económico.

El objetivo de esta tesis es analizar en profundidad el impacto económico de la inteligencia artificial en la medicina, evaluando tanto los beneficios como los desafíos financieros y operativos asociados con su implementación; buscando proporcionar una perspectiva integral sobre el impacto económico de la inteligencia artificial en el sector de la salud, a fin de comprender concretamente como la inteligencia artificial puede modificar el panorama económico de la medicina moderna.

Objetivos específicos:

1. Analizar el impacto de la inteligencia artificial en la reducción de costos
2. Examinar la efectividad de la inteligencia artificial en la mejora de la precisión diagnóstica y el tratamiento
3. Identificar costos asociados con la implementación y mantenimiento de las tecnologías de inteligencia artificial



Metodología de investigación:

La investigación se llevará a cabo utilizando un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión integral del impacto económico de la inteligencia artificial en la medicina.

Se realizará una revisión de la literatura para identificar estudios previos, informes de la industria, estudios de casos, artículos relevantes en base de datos científicas y de prensa. Se prestará especial atención a la evolución de la tecnología de inteligencia artificial y su aplicación en el sector de la salud. Esto se complementará con encuestas y entrevistas para obtener perspectivas directas de los profesionales de la salud, gestores de salud, expertos en inteligencia artificial sobre la implementación y el impacto económico de estas tecnologías; y con potenciales pacientes para comprender la aceptación de este tipo de tecnología en la medicina asistencial.



## Índice / Tabla de Contenido

### Contenidos

Dedicatoria – Agradecimientos.....	2
Resumen Ejecutivo .....	3
Palabras clave.....	4
Introducción.....	5
Índice / Tabla de Contenido.....	7
Lista de figuras .....	9
MARCO TEORICO.....	12
CAPITULO 1- INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	12
Subsección 1.1- Definiciones.....	12
Subsección 1.2-Historia de la evolución de la inteligencia artificial.....	13
Subsección 1.3- Aplicación de la inteligencia artificial en la medicina asistencial .....	21
Rol de la inteligencia artificial en el diagnóstico médico.....	23
Utilización de la inteligencia artificial para el pronóstico y planificación de los tratamientos.....	33
Telemedicina y monitoreo remoto .....	36
CAPITULO 2- IMPACTO ECONOMICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA MEDICINA ASISTENCIAL .....	39
CAPITULO 3. USO INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESARROLLO DE NUEVOS FARMACOS.....	52
Subsección 3.1- Desarrollo tradicional de fármacos .....	52
Subsección 3.2- Aporte de la inteligencia artificial al desarrollo de fármacos	57
Subsección 3.3- Impacto económico de la inteligencia artificial en el desarrollo de fármacos.....	61



CAPITULO 4- DESVENTAJAS Y LIMITACIONES DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA MEDICINA .....	63
CAPITULO 5- ¿LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PODRA SUSTITUIR AL MEDICO? .....	73
INVESTIGACION EMPIRICA-DOCUMENTAL .....	80
CAPITULO 6- APLICACION DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL HOSPITAL GENERAL DE TAMPA .....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	92
LISTA DE REFERENCIAS .....	95
APENDICES.....	111



## Lista de figuras

Figura N° 1- Placa conmemorativa de 50 años de la conferencia en la Universidad de Dartmouth. Fuente: Moor, 2006.....	14
Figura N° 2- UNIMATE, primer robot industrial. Fuente: Kreating,2013. ....	15
Figura N° 3- ELIZA, primer chatbot. Fuente: Xataka,2024. ....	16
Figura N° 4- Kasparov versus Deep Blue. Fuente: IBM,2024 .....	17
Figura N° 5-Roomba, primer robot doméstico. Fuente: iRobto,2024.....	18
Figura N° 6-Alpha Go vs Fan Hui. Fuente: News,2024. ....	19
Figura N° 7-Ejemplo uso Chat-GPT. Fuente: CX, 2024. ....	20
Figura N° 8- Línea de tiempo de los principales hitos en la historia de la inteligencia artificial- Fuente: elaboración del autor.....	21
Figura N° 9-Gráfico que evidencia el incremento de artículos sobre inteligencia artificial en las revistas científicas médicas. Fuente: elaboración del autor.....	23
Figura N° 10-Comparación de la precisión diagnóstica y de Infarto de miocardio en servicios de urgencia. Fuente: Baxt, 1995.....	24
Figura N° 11-Ejemplo de cómo la Inteligencia artificial puede detectar lesiones malignas (cuadro amarillo) en el tejido mamario. Fuente: ABC,2024.....	26
Figura N° 12- Tasas de performance de los modelos de inteligencia artificial para el diagnóstico de Enfermedad Celíaca. Fuente: elaboración del autor. ...	28
Figura N° 13-Comparación de la precisión diagnóstica para detectar Helicobacter pylori endoscopistas vs modelos de inteligencia artificial. Fuente: Martin DR, 2020. ....	29
Figura N° 14- Ejemplo del uso de inteligencia artificial en práctica clínica habitual en Argentina. Fuente: Ceberio, 2024. ....	31
Figura N° 15- Aplicación de TRx en el Hospital Italiano de Buenos Aires. Fuente: Di Marco & Mosquera, 2024., Domb,2020 .....	32
Figura N° 16- Resumen de los potenciales usos de la inteligencia artificial en el diagnóstico médico. Fuente: elaboración del autor. ....	33
Figura N° 17- Potencial utilización de la Inteligencia Artificial durante el tratamiento de los pacientes. Fuente: elaboración del autor. ....	36
Figura N° 18- Kardias Band. Fuente: Kardias, 2024. ....	37



Figura N° 19- Resumen de los beneficios potenciales de la Inteligencia Artificial en la Practica Asistencial. Fuente: elaboración del autor. ....	38
Figura N° 20- Costos de implementación de inteligencia artificial en la atención hospitalaria en EE. UU. Fuente: elaboración del autor.....	40
Figura N° 21- Resumen de los factores de éxitos para la implementación de la inteligencia artificial y requerimientos para el funcionamiento de esta en los entornos hospitalarios. Fuente: elaboración del autor.....	44
Figura N° 22- Impacto presupuestario de internación virtual en hospital Croydon Health Services de Londres durante Covid-19. Fuente: elaboración del autor. ....	46
Figura N° 23- Resultado del monitoreo virtual de los pacientes del hospital Croydon Health Services de Londres durante Covid-19. Fuente: elaboración del autor. ....	47
Figura N° 24-Funcionamiento Heartflow. Fuente: Digest, 2024 .....	48
Figura N° 25-Costos en Vida Real UK herramientas diagnósticas en paciente con dolor torácico. Fuente: Hothi S, 2022. ....	49
Figura N° 26-LiverMultiScan. Fuente: Perspectum, 2024.....	50
Figura N° 27- Ciclo de vida de un fármaco. Fuente: elaboración del autor. ....	53
Figura N° 28-Fases tradicionales de desarrollo de un fármaco desde la etapa preclínica hasta la vigilancia postmarketing. Fuente: elaboración del autor.....	56
Figura N° 29- Ciclo de desarrollo de fármacos mediante el uso de inteligencia artificial. Fuente: adaptado de Resilentedigital, 2024. ....	58
<i>Figura N° 30- Dispositivos médicos habilitados con inteligencia artificial autorizados para su comercialización por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU., por año. Fuente: Warriach HJ, 2024. ....</i>	<i>70</i>
Figura N° 31- Ciclo de vida total de desarrollo IA propuesto por FDA. Fuente: Adaptado de Warriach HJ, 2024. ....	71
Figura N° 32- Potencial impacto de la inteligencia artificial en las distintas especialidades médicas. Fuente: .....	77
Figura N° 33- Adopción de la inteligencia artificial, modelo de suplementación vs colaboración con el médico. Fuente: Sezgin, 2023. ....	78
Figura N° 34- Tampa General Hospital. Fuente: TGH org, 2024.....	80
Figura N° 35- Tablero de control Control-M. Fuente: BMC,2024.....	82



Figura N° 36- Tampa General Hospital Foundry Software demo- Fuente: Palantavir,2024. ....	84
Figura N° 37- Enroute, asistente para optimizar el traslado de pacientes. Fuente: Enroute 2024.....	85
Figura N° 38- Navila, plataforma de asistencia en el proceso de toma de decisiones clínicas. Fuente: Navina 2024 .....	86
Figura N° 39- ThinkAndor Virtual Hospital. Fuente: AndorHealth, 2024 .....	88
Figura N° 40- Ejemplo del uso de DAX Copilot en la consulta médica. Fuente: Tech, 2024. ....	89
Figura N° 41-Ejemplo de utilización de la plataforma Apella. Fuente: Apella,2024. ....	90
Figura N° 42- Resumen de las aplicaciones de inteligencia artificial implementadas en el Hospital General de Tampa. Fuente: elaboración del autor. ....	91



## MARCO TEORICO

### CAPITULO 1- INTELIGENCIA ARTIFICIAL

#### Subsección 1.1- Definiciones

La Real Academia Española ha definido a la Inteligencia Artificial como la “Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana: como el aprendizaje o el razonamiento lógico.” (Real Academia Española, 2024).

Un experto en la temática como Lasse Rouhiainen (Rouhiainen, 2018), ha descrito a la inteligencia artificial como la “capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría el ser humano”.

En una línea similar, Margaret Boden ha considerado que el rol de la Inteligencia Artificial es replicar las acciones de la mente humana mediante computadoras (Boden, 2016). Detallando que los objetivos principales de ella son duales: a nivel tecnológico, emplear a las computadoras en cosas que ayuden al ser humano y a nivel científico, resolver aquellas cuestiones relacionadas a los seres vivos. Cita como ejemplos de ello los modelos teóricos sobre el funcionamiento del pensamiento en los seres humanos, y los modelos artificiales que explican la evolución de ciertas especies animales.

Si bien “no hay un consenso sobre su definición, se puede decir que la Inteligencia Artificial se encarga de modelar la inteligencia humana en sistemas computacionales y que posee características humanas tales como el aprendizaje, la adaptación, el razonamiento, la autocorrección, el mejoramiento implícito y la percepción modular del mundo”. (Pedro Jiménez Martín, 2015)

Una definición que tiene en cuenta muchos de estos aspectos es la que brinda Shapiro, la inteligencia artificial es “un campo de la ciencia e ingeniería



relacionada con la comprensión informática de lo que comúnmente se llama comportamiento inteligente, y con la creación de artefactos que exhiben tal comportamiento' (Shapiro, 1992)

### Subsección 1.2-Historia de la evolución de la inteligencia artificial

El puntapié inicial para el desarrollo de la inteligencia artificial lo realiza la matemática británica **Ada Lovelace**, quien en 1842 desarrolla el **primer algoritmo informático**. Lovelace introdujo el concepto de que una máquina no sólo permitiría el procesamiento de números, sino que con un código adecuado podría componer piezas musicales. (Abeliuk, 2021)

Es en 1950, cuando **Alan Turing** propone una **prueba para analizar** si las **máquinas pueden pensar por sí mismas** o no. (Fonseca, 2014) Este sería el primer intento concreto de evaluar la posibilidad de que las computadoras pudieran simular la inteligencia humana.

Luego en 1956, durante una **conferencia en la Universidad de Darmouth** en Estados Unidos, sucedería el hecho que dio origen al campo científico que hoy se conoce como inteligencia artificial. (McCarthy & al., 2006). Allí el profesor **John McCarthy** acuñó por primera vez el **término “inteligencia artificial”** y junto con Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon plantearon la realización de un estudio científico al respecto, dando origen a la inteligencia artificial como un campo de investigación científica (Moor, 2006). En esta reunión científica los participantes no lograron llegar a un acuerdo sobre cuál sería el área de estudio de este nuevo campo ni cual su metodología (Moor, 2006), pero si acordaron que las computadoras tendrían un rol preponderante realizando tareas que simularan la inteligencia humana. (Moor, 2006) (McCarthy & al., 2006).

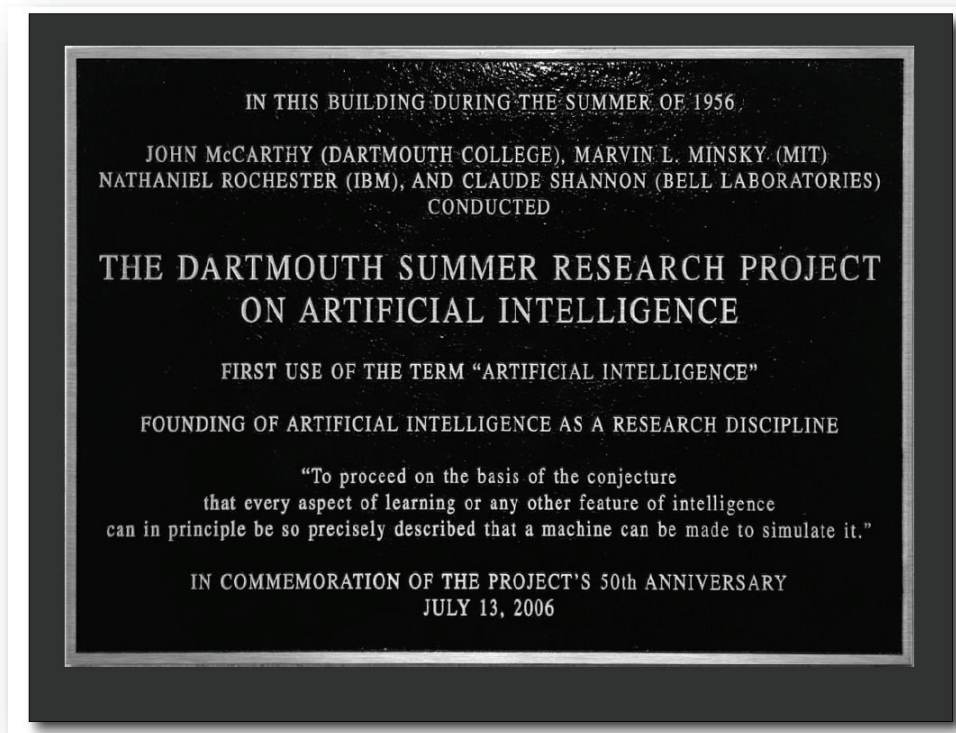


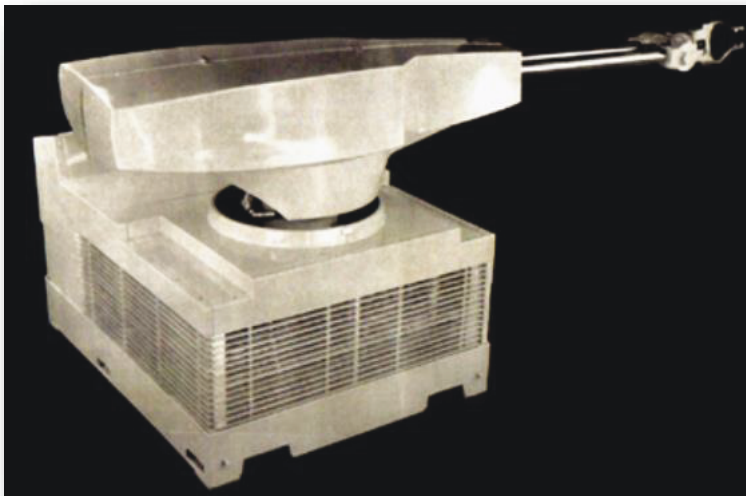
Figura N° 1- Placa conmemorativa de 50 años de la conferencia en la Universidad de Dartmouth. Fuente: Moor, 2006.

En ese mismo año, **Newell y Simon** publican un ensayo sobre la **máquina de la lógica teórica** (Newell A. &, 1956). Allí postulan que la inteligencia humana puede ser estudiada mediante el análisis de las estrategias que usan los individuos en la resolución de problemas. A través de la demostración de un teorema por una computadora, dan origen al primer programa de inteligencia artificial. (Abeliuk, 2021)

Al año siguiente, crean el **Solucionador General de Problemas**: un programa informático cuyo objetivo era crear una máquina capaz de solucionar problemas de carácter general a través de la inteligencia y la adaptación emulando al modo que los humanos resuelven problemas. Este fue el primer programa informático que separó el conocimiento de los problemas de su estrategia de resolución. (Newell, Shaw, & Simon, 1959)



En 1961 **George Devol y Joseph Engelberg** desarrollan **UNIMATE**, el primer robot industrial, el cual se instaló en la planta de General Motors. Fue diseñado para extraer piezas de una máquina de fundición a presión, mediante una computadora se controlaba los movimientos precisos y preprogramados del mismo; dando lugar a la primera aplicación práctica de la inteligencia artificial. (Scalera, 2019)



*Figura Nº 2- UNIMATE, primer robot industrial. Fuente: Kreating,2013.*

**Joseph Weizenbaum** en 1964 crea **ELIZA**, el primer programa informático de procesamiento del lenguaje. Consistía en un asistente virtual que podía conversar con una persona dando a los usuarios la ilusión de entendimiento por parte del programa. (Weizenbaum, 1966)

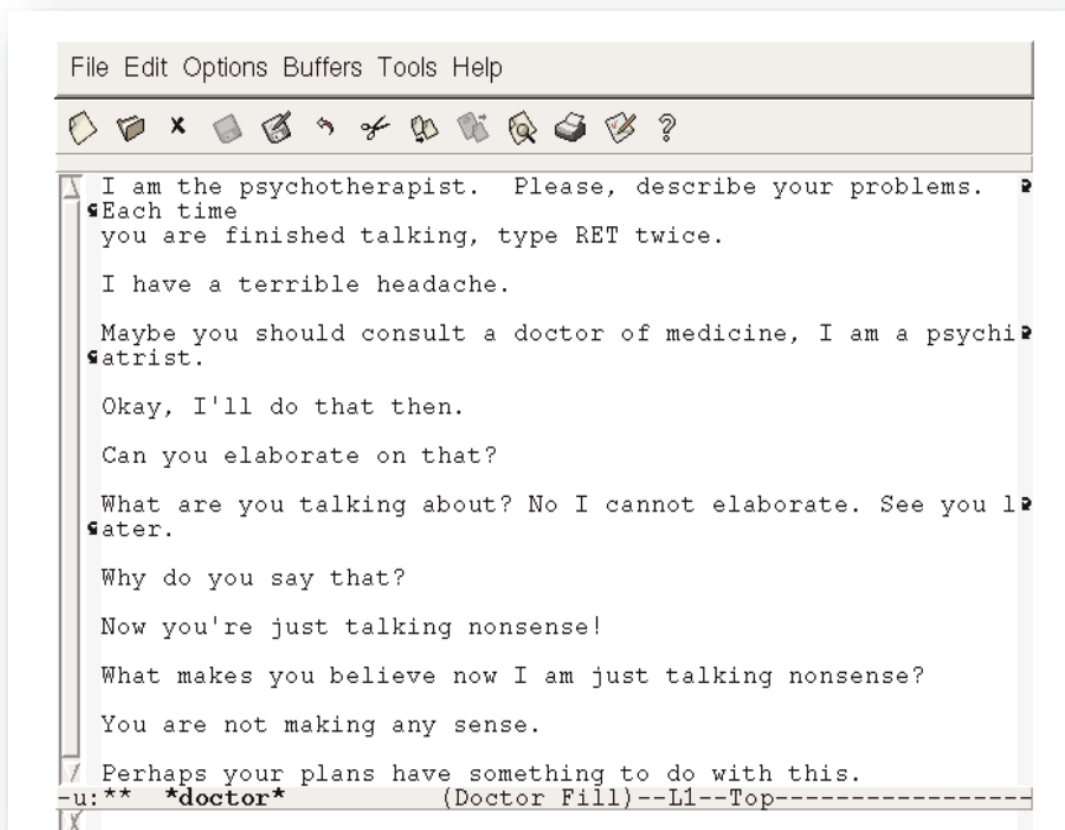


Figura Nº 3- ELIZA, primer chatbot. Fuente: Xataka, 2024.

La falta de grandes resultados en las investigaciones realizadas en el campo lleva a disminución del interés en el tema y a una merma del financiamiento de grandes proyectos en las siguientes dos décadas. (Abeliuk, 2021)

Es en 1997 donde se produce un gran hito, donde la supercomputadora “**Deep Blue**” desarrollada por IBM **se enfrenta** al campeón mundial de ajedrez **Garry Kasparov**, derrotándolo. (IBM, 2024) (Nación, 1997)



*Figura N° 4- Kasparov versus Deep Blue. Fuente: IBM, 2024*

En 2002, la empresa iRobot lanza **Roomba®**, el primer robot doméstico de éxito comercial. La misma consiste en una aspiradora automática con conexión a internet, cuyo empleo se basa en el uso de sensores para detectar obstáculos y optimizar la limpieza. (iRobot, 2024)



*Figura N° 5-Roomba, primer robot doméstico. Fuente: iRobto,2024*

En 2016 el programa de inteligencia artificial **AlphaGo** desarrollado por la división de Google Deep Mind, **venció** a Fan Hui - **campeón mundial** del juego de mesa **Go**. (Google, 2024). Es considerado un hito en la historia de la inteligencia artificial puesto que el juego Go permite múltiples posibles jugadas que hacen imposible que cualquier computadora las calcule en su totalidad. Esta complejidad implica que cualquier computadora que quisiera vencer a un humano debería intuir cual es la mejor jugada.



Figura N° 6-Alpha Go vs Fan Hui. Fuente: News,2024.

“Su victoria sobre un humano indica, que las computadoras pueden imitar la intuición y abordar tareas más complejas, señalaron sus creadores. Esa capacidad podría utilizarse para ayudar a los científicos a resolver problemas difíciles en el mundo real, tales como los relacionados con el ámbito la salud.” (Reforma, 2016) Un ejemplo concreto de ello es la utilización de esta tecnología para predecir la estructura de aminoácidos de una proteína con precisión similar al del laboratorio experimental. Esto ha permitido generar una biblioteca de acceso público que contiene información de 330.000 proteínas, incluyendo a 20.000 proteínas del genoma humano. (Chun, 2023). Esta base de datos generada a partir de esta tecnología ha sido crucial en generación de fármacos útiles para tratar la resistencia antibiótica, el cáncer o al Covid-19. (Heaven, 2024)



En noviembre 2022 **OpenAI** lanza su primer demo de **ChatGPT**, un asistente virtual de inteligencia artificial. El chatbot redefinió los estándares de la inteligencia artificial, al permitir que una computadora aprenda las complejidades del lenguaje humano y luego interactúe con el usuario. (Marr, 2023). El formato de interacción con el usuario según los desarrolladores permite que el asistente virtual responda preguntas, admita errores, desafíe premisas incorrectas y rechace requerimientos inadecuados. (OpenAI, 2022)

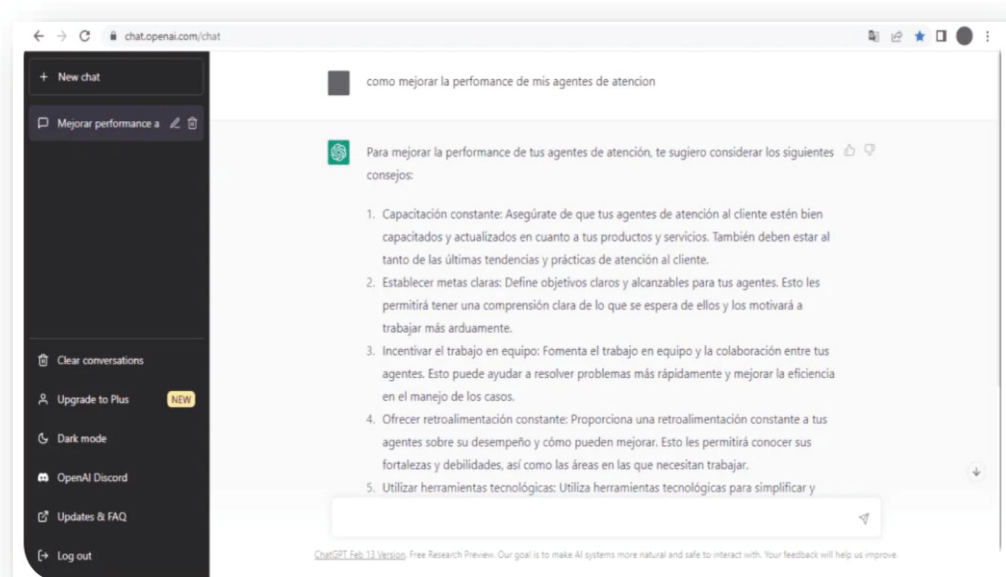


Figura N° 7-Ejemplo uso Chat-GPT. Fuente: CX, 2024.

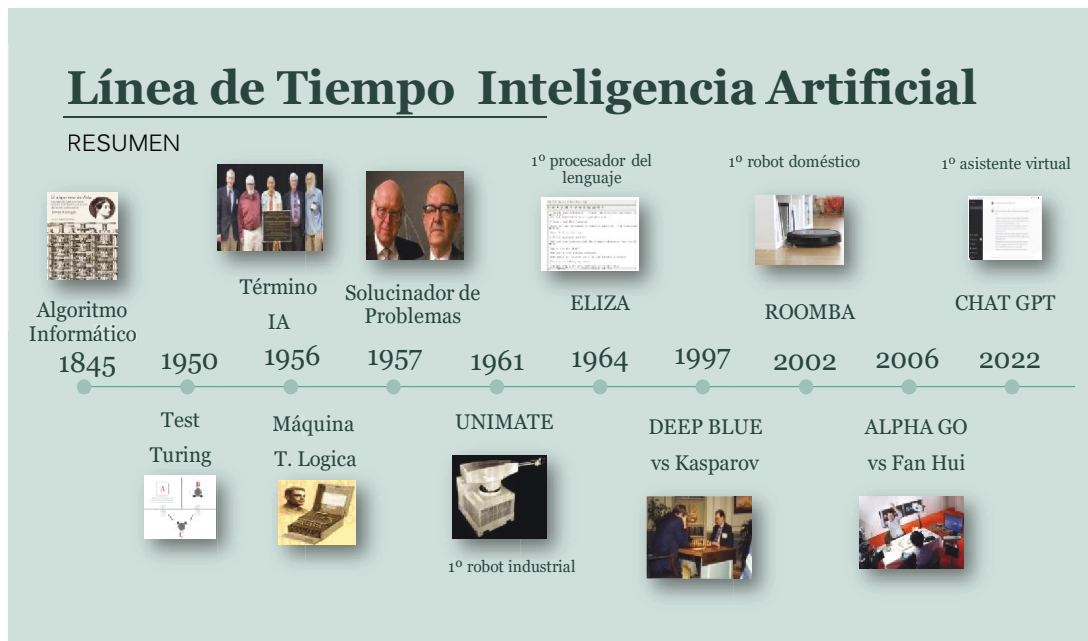


Figura N° 8- Línea de tiempo de los principales hitos en la historia de la inteligencia artificial- Fuente: elaboración del autor.

### Subsección 1.3- Aplicación de la inteligencia artificial en la medicina asistencial

La Medicina actual enfrenta el desafío constante de analizar, comprender y evaluar un volumen cada vez más creciente de información a fin de lidiar con los problemas clínicos diarios.

La incorporación de herramientas provenientes de una ciencia informática como la inteligencia artificial podría tener un rol clave asistiendo a los médicos en la toma de mejores decisiones basadas en la evidencia, de una manera más ágil, y en muchos casos con la disminución de costos sanitarios y de la carga laboral de los profesionales de la salud.

Las disciplinas en donde la interpretación de imágenes tiene un rol preponderante en la toma de decisiones de diagnóstico clínico como: la



radiología, endoscopía, cirugía, dermatología o anatomía patológica, podrían ver incrementada la precisión y rapidez diagnóstica.

Esto tendría un impacto positivo en la costo-efectividad del manejo clínico de las enfermedades; evitándose procedimientos adicionales innecesarios, repetición o adición de estudios complementarios e incluso mayor claridad en la elección del tratamiento adecuado.

Desde la óptica del paciente, estas nuevas tecnologías aplicadas a la medicina podrían tener un impacto positivo, ya que disminuiría los tiempos de arribo a un diagnóstico, la incertidumbre de la precisión de éste y también la necesidad de movilización al centro sanitario. Este no es un aspecto menor en un país tan vasto como el nuestro, donde en algunas patologías los pacientes deben en ocasiones trasladarse más de 500 kilómetros para acceder a centros de referencia. Lo que tiene un impacto negativo en relación con los costos adicionales de atención sanitaria (costo de traslado, pérdida de productividad laboral propia y/o familiar, etc.)

Esto lleva a que cada vez haya un interés más creciente en el rol que la inteligencia artificial podría tener en la medicina en el futuro cercano tanto desde la perspectiva de la academia como de la industria.

Esto lo podemos evidenciar por ejemplo si revisamos en la base de datos Pubmed la cantidad de artículos científicos sobre el uso de inteligencia artificial en revistas de medicina (PubMed, 2024):

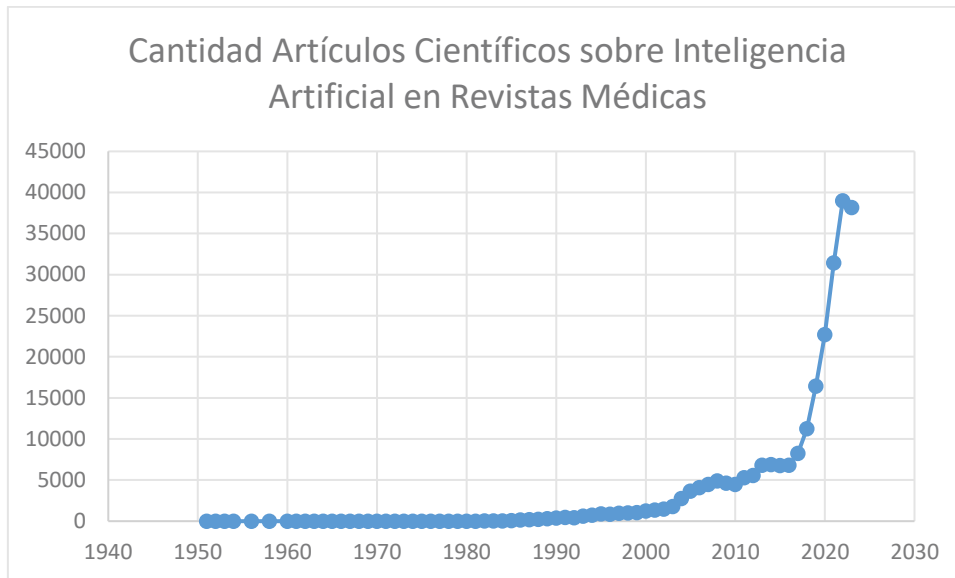


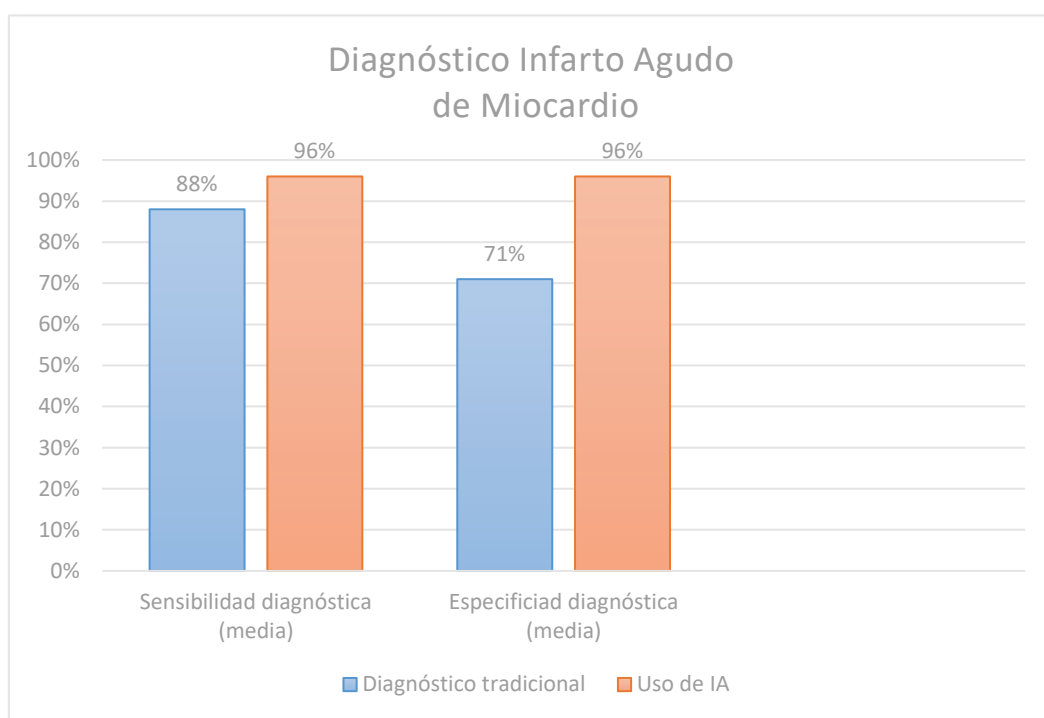
Figura N° 9-Gráfico que evidencia el incremento de artículos sobre inteligencia artificial en las revistas científicas médicas. Fuente: elaboración del autor.

#### Rol de la inteligencia artificial en el diagnóstico médico

El abordaje temprano de enfermedades es clave para asegurar la maximización de los resultados y la calidad de vida de los pacientes. Aquí es donde el desarrollo de algoritmos basados en machine learning (los cuales integran la información proveniente de múltiples fuentes y los aplican en técnicas diagnósticas), podría tener un gran impacto positivo en la detección, rapidez y precisión diagnóstica. Impactando positivamente: en pacientes, en profesionales de la salud, y también en todo el sistema sanitario.

Los primeros reportes de aplicación de inteligencia artificial en diagnóstico clínico que encontramos referencia en la bibliografía: son pacientes con **diagnóstico de infartos agudos de miocardio**. Las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de morbi-mortalidad a nivel mundial. El ataque cardíaco tiene la particularidad de tener baja incidencia, pero alto impacto ominoso en el pronóstico de vida del paciente; lo que lleva en muchos casos a un sobre diagnóstico erróneo en post de considerar el peor escenario clínico de una angina de pecho y actuar en consecuencia por parte del equipo médico

tratante. Mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial, se han realizado estudios que han obtenido mejor performance diagnóstica. (Goldman L, 1988) (Baxt, 1995). La validación y extensión en el uso de estas técnicas diagnósticas podrían tener un impacto positivo en precisión diagnóstica, velocidad en la que se arriba al diagnóstico correcto en un entorno de urgencia, disminución en costos sanitarios, y emocionales para pacientes y familiares.



*Figura N° 10-Comparación de la precisión diagnóstica y de Infarto de miocardio en servicios de urgencia. Fuente: Baxt, 1995.*

Otro ejemplo de una potencial aplicación de la inteligencia artificial a la cardiología es el trabajo de Ye et al, quienes desarrollaron y validaron un modelo predictivo de desarrollo de **hipertensión arterial** esencial. Este modelo fue capaz de predecir el desarrollo de hipertensión arterial durante el próximo año. (Ye, 2018) Su utilización en población sana podría ayudar a prevenir uno de los principales factores de riesgo de desarrollo de enfermedad cardiovascular, lo que tendría implicancias positivas a nivel del sistema de salud.



También se ha investigado el uso de la inteligencia artificial para el campo de las **arritmias cardíacas**, es decir para detección y/o manejo de alteraciones del ritmo cardíaco. (Picon & al, 2019), (Tison, 2018) (Nguyen, 2018)

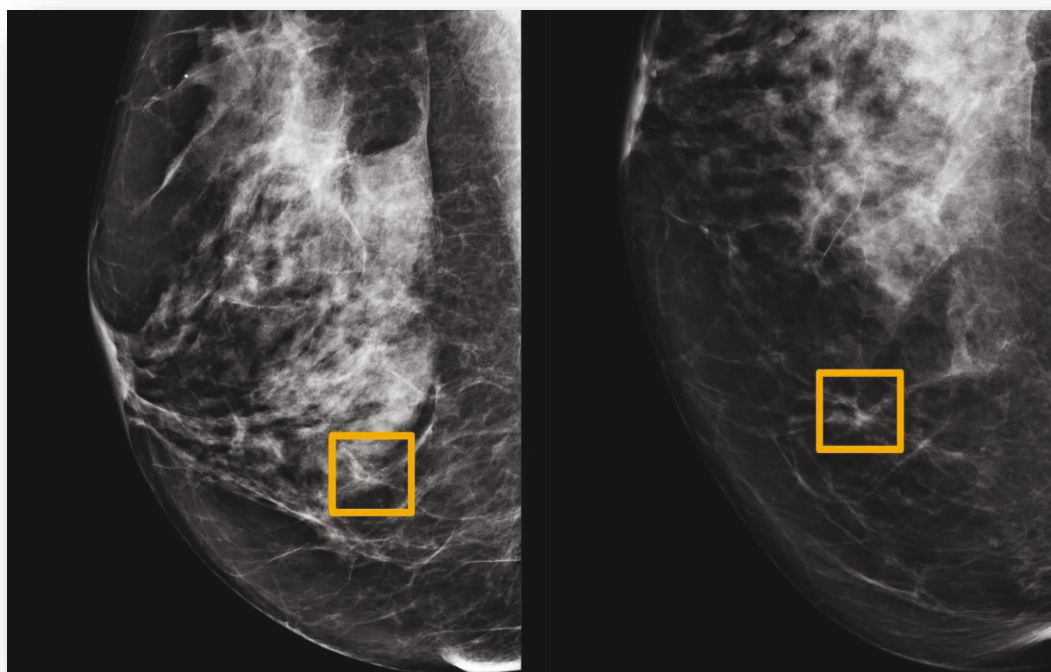
El trabajo realizado por Golub y colaboradores, ejemplifica estos conceptos desde un entorno quirúrgico. Ellos analizaron la precisión diagnóstica de la inteligencia artificial para detectar **cálculos** simples en los conductos **biliares**. Los autores concluyen que estas nuevas técnicas no invasivas de evaluación clínica no sólo tendrían la gran ventaja de su amplia eficacia predictiva, sino que adicionalmente podría reducir costos diagnósticos al 50% debido a la reducción de la necesidad de utilización de colangiopancreatografías retrogradas endoscópicas prequirúrgicas. (Golub R, 1998)

En relación con el área de **anatomía patológica**, un metaanálisis realizado por autores del Reino Unido- que incluyó el análisis de estudios provenientes de América del Norte, Europa y Asia- ejemplifica los posibles aportes de la inteligencia artificial en este campo. Los autores observaron un grado de concordancia en el análisis clínico de rutina entre ambas técnicas del 98.3% (Intervalo de confianza 95% 97.4-98.9). (Azam AS, 2021). La inteligencia artificial puede entrenarse para analizar grandes volúmenes de imágenes digitales para detectar patrones que indiquen enfermedades, como lesiones premalignas, con mayor rapidez y exactitud que el ojo humano

En el área de la neurología, Gleichgerrcht y col. presentaron evidencia de como la inteligencia artificial puede contribuir a la detección de alteraciones a nivel del lóbulo temporal en pacientes con **epilepsia**. (Gleichgerrcht, 2021). En una línea similar, Focke et al, estudiaron el uso modelo basado en inteligencia artificial para el diagnóstico de pacientes con epilepsia refractaria a la terapia farmacológica. Los autores observaron una alta precisión diagnóstica de los modelos informáticos, lo que plantea la posibilidad de utilizar este tipo de técnicas en aquellos pacientes que la resonancia magnética nuclear no sea concluyente para la indicación de terapia quirúrgica. (Niels K. Focke, 2012)

La oncología es otra de las especialidades médicas donde se ha estudiado la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para mejorar el diagnóstico clínico. Ejemplo de ello, es el estudio en **cáncer de pulmón** realizado por Coudray y colaboradores quienes entrenaron una red neuronal artificial para la diferenciación de adenocarcinomas pulmonares y carcinomas de células escamosas pulmonares de tejido pulmonar normal. Obteniendo un rendimiento diagnóstico similar al de patólogos expertos. Los autores del trabajo concluyen que estos modelos de aprendizaje profundo basados en inteligencia artificial podrían ser de utilidad para los anatomopatólogos facilitando la detección de subtipos de cánceres pulmonares y de las mutaciones genéticas asociadas. (Coudray, 2018).

Estudios en el área de **cáncer de mama**, han utilizado técnicas de inteligencia artificial mediante algoritmos, para diferenciar lesiones benignas mamarias de aquellas malignas, con una precisión diagnósticas del 81.3%, demostrando su potencial uso como método diagnóstico rutinario. (Bejnordi BE, 2017)



*Figura N° 11-Ejemplo de cómo la Inteligencia artificial puede detectar lesiones malignas (cuadro amarillo) en el tejido mamario. Fuente: ABC,2024.*



Haenssle et al compararon la performance de redes neuronales artificiales versus dermatólogos expertos en **melanoma**, observándose una mejor performance en la detección de imágenes compatibles con melanoma en el modelo de inteligencia artificial que la mayoría de los especialistas. Lo que plantea la posibilidad futura de la aplicación de este tipo de modelos en la práctica diaria para asistir a los dermatólogos en el diagnóstico diferencial de melanoma. (Haenssle HA, 2018)

En lo que respecta a la oftalmología se ha evaluado la aplicación de algoritmos para evaluar la presencia de **retinopatía diabética** con alta especificidad y sensibilidad. Lo que abre la puerta a la posibilidad de mejoría del cuidado y los resultados clínicos de estos pacientes. (Gulshan V, 2016)

En la especialidad de gastroenterología también se evidencia la posible utilización de modelos de inteligencia artificial en el diagnóstico médico. Caetano dos Santos y su equipo, utilizaron modelos de machine learning para evaluar el diagnóstico de **enfermedad celíaca** mediante anticuerpos anti-endomisio. Esta técnica diagnóstica tiene la ventaja de no ser invasiva y no ser operador dependiente a diferencia de la técnica tradicional de identificación de estos anticuerpos. Estos modelos demostraron tener tasas de precisión diagnóstica muy altas requiriendo a penas 16 segundos para analizar cada imagen. (Caetano Dos Santos FL, 2019).

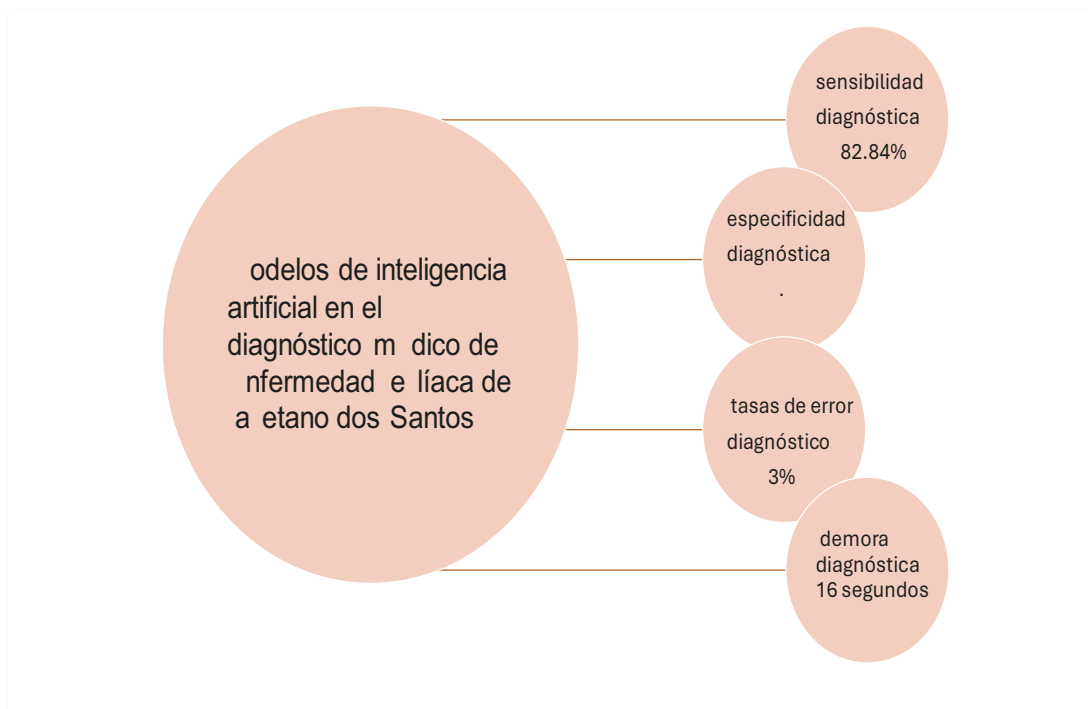


Figura N° 12- Tasas de performance de los modelos de inteligencia artificial para el diagnóstico de Enfermedad Celíaca. Fuente: elaboración del autor.

Otros ejemplos son la utilización de modelos informáticos para la detección de **lesiones endoscópicas** tempranas **pre malignas** a nivel de mucosa esofágica, donde ellos tuvieron una performance mejor que endoscopista no- expertos para discernir entre imágenes de mucosa normal e imágenes displásicas, con un grado de precisión diagnóstica del 90%. (Kröner PT, 2021). También se ha evaluado su utilidad para el diagnóstico de **Helicobacter Pylori** en la mucosa gástrica, observándose una mejor precisión diagnóstica por parte de los modelos informáticos en comparación con la de endoscopistas expertos. (Martin DR, 2020).

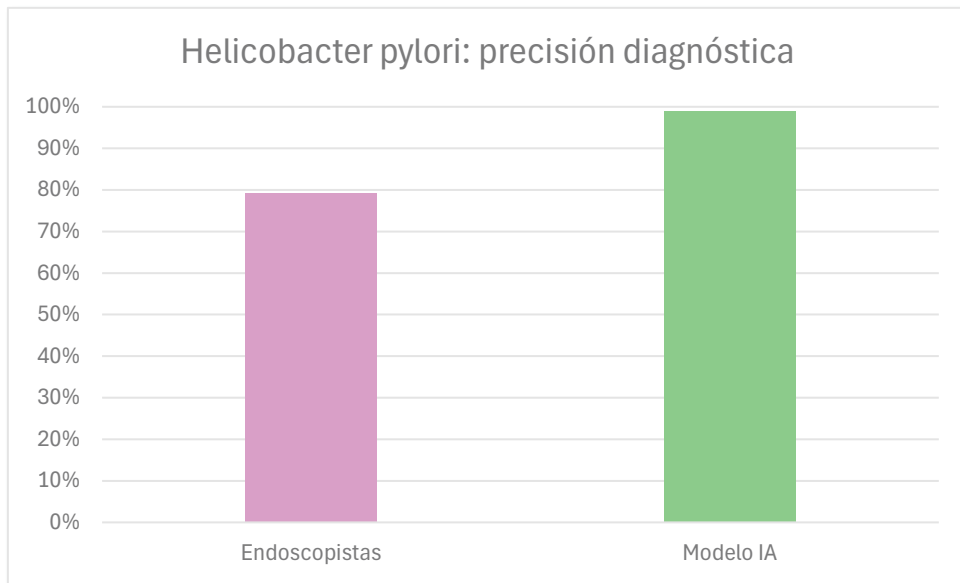


Figura N° 13-Comparación de la precisión diagnóstica para detectar Helicobacter pylori endoscopistas vs modelos de inteligencia artificial. Fuente: Martín DR, 2020.

Si bien la mayoría de los casos de utilización de estas tecnologías aún están en el ámbito de la investigación, poco a poco surgen ejemplos de su incorporación en la práctica diaria. Tal es el caso en nuestro país de la incorporación de un software para mejorar la detección de **imágenes patológicas** en imágenes **radiológicas** en el Hospital de San Isidro. Según detalla Juan Viaggio – secretario de Salud Pública del Municipio de San Isidro- “reduce un 70% el error en el diagnóstico y es de gran ayuda para el plantel médico. Además, ahorra un 30 % del tiempo para hacer el diagnóstico en los casos más urgentes, en especial cuando se trata del área de emergencias”. (Ceberio, 2023).

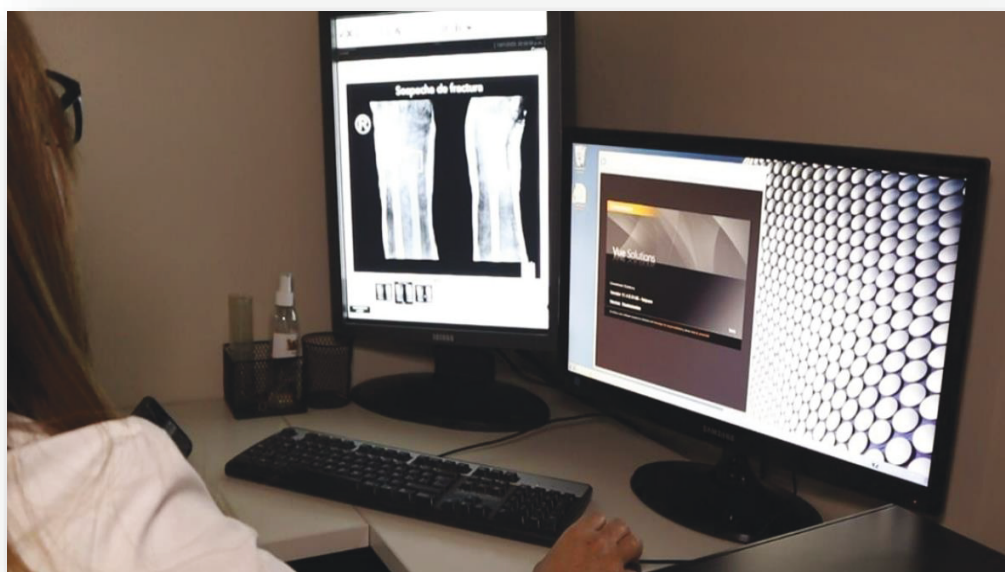
En el ámbito privado, tanto el Hospital Británico de Buenos Aires como el Hospital Alemán son dos centros que incorporaron tecnología de inteligencia artificial para la interpretación y análisis automático de radiologías de tórax durante la pandemia de Covid-19. (Menghini, 2024).

“La inteligencia artificial debe ser vista como una herramienta complementaria que potencia nuestras capacidades, no como un sustituto. Su función es asistir en el análisis de datos y en la identificación de patrones, permitiéndonos enfocarnos en aspectos más humanos de la medicina, como la empatía y la toma

de decisiones complejas”, mencionó Rudolf Baron Buxhoeveden, vicedirector médico del Hospital Alemán de Buenos Aires. (Menghini, 2024).

Por su parte, Ariel Miquelini, médico de staff del Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Británico, consideró que “seguramente la inteligencia artificial va a ayudar a mejorar progresivamente la seguridad en la atención de los pacientes, que incluye la reducción de errores propios de la acción humana”.

Otros centros del país que han incorporado este tipo de tecnología para mejorar el diagnóstico por imágenes en sus instituciones son el Hospital Italiano de Buenos Aires y Diagnóstico Maipú. (Sosa, 2023). Este último ha incorporado la tecnología AIR™ Recon DL, un algoritmo utilizado para reconstrucción de imágenes de Resonancia Magnética. El beneficio que a porta es una mejor calidad de imágenes y una reducción del tiempo de estudio (agiliza la captura de imágenes en un 64%). El 84% de los pacientes encuestados en la institución refieren haber percibido el tiempo de estudio como “corto” versus el 22% de los pacientes que realizaron los estudios de resonancia magnética bajo el método tradicional. (Maipu, 2024)





*Figura N° 14- Ejemplo del uso de inteligencia artificial en práctica clínica habitual en Argentina. Fuente: Ceberio, 2024.*

En el caso del Hospital Italiano de Buenos Aires, en 2018 desarrolló un proyecto traslacional para incorporar la inteligencia artificial a la atención médica a través de su programa en inteligencia en salud denominado “piASHIBA”. (AWS, 2021) El equipo de trabajo está compuesto por médicos de diversas especialidades, enfermeros, técnicos radiólogos, ingenieros biomédicos y expertos en software. (Di Marco & Mosquera, 2024) (AWS, 2021)

Dentro de “piASHIBA” se incluyen Artemisa, que se focaliza en el análisis de estudios mamográficos; TRx, dedicado a identificación de hallazgos patológicos en estudios de radiografías; Valquiria, dedicado a analizar las lesiones cutáneas; y Carpian, que calcula de manera automática la edad ósea de los pacientes pediátricos a partir de radiografías. (Di Marco & Mosquera, 2024)

La utilización de Artemisa para el análisis integral de los estudios mamográficos ya se encuentra integrado al flujo de trabajo habitual, y se está trabajando para que en el futuro esta herramienta pueda detectar y clasificar los hallazgos patológicos. (Di Marco & Mosquera, 2024)

TRx está integrado a la historia clínica de la institución desde 2020 y funciona como un pre-informe automático de los estudios radiográficos. Esta herramienta brinda la posibilidad de detectar: fracturas óseas, derrames pleurales, incrementos de la silueta cardíaca, opacidades pulmonares y neumotórax. (Di Marco & Mosquera, 2024) (Innova, 2024)

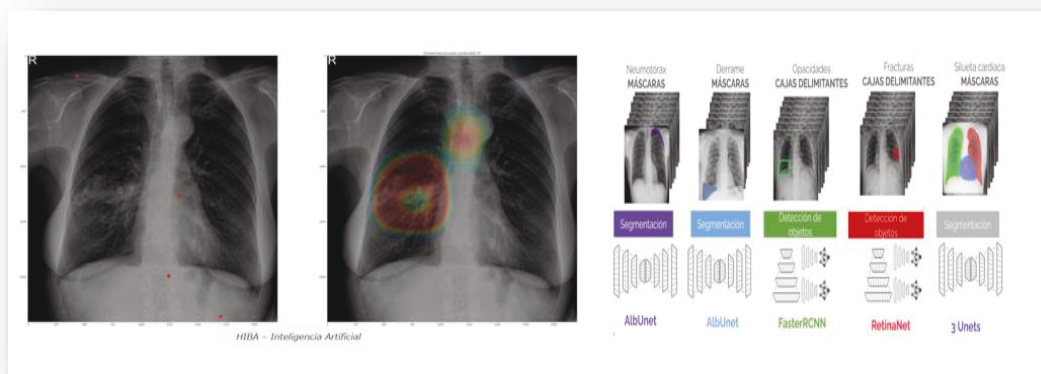


Figura N° 15- Aplicación de TRx en el Hospital Italiano de Buenos Aires. Fuente: Di Marco & Mosquera, 2024., Domb, 2020

Valquiria y Carpian aún se hallan en etapas de desarrollo. (Di Marco & Mosquera, 2024)

Para lograr llevar a cabo estos proyectos, fue clave el partnership con AWS, que es la plataforma que le brinda los servicios para manejar el volumen de datos que se requiere en la nube. “Antes nos tomaba todo un año desarrollar tres proyectos de inteligencia artificial en forma secuencial. Hoy podemos hacerlos en simultáneo, con un ahorro de 7 del tiempo” mencionó Alfredo ancio, subjefe del departamento de informática en salud del Hospital Italiano de Buenos Aires. (AWS, 2021)

El objetivo de “piASHIBA” es dual: por un lado, busca mejorar la calidad de la atención al paciente mediante mayor precisión en los métodos de diagnóstico; pero también, busca aliviar la carga de trabajo del personal de la institución. (Domb, 2020)



Figura N° 16- Resumen de los potenciales usos de la inteligencia artificial en el diagnóstico médico.  
Fuente: elaboración del autor.

Utilización de la inteligencia artificial para el pronóstico y planificación de los tratamientos

El pronóstico adecuado es extremadamente importante al momento de planificar las alternativas terapéuticas del paciente. Identificar temprana y adecuadamente a los pacientes con peor pronóstico o de mayor riesgo, es sumamente importante



a fin de elegir adecuadamente las opciones terapéuticas para lograr una mejor respuesta clínica y de calidad de vida para los pacientes. (Ramesh AN, 2004)

También la inteligencia artificial puede asistir a los médicos en el monitoreo diario de la evolución de los pacientes. Modelos de machine learning pueden utilizarse para monitorear pacientes en áreas de cuidados intensivos y brindar alertas tempranas sobre parámetros vitales alterados. Estos dispositivos tienen la ventaja adicional de recopilar los datos pudiendo realizar diagnósticos complejos como la presencia de **sepsis**. Un ejemplo, es IBM quien ha trabajado en un modelo de inteligencia artificial para neonatología donde han alcanzado 75% de precisión diagnóstica de sepsis en bebés prematuros. (IBM, 2024)

Abedi et al, mediante la utilización de algoritmos informáticos han desarrollado un modelo predictivo de **recurrencia de accidente cardiovascular isquémico**, que podría sentar las bases futuras del tratamiento personalizado en esta patología. (Abedi, 2021)

Cao et al evaluaron mediante modelos Bayesianos métodos predictivos de **calidad de vida postoperatorios** en cirugía bariátrica. Mediante ellos detectaron los factores que podrían tener un impacto clínico significativo luego de 5 años de realización de la intervención quirúrgica. Esto podría ser útil al momento de dar recomendaciones clínicas a los pacientes en las consultas prequirúrgicas, para la creación de políticas públicas sobre qué población tendría el mayor beneficio clínico de este tipo de intervención quirúrgica y para planificar un seguimiento más individualizado en los pacientes. (Cao, 2020)

Ahervo y colaboradores analizaron las aplicaciones basadas en inteligencia artificial que se están utilizando al momento de **planificar la radioterapia** en el cáncer de cabeza y cuello, y cual podría ser los beneficios de esta tecnología en relación con el manejo de dosis de radiación sobre las lesiones y los órganos cercanos. Las ventajas que brindan la inteligencia artificial al momento de planificar la radioterapia son ahorro de tiempo que puede ser destinado por los profesionales para el asesoramiento de los pacientes en la consulta, y una



planificación adecuada de la dosis para cada paciente individual, evitando efectos indeseados en los órganos continuos. (Ahervo H, 2023)

La inteligencia artificial también puede tener un rol en la **elección de la terapia farmacológica**, ya sea mediante el matcheo de los pacientes con la droga o combinación de drogas óptimas para su tratamiento, predicción de potenciales interacciones medicamentosas y el desarrollo del protocolo de tratamiento para cada individuo. Si quisiéramos identificar cual es la mejor alterativa farmacológica para el paciente implicaría recopilar información sobre antecedentes personales, data clínica, epigenética e integrarla con la información sobre las características químicas de la droga, su potencial terapéutico, farmacocinética y farmacodinámica de la droga y como interactúa con otras drogas. (Romm EL, 2020)

Un ejemplo de la aplicación de la inteligencia artificial en la medicina de precisión es el algoritmo desarrollado en Reino Unido para determinar la dosis adecuada de Warfarina. Mediante ello se puede determinar su **dosis adecuada** para lograr el rango de anticoagulación necesaria. (Jorgensen AL, 2019)

Otro ejemplo de la aplicación de la inteligencia artificial en la práctica clínica en Argentina es la incorporación de consolas adaptadas de juego, por parte del Centro de **Rehabilitación** Los Pinos, para “estimular la movilidad, el equilibrio y la coordinación en pacientes con discapacidades o lesiones”. (Latinoamerica, 2024)



Figura N° 17- Potencial utilización de la Inteligencia Artificial durante el tratamiento de los pacientes.  
Fuente: elaboración del autor.

### Telemedicina y monitoreo remoto

La telemedicina consiste en un acto médico personalizado realizado a distancia mediante una comunicación facilitada por tecnología, lo que permite una consulta médica entre paciente y clínico de modo tanto sincrónico como asincrónico (Snoswell, 2021). Esta modalidad de atención médica tuvo gran adopción durante la pandemia, pero nos plantea la inquietud de cuánto puede la tecnología mediante la recopilación de datos contribuir a mejorar y/o agilizar la consulta de salud y facilitar el acceso de los pacientes a los especialistas.

El **monitoreo remoto** del paciente involucra el uso de dispositivos electrónicos que registran datos de salud de los pacientes en una ubicación distinta a donde los profesionales de la salud se encuentran. La combinación de este tipo de dispositivos con metodologías de inteligencia artificial podría contribuir positivamente en la toma de decisiones clínica mediante el análisis de la información proveniente del paciente y la generación de alertas. (Dubey A, 2023)

Las nuevas tecnologías presentes en dispositivos móviles y relojes personales son una gran fuente de datos clínico. La inteligencia artificial puede ser útil recompilando y analizando esa información para el monitoreo de patologías crónicas como son las afecciones cardíacas.

Kardia Band es un ejemplo de ello, consiste en una aplicación para Apple Watch desarrollado por la compañía AliveCor que mide el ritmo cardíaco del usuario y puede **detectar** la presencia de **arritmias**. Estos tienen la ventaja de que son de fácil utilización, portables, bajo costo, permiten el registro de la actividad eléctrica cardíaca e incluyen algoritmos que brindan una interpretación inmediata del resultado de la actividad electrocardiográfica. Sin embargo, no están libres de falsos positivos, ya que se puede presentar artefactos en la lectura de las ondas del pulso secundarios a movimientos del brazo del usuario. (Raja JM, 2019) (Kardia, 2024)



Figura N° 18- Kardia Band. Fuente: Kardia, 2024.

Otro ejemplo, es Brainwear desarrollado por Dr. Matthew Williams en el Imperial College. Su función principal es la de evaluar la **progresión de lesiones tumorales** a nivel del **cerebro**, para ello es capaz de detectar mediante sensores colocados en el paciente alteraciones en el movimiento o del patrón del habla. La particularidad de este sistema es que lee gran cantidad de información desde el paciente y luego relaciona la región cerebral con la función motora. (Mundell., 2024)



*Figura N° 19- Resumen de los beneficios potenciales de la Inteligencia Artificial en la Práctica Asistencial. Fuente: elaboración del autor.*



## CAPITULO 2- IMPACTO ECONOMICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA MEDICINA ASISTENCIAL

Las tecnologías basadas en inteligencia artificial tienen el potencial de conferir beneficios clínicos a los pacientes (Annarumma M, 2019), sino también pueden generar un incremento en la productividad laboral de los médicos al incrementar el tiempo disponible para realizar otras tareas relacionadas al cuidado directo del paciente. (Parikh R. H., 2022)

De acuerdo con el informe “Artificial Intelligence in Healthcare Market” de la revista Markets&Markets, se prevé que el **mercado de la inteligencia artificial** en la atención **asistencial** alcance un volumen de **67.400 millones de dólares** para **2027**, siendo este segmento uno de los de mayor crecimiento en el mercado de la inteligencia artificial. Esto se debe a un incremento en la adopción de las historias clínicas digitales y en la digitalización de la información de los estudios médicos lo cual genera un campo ideal para la incorporación de tecnología de inteligencia artificial para el análisis e identificación de nuevos insights; permitiendo desarrollar diagnósticos más precisos, como así también la personalización de tratamientos y analíticas predictivas.

Luego de la pandemia de Covid-19 se ha observado una mayor demanda por la telemedicina y soluciones de monitoreo remoto de pacientes. También, el aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas y el envejecimiento de la población en varias regiones del globo terráqueo incrementan la necesidad de contar con soluciones innovadoras en el sistema de salud que permitan una optimización de la locación de recursos y una mayor la eficacia operativa. (Markets & Markets, 2024)

Los **costos de implementación** de inteligencia artificial para la atención hospitalaria en Estados Unidos rondan entre 20.000 y 1.000.000 de dólares promedio. (Sanyal, 2021) (Health, 2024) Pero debemos considerar, además, los costos adicionales del personal necesario para su implementación (el equipo encargado de su montaje -con un costo diario 600-1500 dólares- y un coordinador del proyecto-cuyo salario suele estar en el rango 1200-4600 dólares mensuales). (Health, 2024). A ello hay que incluir el costo de desarrollo de

prototipos que requiere una inversión inicial de 2500 dólares y para el producto mínimo viable suele requerir un desembolso presupuestario de entre 8000-15000 dólares adicionales. (Sanyal, 2021)

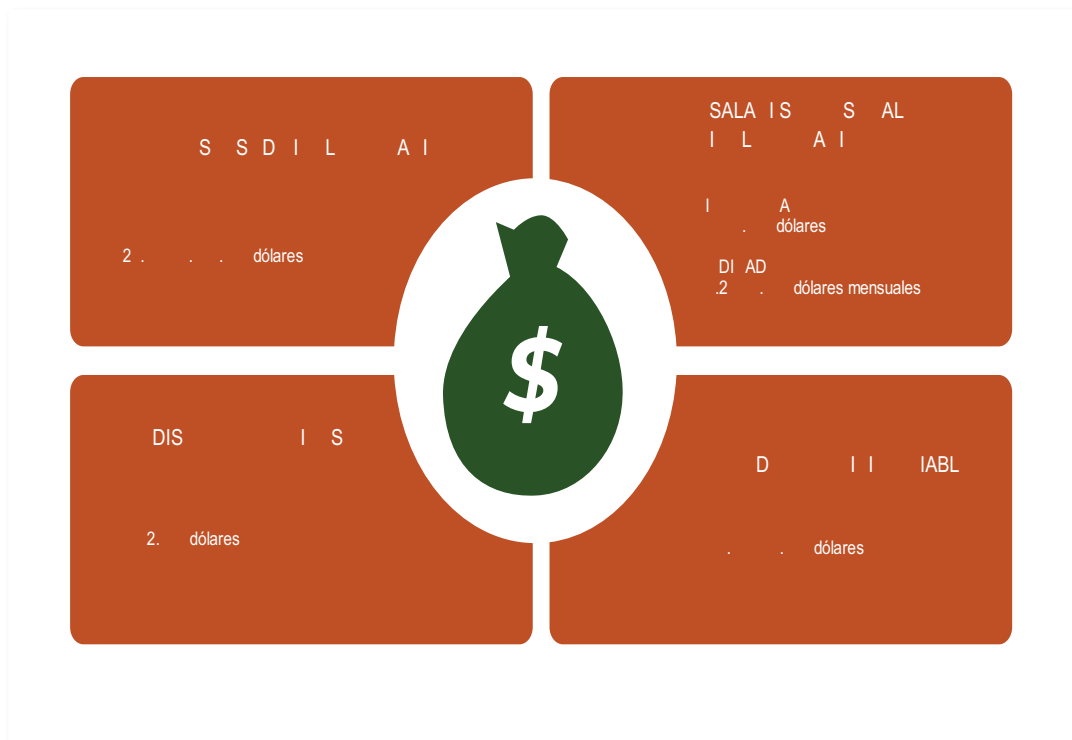


Figura N° 20- Costos de implementación de inteligencia artificial en la atención hospitalaria en EE. UU.  
Fuente: elaboración del autor.

Las ventajas de este tipo de tecnología son las mejoras de la operativa sanitaria mediante la simplificación de procesos y reducción de costos. Un ejemplo de ello son la **creación de centros de comando hospitalario** basados en inteligencia artificial. Estos centros emulan los sistemas de control de tráfico aéreo, y mediante el monitoreo en tiempo real de métricas claves sobre el uso de recursos del sistema de salud, como por ejemplo la disponibilidad de camas de internación, logran una gestión más eficiente de los recursos sanitarios.

Tal es el caso, del Hospital General de Tampa quien ha reportado un ahorro de \$40 millones de dólares mediante la utilización de aplicaciones de inteligencia artificial para reducir las ineficiencias en su sistema.



John Couris, presidente y CEO del Hospital General de Tampa, menciona que la implementación de este tipo de tecnología en su institución les ha permitido eliminar 20.000 día-paciente, reducir el tiempo de internación promedio de 6.0 días a 5.5 días y disminuir 25% el tiempo de espera en emergencias y 70% del tiempo de internación postquirúrgica. Este tipo de mejoras en su conjunto lograron un impacto similar al tener 30 camas adicionales en la institución. (Roth, 2024)

La **consultora McKinsey** presentó un reporte reciente donde estima si durante los próximos 5 años las principales instituciones sanitarias de Estados Unidos, adoptaran la tecnología de inteligencia artificial hoy disponible para su gestión, se podría generar un impacto presupuestario positivo en la atención médica mediante la **generación de ahorros** del orden del **5-10%**; lo que implicaría un **ahorro** concreto entre **200-360 mil millones de dólares anuales** y esto se realizaría sin sacrificar calidad y/o acceso a los servicios sanitarios.

El origen de este ahorro se basa principalmente en la disminución de carga administrativa, mejor soporte con información de valor al momento de toma de decisiones clínicas y mayor eficiencia en la operación de las salas clínicas y quirúrgicas. Mediante la adopción de tecnologías basadas en la inteligencia artificial se podrían reducir los costos administrativos hasta en un 14%, lo que correspondería a un ahorro presupuestario entre 65-135 billones de dólares anuales. El resto del ahorro se basaría en reducción de costos médicos entre 5-8%, lo que implicaría una reducción del gasto del orden del 130-235 billones de dólares anuales. La oportunidad de ahorro que brinda inteligencia artificial se basaría tanto en la simplificación de procesos existentes como la creación de nuevos procesos. Adicionalmente, remarcan que la adopción de inteligencia artificial pudiera tener beneficios no financieros como mejoría en la calidad de atención, incremento del acceso a los servicios de salud y mejoría de la experiencia del paciente.

Aquí los autores identifican 6 **factores de éxito** para la **adopción** de inteligencia artificial por parte de la industria de la salud:



1-Misión clara: contar con un mapa de ruta donde se establezca una visión clara del valor de la inteligencia artificial, su vínculo con los objetivos y la misión del negocio, y los pasos para su implementación.

2-Talento: las organizaciones deben asegurarse de que cuentan con las adecuadas habilidades y capacidades disponibles para la correcta incorporación de esta tecnología en sus organizaciones.

3-Agilidad: acelerar los procesos de tomas de decisiones dentro de la organización de atención médica es un aspecto clave del proceso

4-Herramienta y tecnología adecuada: para brindar respuestas ágiles se requiere herramientas y entornos que sean flexibles, escalables, seguros y resilientes.

5-Toma de decisiones basada en la información: uso de información adecuada puede ser una ventaja competitiva

6-Modelo operacional adecuado: que permita capturar el valor de la misión fomentando cambios de mentalidad y operativos entre usuarios tanto internos como externos.

7-Confianza digital: inspirar confianza que la organización efectivamente protege los datos, usa la inteligencia artificial de manera responsable y brinda transparencia. (Nikhil Sahni, 2023)

Qué se necesita para **implementar y mantener funcionando sistemas** basados en la **inteligencia artificial en instituciones sanitarias**:

1.Infraestructura: este tipo de tecnología requiere de computadoras potentes con unidades de procesamiento de datos, plataformas de almacenamiento e infraestructura de red.

2. Integración de sistemas preexistentes: tales como historias clínicas o registros médicos electrónicos, los cuales en algunos casos requieran de su actualización para asegurar la adecuada Inter operatividad con la tecnología de inteligencia artificial.

3.Actualización y mantenimiento continuo: para garantizar el mejor rendimiento de la tecnología y su seguridad



4.Desarrollo y personalización de los sistemas de inteligencia artificial: requiere ingenieros de softwares y expertos en el manejo de datos e inteligencia artificial para desarrollar modelos que apliquen a las necesidades de cada institución.

5.Recopilación de datos: la recolección y gestión de datos es clave para que los sistemas de inteligencia artificial aprendan y desarrolle predicciones precisas.

6. Cumplir con la regulación: implementar medidas que aseguren la seguridad, estén en línea con las regulaciones locales de privacidad de la información y aseguren contar con toda la documentación respaldatoria en caso de existir auditoria por parte de las autoridades sanitarias regulatorias.

7.Validación y formación: en algunos casos se podrían necesitar invertir recursos para garantizar la confiabilidad y precisión de las tecnologías de inteligencia artificial en las poblaciones donde se implementarán. Adicionalmente, de acuerdo con la complejidad de los algoritmos a utilizar y el tamaño del conjunto de datos con el que se trabajará, se podrá requerir una capacitación del personal involucrado. (Health, 2024)

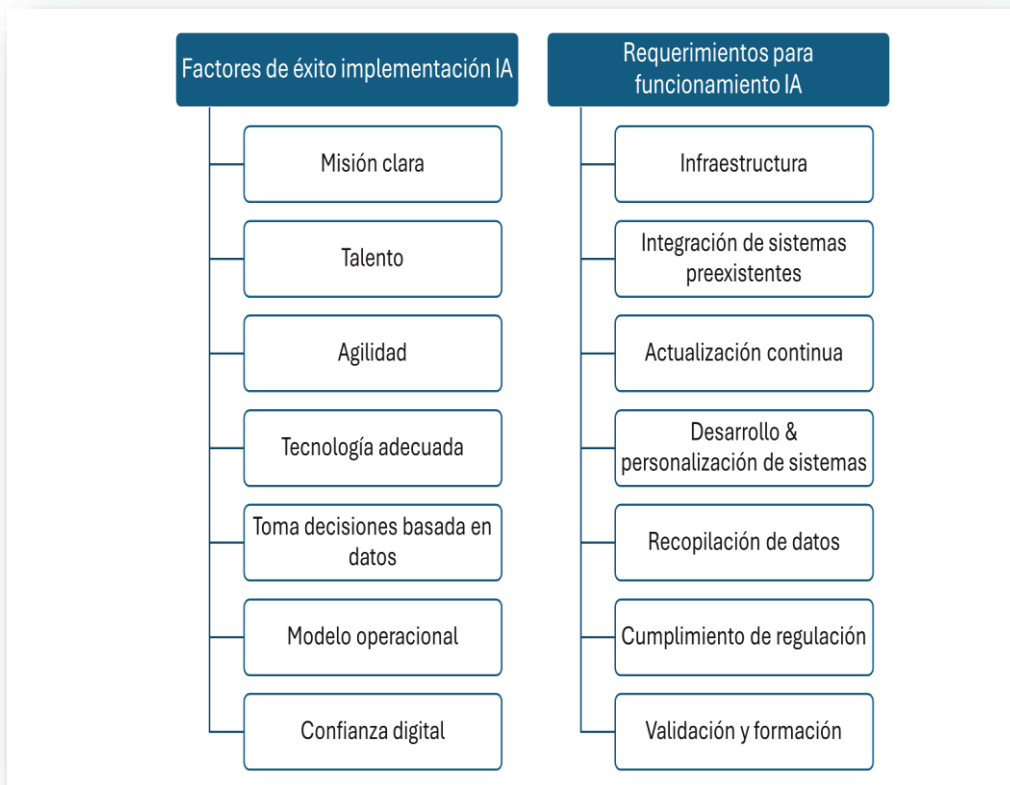


Figura N° 21- Resumen de los factores de éxitos para la implementación de la inteligencia artificial y requerimientos para el funcionamiento de esta en los entornos hospitalarios. Fuente: elaboración del autor.

En 2022 el NHS-Servicio de Salud Nacional- de Inglaterra desarrolló una estrategia de política pública para reducir la alta ocupación de camas en los hospitales y facilitar el alta de los pacientes: “las **guardias virtuales**”.

Este proyecto contó con un presupuesto de 250 millones de libras esterlinas y consistió en la creación de 10000 camas permanentes y 900 camas adicionales durante el invierno en entornos domiciliarios a lo largo de Inglaterra. (UK, 2023) En estas camas virtuales el paciente se encuentra hospitalizado en su domicilio y es monitoreado diariamente por el equipo médico del centro asistencial de manera remota.

Para fines de 2023 el NHS reportó que más de 240.000 pacientes fueron tratados en estas camas virtuales, muchos de los cuales evitaron ser admitidos en



hospitales, y con una tasa de recuperación similar a aquellos tratados en los nosocomios. (Hacker, 2024).

Sin embargo, este proyecto no está libre de controversias, ya que algunos expertos consideran que contribuye a la sustentabilidad del sistema de salud, en cambio otros dudan de su costo efectividad

Algunos de los ejemplos que demostraron que este tipo de telemedicina puede ser costo-efectiva:

El hospital Croydon Health Services comparó los costos de internación en las camas virtuales versus las camas tradicionales, observaron un ahorro global por paciente de £742,44 sin observarse diferencia en la sobrevida significativa de los pacientes en ambos grupos y los requerimientos de personal fueron menores, ya que las camas virtuales solo requirieron 22.5 horas/ semanales de una enfermera y un médico clínico que trabajaba de 12 hs/día (8am-8pm) durante 7 días a la semana versus el 51% de incremento de personal que había requerido la institución durante la primera ola del Covid-19 para controlar una demanda similar de pacientes.

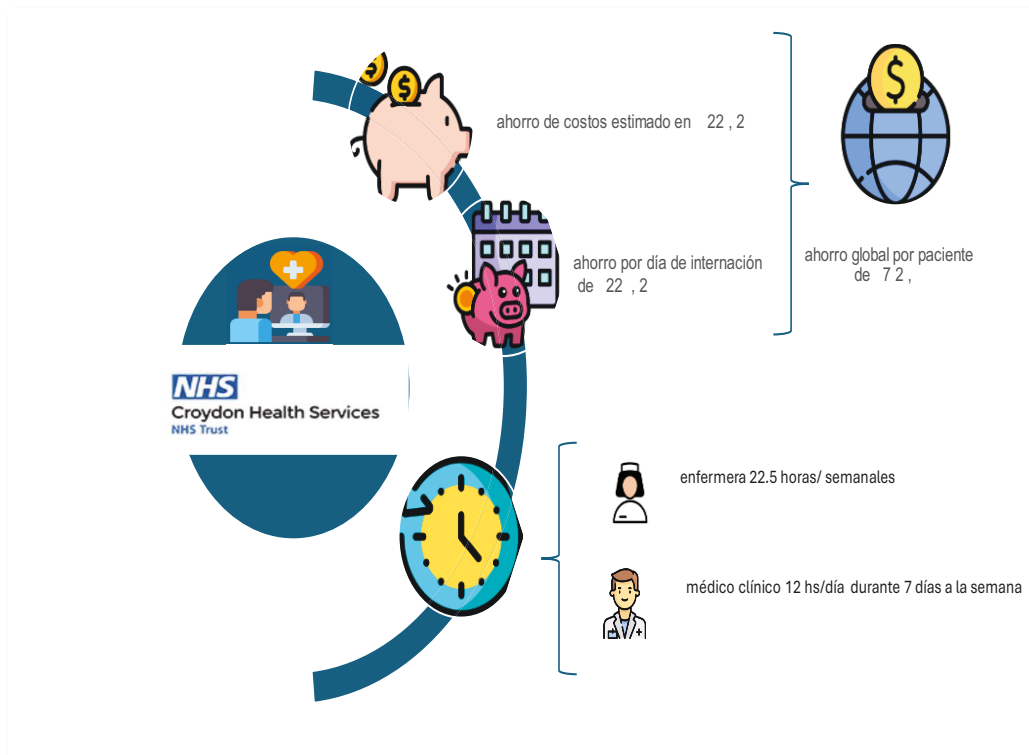


Figura Nº 22- Impacto presupuestario de internación virtual en hospital Croydon Health Services de Londres durante Covid-19. Fuente: elaboración del autor.

La mayoría de los pacientes monitoreados de modo virtual se mantuvieron en casa durante todo el proceso de cuidado, sólo 20% requirieron admisión al hospital durante su seguimiento y el 1% de los pacientes fallecieron durante su internación virtual domiciliaria. Del 20% de los pacientes que fueron admitidos en el hospital, 84% de los mismos fueron dados de alta. Mediante el monitoreo vía telemedicina se pudieron detectar patologías adicionales, incluyendo tromboembolismos pulmonares, arritmias cardíacas y apneas respiratorias, las cuales de no haber sido detectadas y tratadas podrían haber tenido un resultado ominoso para los pacientes. (Health innovation network, 2021)

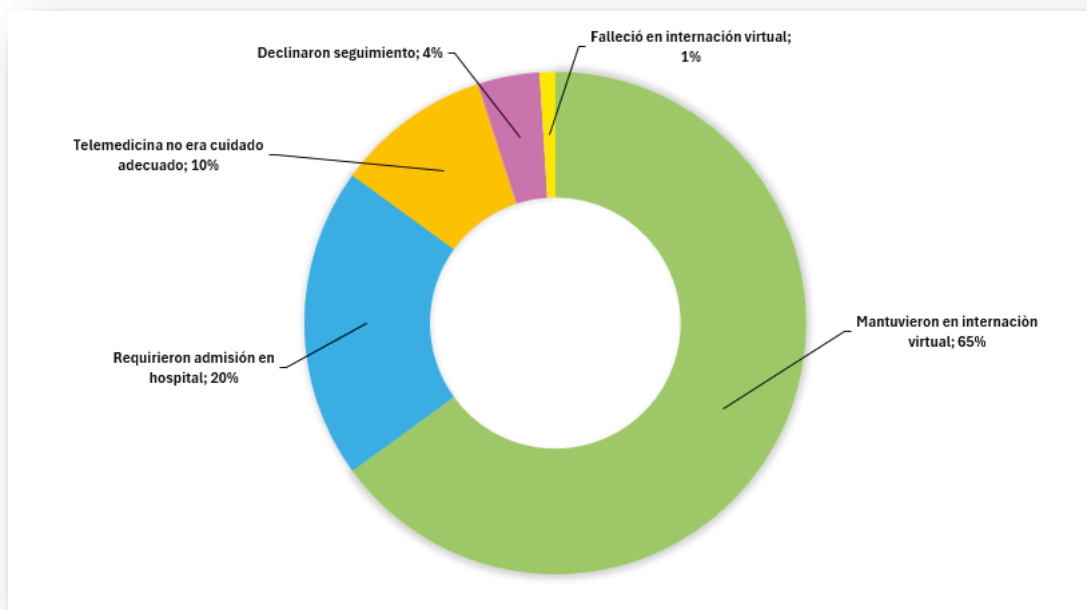


Figura N° 23- Resultado del monitoreo virtual de los pacientes del hospital Croydon Health Services de Londres durante Covid-19. Fuente: elaboración del autor.

Shepperd et al realizaron un estudio que incluyó 9 centros a lo largo de Inglaterra donde evaluaron la internación virtual vs internación hospitalaria en población mayor de 65 años. Ellos observaron que los costos de internación virtual domiciliaria eran menores en esta población en comparación con la internación hospitalaria - la diferencia media en los costos fue de  $-\text{£}3.017$  (IC95 %  $-\text{£}5.765$  a  $-\text{£}269$ ), sin que se observara diferencia en la supervivencia ajustada por calidad. (Shepperd S, 2022)

Algo similar menciona la Dra. Lucy Abbot, geriatra consultora de Frimley Health Foundation Trust. Afirma que gracias a la utilización de salas virtuales se evitaron más de 2.300 internaciones hospitalarias, lo que ha implicado un ahorro total de  $\text{£}631.000$  al año; y alrededor de 70 visitas de atención primaria al mes ahorrando  $\text{£}95$  cada vez. (Hacker, 2024)

En la otra vereda, encontramos un estudio publicado recientemente en la British Medical Journal que analizó el impacto económico de las guardias virtuales del servicio sanitario de Wrightington, Wigan and Leigh Teaching Hospitals correspondientes a la región norte de Inglaterra. Allí observaron que si bien los

pacientes en las guardias virtuales tenían una menor duración en la internación (promedio 2.89 día, 95%IC 2.1 - 3.9 días), el costo de internación diaria de las camas virtuales duplicaba al de la internación hospitalaria (£935 versus £536). (Jalilian A, 2024)

En relación con los **softwares basados en inteligencia artificial** para el **diagnóstico médico**, nos encontramos con diversas situaciones:

HeartFlow, es un software que cuantifica el flujo coronario a partir de imágenes de angiografía coronaria obtenidas mediante tomografía computada. Ha demostrado que reduce el costo de atención médica ya que ayuda a evitar intervenciones invasivas. (Lobig, 2023).

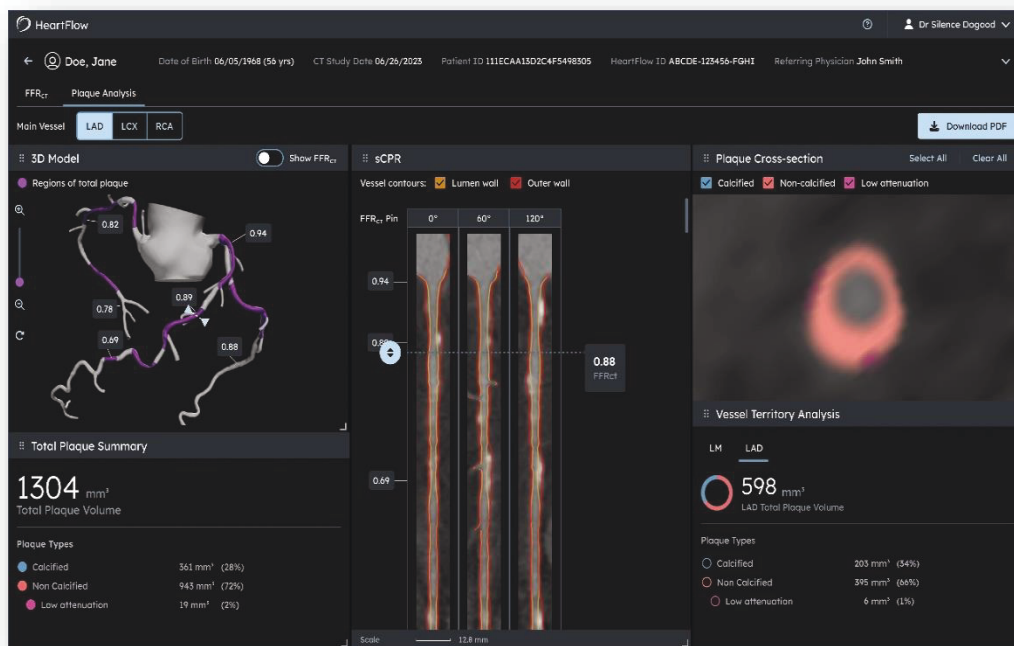


Figura N° 24-Funcionamiento Heartflow. Fuente: Digest, 2024

El Instituto Nacional de Salud de Reino Unido ha incluido a HeartFlow dentro de sus guías de manejo de dolor torácico, considerando que debe considerarse como una opción en paciente con dolor torácico estable de aparición reciente, ya que puede evitar la necesidad de angiografía coronaria invasiva y

revascularización, lográndose ahorros de costos de £391 por paciente lo que implicaría un ahorro cercano a £9.1M en un año. (NICE, 2017). Por el contrario, estudios de costos realizados en Estados Unidos, observaron que no había grandes diferencias entre los costos del Heart Flow vs el standard diagnóstico (diferencia de costo+7%, IC 95% -12% +26%,  $p = 0.49$ ) (Curzen N, 2023).

Un estudio de vida real realizado en 12 centros de Inglaterra observó que Heart Flow tenía baja especificidad y que los costos eran mayores que otras alternativas diagnósticas para pacientes con dolor torácico (Heart Flow tenía un



costo £3,913 por paciente vs costo promedio £2,096 de las otras alternativas diagnósticas). (Hothi S, 2022)

*Figura N° 25-Costos en Vida Real UK herramientas diagnósticas en paciente con dolor torácico. Fuente: Hothi S, 2022.*

*FFR-CT= Heart Flow, DSE= ecocardiografía stress, SPECT=Tomografía por emisión fotones. CMR=Resonancia Magnética Cardíaca*

LiverMultiScan, es una herramienta diagnóstica que mediante el procesamiento de imágenes de resonancia magnética permite un diagnóstico no invasivo para monitorear la actividad y la respuesta al tratamiento de la hepatitis autoinmune; lo que la constituye una alternativa a la biopsia hepática. (Lobig, 2023). El Oxford

Academic Health Science Network realizó un modelo de costo donde se analizó el impacto de reemplazar la biopsia hepática para el seguimiento de estos pacientes con el LiverMultiScan, y estimo que mediante la utilización de esta tecnología se obtendría un ahorro de hasta £336.926 para 100 pacientes durante cinco años. (Bajre M, 2022)

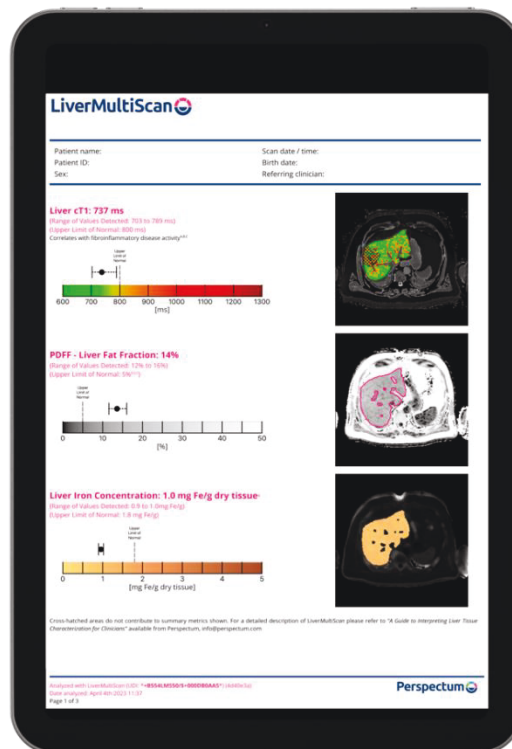


Figura N° 26-LiverMultiScan. Fuente: Perspectum, 2024

Medicare- el principal seguro de salud de Estados Unidos- ha rechazado el reembolso de 2 aplicaciones: Rapid ASPECTS y Aidoc Briefcase for PE, por considerar que no brindaba beneficio clínico superior versus las alternativas tradicionales de diagnóstico. (Lobig, 2023)

Un aspecto que hay que considerar al momento de analizar el impacto económico de la inteligencia artificial es el peligro potencial de uso excesivo de



estas tecnologías por parte de los proveedores por razones económicas. Un ejemplo de ello puede ser la mamografía asistida por computadora. Luego de la incorporación del reembolso de este tipo de estudios dentro de los servicios de Medicare en 2022, su uso paso del 5% en 2001 al 74% en 2008. Esto tuvo un gasto incremental de \$400M dólares por año.

Estudios posteriores de vida real demostraron que esta tecnología no brindaba un mayor rendimiento diagnóstico de las mamografías, por lo que el sistema de Medicare eliminó su reembolso adicional, incluyéndose dentro del reembolso correspondiente a un estudio mamografía tradicional. (Lobig, 2023). Recientemente el New York Times reportó que, dado el auge de la inteligencia artificial en la población, médicos radiólogos de Manhattan ofrecían estudios por mamografía asistida por computadora por un costo adicional entre 40-100 dólares por estudio que debían ser cubierto por los pacientes de manera privada. (Sheikh, 2024)

En los últimos 5 años, las **inversiones de capital** para proyectos que incluyan inteligencia artificial destinada al sector de la salud se han expandido a un ritmo mayor que el resto de la industria tecnológica de acuerdo con un informe del Silicon Valley Bank. Allí se detalla que el 25% de las inversiones destinadas al sector de la salud son alocadas a compañías que utilizan la inteligencia artificial, 60% de ellas se focalizan en aplicaciones que tengan impacto en administración de la industria o en aplicaciones clínicas. Se prevé que el total de los fondos recaudados en **2024** aumente a 16.900 millones de dólares, un **incremento del 42% en relación con las inversiones del año previo**. (Banck, 2024)



## CAPITULO 3. USO INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESARROLLO DE NUEVOS FARMACOS

El diseño y desarrollo de nuevas moléculas es un área importante en la investigación farmacéutica. Sin embargo, es una tarea ardua que requiere mucha inversión- tanto de tiempo, con procesos que en ocasiones llevan hasta 10 años, de los cuales cerca del 90% fallan (Hingorani, 2019). Aquí en donde la Inteligencia Artificial, principalmente mediante la aplicación de algoritmos de machine learning, puede contribuir agilizando los tiempos, eficientizando el proceso y reduciendo costos. (Gupta R, 2021)

### Subsección 3.1- Desarrollo tradicional de fármacos

El ciclo de vida tradicional de desarrollo de una molécula farmacológica consta de varias fases:

#### **1-Investigación exploratoria:**

Esta es la fase de descubrimiento del fármaco. Aquí se parte de identificar la diana terapéutica, el objetivo específico relacionado con la enfermedad en el cuerpo humano que queremos que la droga interactúe; usualmente esta diana es un gen, una proteína o un receptor de señalización celular.

En esta etapa se hacen múltiples estudios para entender como esa diana terapéutica se interrelaciona con la enfermedad que queremos tratar, para así entender como este target puede ser manipulado para alcanzar el efecto terapéutico deseado.

Luego se desarrollan diversos compuestos que pudieran interactuar con la diana terapéutica para obtener los resultados deseados.

Se estudiará las características farmacológicas básicas de la molécula elegida.

(Dale, 2016)



Figura Nº 27- Ciclo de vida de un fármaco. Fuente: elaboración del autor.

## 2- Investigación preclínica:

En esta etapa se realizan estudios en modelos animales y en cultivos celulares a fin de establecer la eficacia y la seguridad inicial de las moléculas.

Esta etapa suele demandar entre 1 a 5 años de desarrollo.

Requiere una inversión entre 1 y 10 millones de dólares, ya que suele necesitarse afrontar gastos implicados en investigación básica, descubrimientos de compuestos, pruebas en modelos de animales y/o en líneas celulares.

## 3- Investigación clínica:

En esta etapa ya se realizan análisis en seres humanos.



Se subdivide en las siguientes etapas:

Fase 1: se testea el fármaco en un pequeño grupo de voluntarios sanos, en general entre 20-100 participantes. El objetivo en este período es establecer la seguridad, la tolerancia y la farmacocinética de la droga –como la molécula se absorbe, se distribuye en el cuerpo, se metaboliza y posteriormente se elimina.

La mayoría de las moléculas son descartadas al no poder superar esta fase. De las más de 10.000 drogas que suelen alcanzar la fase 1, apenas 250 logran continuar a la siguiente etapa. (Hay M, 2014)

El costo de las actividades en esta etapa de desarrollo suele variar entre 1 y 5 millones de dólares.

Fase 2: en este período es donde se realizan los ensayos en pequeña escala ya en el grupo de pacientes -entre 100 y 1.000 sujetos- a quienes queremos tratar.

Se busca valorar la eficacia en esta población y establecer la dosificación adecuada. De las 250 moléculas que suelen alcanzar este estadio, tan solo 5 moléculas continuaran a la siguiente fase. (Dale, 2016)

Al requerir un mayor número de sujetos en esta etapa de investigación se suele requerir una inversión media entre 5 y 20 millones de dólares.

Fase 3: se estudia una población más amplia a sujetos enfermos- entre 1.000-3.000 participantes- buscando confirmar la eficacia en una población de mayor escala, establecer el perfil de seguridad -monitoreo de eventos adversos- y la interacción con otros fármacos. Los datos obtenidos en esta fase son los que utilizan las agencias regulatorias para la aprobación de comercialización de la molécula (Dale, 2016) (Hay M, 2014)

Los fármacos pueden demorar hasta 7 años para avanzar desde la fase 1 clínica hasta su aprobación de comercialización. Esta es la fase más costosa del proceso de desarrollo de fármacos, ya que requiere de la inclusión de un gran



número de participantes a fin de tener un volumen de información adecuado para confirmar la eficacia y la seguridad de las drogas a fin de obtener su aprobación regulatoria. Dependiendo del tipo de droga a testear puede requerir una inversión de entre 20 a 100 millones de dólares.

Fase 4: monitoreo postmarketing de la droga. Aquí se monitorea la seguridad a largo plazo de la droga, se establece su eficacia y seguridad en vida real (en la fase 3 se elige una población ideal que permita una adecuada comparación de la data clínica, esto suele excluir por ejemplo población añosa, embarazadas, los cuales deben ser analizados luego con datos obtenidos postcomercialización), y monitoreo de eventos adversos infrecuentes los cuales requieren una población mucho mayor que la incluida en la fase 3 para su observación (Dale, 2016)

Dependiendo del tipo de fármaco esta etapa puede requerir entre 1 y 3 millones de dólares anuales de inversión.

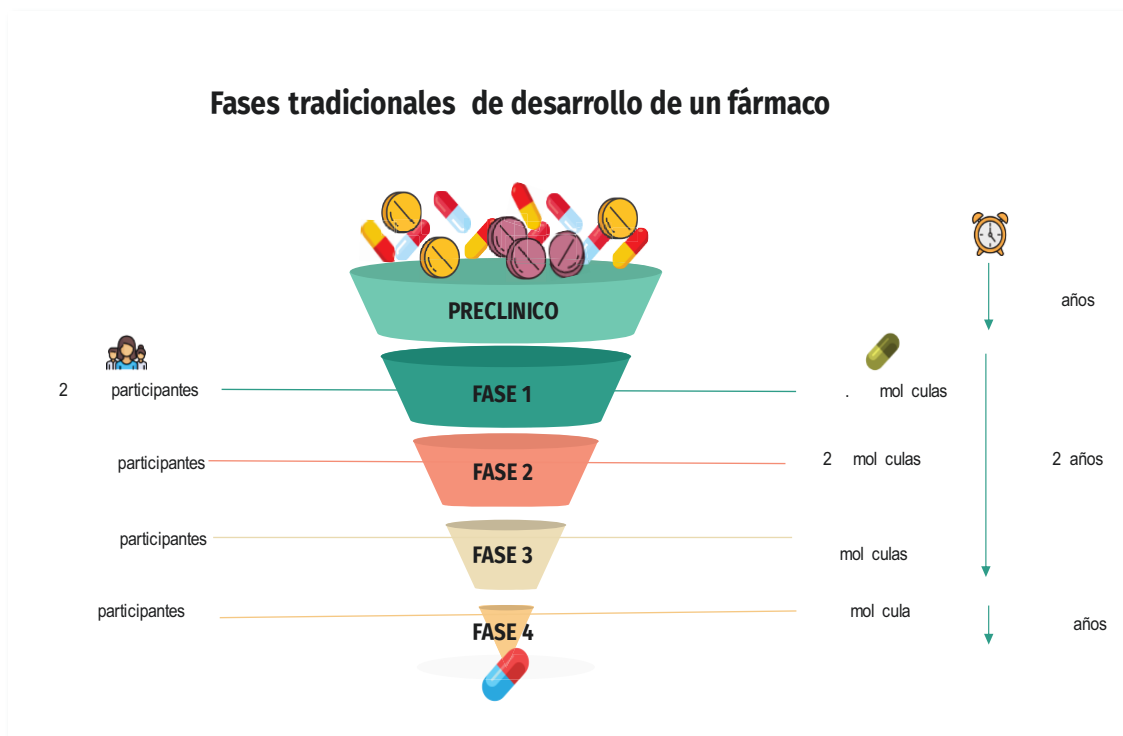


Figura N° 28-Fases tradicionales de desarrollo de un fármaco desde la etapa preclínica hasta la vigilancia postmarketing. Fuente: elaboración del autor.

Se detalla cuantos participantes se deben incluir en cada una; cuantas moléculas suelen alcanzar cada una de las fases; y el tiempo que demora el proceso desde fase preclínica a la fase de comercialización.

Interesantemente varios estudios han indicado que en los últimos años el **costo de desarrollo de fármacos** cada vez es mayor:

Di Masi y colaboradores, han indicado que el costo de desarrollar un fármaco en Estados Unidos ha pasado de \$1.1 billones de dólares en 2003 a 2.8 billones de dólares en 2013. (DiMasi JA, 2003) (DiMasi, 2016).

Prasad y Mailankody estimaron que el costo de desarrollo de una nueva droga oncológica requería una inversión en 2017 de aproximadamente \$780 billones de dólares a fin de poder comercializarla. (Prasad V, 2017).

Wounters et al analizaron 350 nuevos medicamentos aprobados por FDA entre 2009 y 2018. Después de tener en cuenta los costos de los ensayos fallidos, la inversión media en investigación y desarrollo para llevar una nueva molécula al mercado se estimó en US\$ 1335.9 millones (IC95% US\$ 1042.5 millones- US\$



1637.5 millones). Las estimaciones medias por área terapéutica oscilaron entre US\$ 765.9 millones (IC95% US\$ 323.0 millones- US\$ 1473.5 millones) para agentes del sistema nervioso a US\$ 2771.6 millones (IC95% US\$ 2051.8 millones- US\$ 5366.2 millones) para antineoplásicos e inmunomoduladores agentes. (Wouters OJ, 2020)

Sertkaya observó que entre 2014 y 2019 se incrementó en 34% la inversión en investigación y desarrollo para fármacos en Estados Unidos, estableciendo un promedio de costo de desarrollo de una droga en 879.3 millones de dólares. Siendo las drogas para manejo de dolor y/o anestesia, oncología y oftalmología las más costosas; mientras que las drogas para el tratamiento de infecciones eran las que tenían un menor costo de desarrollo. (Sertkaya A, 2024)

La situación no es muy distinta en Europa, un informe de la consultora Deloitte informa que el costo de desarrollo ha pasado de 1.327 billones de euros en 2013 a 2.442 billones de euros en 2020. Esto se debe principalmente a moléculas que han fallado en las etapas avanzadas del proceso de desarrollo y a incremento del tiempo medio del ciclo de desarrollo de los fármacos. (Deloitte, 2021)

### **Subsección 3.2- Aporte de la inteligencia artificial al desarrollo de fármacos**

El desarrollo de algoritmos mediante inteligencia artificial ha permitido abordar un gran volumen de información biomédica, lo que ha impulsado y acelerado la investigación científica.

Esto ha permitido el descubrimiento de nuevos targets terapéuticos, ampliar el uso de fármacos patentados a nuevas indicaciones, detección de interacciones medicamentosas, refinar los criterios de selección de las poblaciones objetivo en los estudios clínicos y/o los criterios de evaluación utilizados para determinar la eficacia de la droga en ellos, como también facilitar el seguimiento de eventos adversos en la etapa postmarketing. (Olascoaga-Del Angel, 2023), (McKinsey, 2023)

Cada vez más las agencias regulatorias mundiales reconocen el rol de la inteligencia artificial en el desarrollo farmacéutico.

Un ejemplo de esto es el comunicado que publicó en mayo de 2023 la FDA - Food & Drugs Administration- el organismo americano dedicado a la aprobación y regulación de fármacos en Estados Unidos, el cual es una de las principales agencias de referencia mundial en el tema- (FDA, 2024).

Allí reconoce el incremento en la utilización de inteligencia artificial para el desarrollo de nuevas drogas, reportando más de 100 nuevas presentaciones de drogas de síntesis química y/o biológicas que habían incluido este tipo de tecnología en el proceso de desarrollo; y reconoce que la inteligencia artificial crea nuevas oportunidades y desafíos para el desarrollo farmacéutico por lo que desarrolla una guía para establecer principios de calidad de información, estándares de desarrollo, y transparencia de la información.

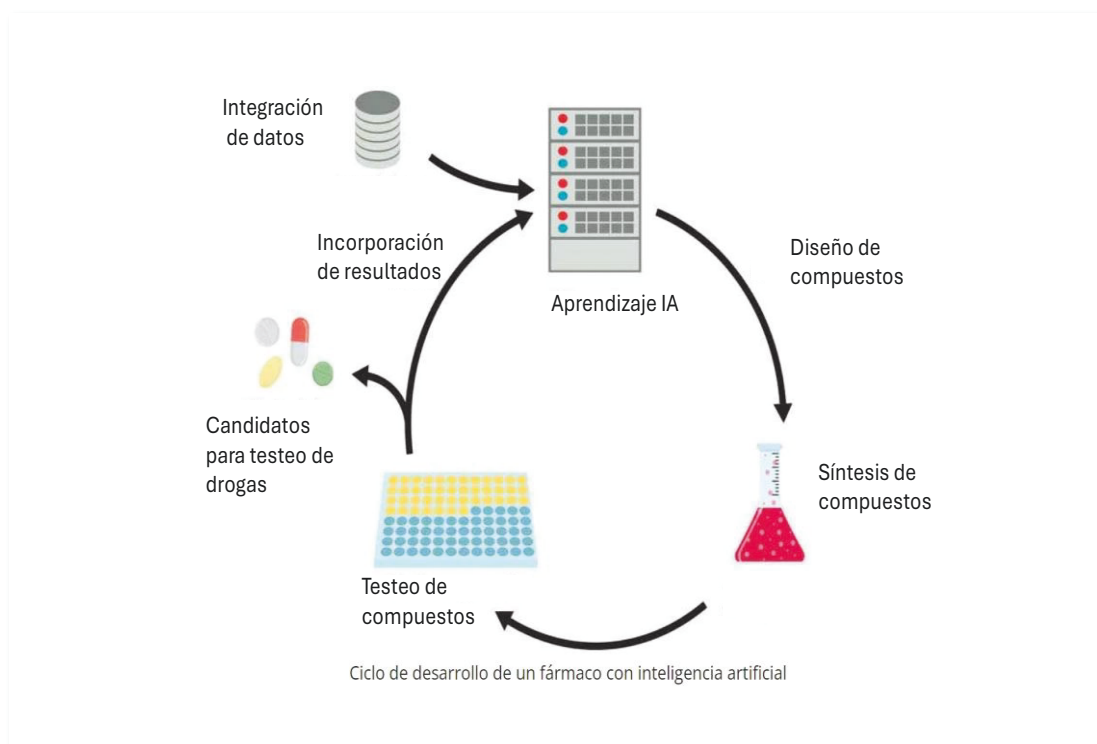


Figura N° 29- Ciclo de desarrollo de fármacos mediante el uso de inteligencia artificial. Fuente: adaptado de Resilentedigital, 2024.



En octubre de 2023 la OMS-Organización Mundial de la Salud- emitió una guía sobre las principales consideraciones sobre el uso de la inteligencia artificial en la salud. En esta publicación se pone un énfasis en la importancia de establecer la eficacia y seguridad de los sistemas de inteligencia artificial, y de que las voces de desarrolladores, reguladores, productores, profesionales de la salud y pacientes estén incluidas en el proceso de toma de decisiones al respecto del uso de estas tecnologías para lograr sistemas apropiados que aseguren la transparencia y documentación de los procesos, manejo de riesgos, validez de la data y detalle de la intención de uso de la información, calidad de la misma, y privacidad y protección de los datos. (OMS, 2023)

La molécula DSP-1181 es la primera droga desarrollada mediante inteligencia artificial. La empresa británica Exscientia junto con la farmacéutica japonesa Sumitomo Dainippon Pharma lograron desarrollar en solo 1 año esta droga que apunta ser una opción terapéutica para los pacientes con desorden obsesivo compulsivo. (Wakefield, 2024)

Otro ejemplo de la utilización de la inteligencia artificial en la investigación de nuevos tratamientos farmacológicos es el trabajo de Ekins y colaboradores. Mediante modelos de machine learning lograron identificar dentro de una base de más de 1200 drogas que dos antihipertensivos, la Nicardipina y Nivaldipina, eran buenas opciones terapéuticas para pacientes con el síndrome de Pitt-Hopkins. Estos fármacos podrían tener un rol importante en prevenir las convulsiones que aquejan a los pacientes con este síndrome particular. (Ekins S, 2019)

El desarrollo de las vacunas anti-Covid 19 en el contexto de una pandemia mundial, son otro claro ejemplo de cómo la inteligencia artificial puede influir positivamente acortando los tiempos de los estudios clínicos:

La empresa MODERNA venía trabajando en algoritmos de inteligencia artificial para analizar mutaciones de manera rápida y desarrollar vacunas efectivas en un menor tiempo que mediante métodos tradicionales. Valiéndose de ello, le llevó 48 horas identificar cual debería ser la mutación a la cual apuntar el



desarrollo de su vacuna anti Covid-19 y lograr manufacturarla en un corto tiempo en medio de una pandemia. (News E. , 2023).

Janssen por su parte, desarrolló DELPHI, un modelo de inteligencia artificial que le permitió identificar con más del 90% precisión los targets terapéuticos para el desarrollo de las vacunas, acortar el tiempo del estudio clínico en un 33% y reducir el enrolamiento de pacientes necesario para obtener información con un poder estadístico adecuado en un 25%. (Dimitris Bertsimas, 2023).

La plataforma de inteligencia artificial BenevolentAI pudo identificar que Baricitinib una de las drogas de la compañía Eli Lilly para el tratamiento de la artritis reumatoidea podría servir como tratamiento para el Covid-19 (Richardson, 2020). Luego de realización de estudios clínicos la FDA aprobó su utilización para pacientes hospitalizados por Covid-19 con requerimientos de oxigenación o ventilación mecánica. (Newswire, 2020).

Novartis ha desarrollado una plataforma de análisis de datos, Nerve Live para manejar el amplio volumen de data de sus estudios clínicos. (Novartis, 2018). Esta plataforma ha sido clave durante la pandemia de Covid-19 para identificar y mitigar posibles interrupciones de los estudios clínicos que la compañía está llevando a cabo en ese momento. (Deloitte, 2021)

Otro ejemplo de la aplicación de la inteligencia artificial en el desarrollo de fármacos es el caso de Bristol-Myers Squibb, quien implementó un programa para encontrar patrones en los datos que se correlacionen con la inhibición del CYP450. El programa aumentó la precisión de las predicciones de CYP450 al 95 %, una reducción de 6 veces en la tasa de fallas en comparación con los métodos tradicionales. Estos resultados ayudan a los investigadores a descartar rápidamente medicamentos potencialmente tóxicos y centrarse en candidatos que tienen más probabilidades de superar múltiples ensayos en humanos hasta la aprobación de la FDA. (Body, 2024)



### Subsección 3.3- Impacto económico de la inteligencia artificial en el desarrollo de fármacos

Se prevé que **el mercado mundial del uso de la inteligencia artificial aplicada a la industria farmacéutica** crecerá de mil millones a **28 mil millones** de dólares **para 2025**.

Siendo las principales áreas donde está tecnología será aplicada en el desarrollo de fármacos:

- 1- Etapa de descubrimiento y desarrollo de nuevas moléculas: aquí la inteligencia artificial puede contribuir en la predicción de interacciones entre proteínas y nuevas moléculas para predecir su funcionamiento seguro en humanos; análisis de bases de datos para identificar la posibilidad de nuevos usos de fármacos ya existentes, reduciendo los plazos de estudios clínicos hasta en un 70%; diseño dirigido de nuevas moléculas que cuenten con las propiedades deseadas; detección preclínica de toxicidad o de riesgos de seguridad de nuevas moléculas; y predicción de interacciones con otras moléculas.
- 2- Optimización de los ensayos clínicos: los algoritmos pueden facilitar el reclutamiento de participantes, su retención a lo largo del estudio, el monitoreo del cumplimiento del protocolo establecido, y señalización temprana de efectos secundarios potencialmente peligrosos
- 3- Revolución de la manufactura: detección temprana de fallas en la producción de fármacos, facilitar la coordinación del transporte de materiales e inventario; control de calidad automatizado.
- 4- Optimización de la cadena de suministro: facilitación de la previsión de la demanda, evitando obsolescencias y estabilizados inventarios de medicamentos cuando las necesidades cambian inesperadamente, programación de la producción, almacenamiento automatizado
- 5- Marketing y ventas: realización de campañas de marketing basadas en datos en exploración de hábitos, actitudes y datos demográficos que pueden impactar en la prescripción para una comunicación personalizada;



modelos de precios más precisos; comunicación más ágil con los clientes con chatbot que conteste de manera rápida las consultas más comunes las 24 hs. del día durante 365 días al año; e interacciones más eficientes entre los equipos de ventas y los médicos.

- 6- Monitoreo de seguridad postmarketing: procesamiento de notas médicas, tickets a call centers, registros de hospitalización, etc. pueden contribuir a realizar una farmacovigilancia precisa y con menor requerimiento de recursos. (Ward, 2024)

En febrero 2022 la compañía Insilico Medicine informó el inicio de su estudio fase I de estudio clínico en fibrosis pulmonar idiopática para INS018\_055, una molécula anti fibrótica descubierta exclusivamente mediante su plataforma Pharma.AI de inteligencia artificial. El tiempo total desde el inicio del programa de descubrimiento hasta el comienzo de la fase I del programa clínico de la molécula demora sólo 18 meses, un hito la velocidad de desarrollo de moléculas terapéuticas en la industria farmacéutica. Este proyecto sólo insumió un presupuesto de 2.6 millones de dólares. (Insilico, 2022). Si consideramos que un programa tradicional de descubrimiento farmacológico suele demorar hasta 5 años en pasar de fase 0 a fase 1 de desarrollo clínico e insumir hasta 1 billón de dólares en presupuesto (Insilico, 2022), la utilización de este tipo de tecnología en el desarrollo de nuevos fármacos podría tener un impacto más que positivo en la industria farmacéutica. Actualmente el programa clínico de la molécula INS018\_055 ya se encuentra en fase II del programa de desarrollo, realizándose estudios para evaluar su eficacia y seguridad en pacientes con fibrosis pulmonar idiopática. (U S National Library of Medicine, 2024)

El McKinsey Global Institute ha estimado que la inteligencia artificial podría generar entre 60.000 y 110.000 millones de dólares al año en valor económico para las industrias farmacéutica, en gran parte porque puede aumentar la productividad al acelerar el proceso de identificación de compuestos. para posibles nuevos medicamentos, acelerar su desarrollo y aprobación y mejorar la forma en que se comercializan. (McKinsey & C., 2024)



## CAPITULO 4- DESVENTAJAS Y LIMITACIONES DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA MEDICINA

A pesar de los numerosos aspectos positivos que podría brindar la incorporación de estos avances en inteligencia artificial en la medicina, existen aún ciertas limitaciones que deberíamos considerar al momento de incluirlos en la atención asistencial habitual.

El primer aspecto es la **validación de la evidencia**. Los modelos actuales están contruidos para un determinado set de datos, y solo cuentan con validación interna. Algunos autores consideran que los modelos ideales debieran contar con validación externa en cohortes diversas para asegurar que no se introducen sesgos y se asegura la “plasticidad” de los algoritmos utilizados. Sin embargo, esto no estaría libre de conflicto ya que potencialmente podría surgir conflictos sobre la protección de datos y la integridad de estos. (Kröner PT, 2021).

Muchos de los trabajos que evalúan la eficacia y seguridad de los dispositivos basados en técnicas de inteligencia artificial son de carácter retrospectivo. Ciertos académicos consideran clave este aspecto ya que creen que es necesario una caracterización completa de las herramientas de asistencia diagnóstica basada en inteligencia artificial mediante la realización de estudios prospectivos que evalúen el impacto global de estas técnicas.

Un aspecto importante, es la ausencia de **guías de recomendaciones para evaluación** comercial de los algoritmos disponibles de modo de garantizar su credibilidad y seguridad. (Wu E, 2021)

Otro aspecto que debería considerarse es el seguimiento post-marketing de estos dispositivos basados en inteligencia artificial para realmente entender su eficacia en una población mayor que la de un estudio clínico prospectivo multicéntrico. (Wu & al., 2021)



Pero también para asegurar la correcta implementación de los dispositivos en centros de salud de menor complejidad o con características diferentes a la población en la cual se estudió el dispositivo.

En línea con ello, la FDA desde 2021 comenzó a aplicar nuevas normativas para el monitoreo continuo de los dispositivos de inteligencia artificial a fin de asegurar la detección de potenciales problemas durante el uso de los mismo que no hubieran sido identificados en las evaluaciones iniciales.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha indicado la necesidad de desarrollar una normativa internacional que respalde el monitoreo y la transparencia del uso de la inteligencia artificial en la medicina. (WHO, 2021)

Ha establecido 6 principios para garantizar que la Inteligencia artificial se utilice en el ámbito de la salud de manera correcta:

- 1- Preservar la autonomía del ser humano: los seres humanos son quienes deben gobernar los sistemas de atención de salud y las decisiones médicas. Se debe preservar la privacidad y la confidencialidad. Los pacientes deben dar su consentimiento informado y valido por medio de los marcos jurídicos locales adecuados para asegurar la protección de datos.
- 2- Promover el bienestar y la seguridad de las personas y el interés público: las tecnologías de inteligencia artificial deben contar con medidas de control de la calidad de la práctica y de mejora de la utilización de la inteligencia artificial. Se debe asegurar el cumplimiento de los requisitos normativos de seguridad, precisión y eficacia para su uso definido.
- 3- Garantizar la transparencia, la claridad y la inteligibilidad: esto implica la publicación de toda la información relacionada a la tecnología de inteligencia artificial. Esta información debe ser de fácil acceso para asegurar la consulta sobre la concepción de la tecnología y sobre el uso que se espera de ella.



- 4- Promover la responsabilidad y la rendición de cuentas: se deben proveer mecanismos de control para que las personas perjudicadas por las decisiones de los algoritmos puedan cuestionarlas y obtener reparación.
- 5- Garantizar la inclusividad y la equidad: se debe promover el uso y acceso equitativo en la mayor medida de lo posible de todos los subgrupos poblacionales amparados por los códigos de derechos humanos.
- 6- Promover una inteligencia artificial con la capacidad de respuesta sostenible: los diseñadores, desarrolladores y usuarios deberían evaluar de forma continua y transparente las aplicaciones de la IA en situación real a fin de determinar si esta responde de manera adecuada y apropiada a las expectativas y las necesidades. Los sistemas de IA deberían reducir al mínimo sus efectos medioambientales y maximizar su eficiencia energética. Los gobiernos y las empresas deberían anticipar las perturbaciones ocasionadas en el lugar de trabajo, y las posibles pérdidas de empleos debidas a la utilización de sistemas automatizados.

La inteligencia artificial también puede perpetuar **sesgos** en los datos de **entrenamiento**. Si los algoritmos se entrenan con datos exclusivos de poblaciones occidentales estos pudiesen no ser extrapolable a otros grupos étnicos.

Un estudio reveló que un algoritmo utilizado para priorizar el acceso a cuidados médicos generaba una discriminación en la asignación de recursos médicos a la población afroamericana estadounidense. Los pacientes de población negra asignados a similar nivel de riesgo por el algoritmo se encontraban más enfermos que la población blanca. El sesgo se originaba porque el algoritmo utilizaba los costos de salud como indicador de las necesidades de salud. Debido a que se destina menor inversión en pacientes negros con igual nivel de necesidad de salud, el algoritmo concluye falsamente que los pacientes de población negra son más sanos que los pacientes blancos igualmente enfermos. (Obermeyer, 2019)



El **riesgo de deshumanización** de la medicina debido a la menor interacción médico-paciente puede afectar la empatía e impactar negativamente en la confianza entre ambos. También la rigidez de los algoritmos puedan no ser la respuesta ideal en casos complejos o emocionales, como puede ser manejo de consultas de cuidados paliativos de pacientes oncológicos.

Un aspecto que no debiéramos pasar por alto es el relacionado a la **ética**. Es importante que todos estos avances tecnológicos no cuenten con sesgos, que exacerben desequilibrios relacionados a etnia, género, discapacidad, clase socioeconómica, religión u orientación sexual. Si la inteligencia artificial es utilizada sin contar como una robusta validación consideraciones éticas también surgen, ya que pudiera llevar a la toma de decisiones medicas erradas. (Sinai, 2023).

En esta línea el hospital Cedars Sinai ha creado un Comité de Inteligencia Artificial donde los representantes de asociaciones de pacientes, equipo de investigación, médicos asistenciales y equipo de tecnología; revisan, guían y coordinan la implementación de la estrategia de inteligencia artificial en el hospital. Jason Moore, uno de los miembros fundadores del comité, considera que es crítico que se asegure un uso seguro, efectivo, transparente & libre de sesgos de la inteligencia artificial en la aplicación a la práctica clínica. (Sinai, 2023).

La Organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial han enfatizado en la necesidad de recopilar datos globales y representativos en los estudios que evalúan la inteligencia artificial para garantizar que esta información sea extrapolable a diversas poblaciones.

“El principio de explicabilidad, según Luciano Floridi, es uno de los principios bioéticos fundamentales que se refieren a la necesidad de asegurar la transparencia y la responsabilidad en las decisiones tomadas por las Tecnologías de la Información y la Comunicación que afectan a las personas” (Grifols, 2023)

Criterios para asegurar la explicabilidad de la inteligencia artificial (Grifols, 2023):



- 1- **Transparencia:** se debe asegurar un funcionamiento transparente de la inteligencia artificial, de modo que se entiendan el modo que se toman las decisiones mediante esta tecnología.  
Esto incluye la capacidad de mostrar los datos usados para el entrenamiento del modelo, los algoritmos y las reglas usadas para la toma de decisiones.
- 2- **Interpretabilidad:** debe ser posible comprender que se está realizando mediante la inteligencia artificial y como se están tomando las decisiones. Esto implica interacción humana y la capacidad de proporcionar explicaciones claras y comprensibles para los usuarios.
- 3- **Consistencia:** la inteligencia artificial debe ser confiable y previsible en su funcionamiento; lo que implica la capacidad de brindar respuestas coherentes ante escenarios similares
- 4- **Robustez:** la inteligencia artificial debe poder manejar escenarios inesperados o no programados sin incurrir en errores.
- 5- **Accesibilidad:** debe ser posible su utilización independiente del grado de conocimiento tecnológico de los usuarios. Para ello se debe asegurar una interfaz de usuario simple, clara e intuitiva.

El High Level Expert Group in AI es un grupo de expertos formado por la Comisión Europea que trabaja en sentar las bases de los principios éticos de la inteligencia artificial a través del concepto de "IA confiable". Según ellos la inteligencia artificial debe ser robusta técnicamente mientras que asegura el respeto de los principios y valores éticos del entorno social de aplicación.



Ellos establecieron los criterios para considerar IA confiable:

- 1- Supervisión humana: los sistemas deben empoderar a los seres humanos, así como garantizar los mecanismos de supervisión adecuados
- 2- Robustez técnica y seguridad: los sistemas deben ser seguros, precisos y fiables y asegurar planes alternativos en caso de error para minimizar y prevenir los daños no intencionales.
- 3- Privacidad y gobernanza de los datos: deben tener en cuenta la calidad e integridad de los datos asegurando un acceso legitimado a ellos.
- 4- Transparencia: los modelos de negocio de datos y sistemas de inteligencia artificial deben ser claros.
- 5- Diversidad, no discriminación y equidad: deben evitarse los prejuicios y sesgos injustos.
- 6- Bienestar social y medioambiental: debe ser sostenible y respetuoso con el medioambiente, ya que deben poder beneficiar a los seres vivos y las generaciones futuras.
- 7- Auditabilidad: deben garantizarse mecanismos que permitan la rendición de cuentas.

La vulnerabilidad relacionada a aspectos de **ciberseguridad** también es otro potencial riesgo. Los sistemas de inteligencia artificial médicos están conectados a bases de datos con contenidos sensibles como son las historias clínicas. Por ello es clave asegurar la robustez de ellos frente a un ataque cibernético a fin de resguardar la privacidad de los pacientes y la integridad de la data allí alocada.



Un ejemplo de ello es la advertencia que en 2019 realizó la FDA en relación con los dispositivos de marcapasos y desfibriladores de MEDTRONIC ya que, al no contar los sistemas con encriptación de datos ni autenticación, eran plausibles de manipulación remota por hackers. (O'Riordan, 2019)

Otro aspecto importante que debemos considerar es la **ausencia** en la mayoría de los países de un **marco legal** que reglamente este tipo de actividades. La rápida evolución de la tecnología de inteligencia artificial ha dejado a la mayoría de los gobiernos sin marcos regulatorios adecuados.

Esta ausencia de regulación puede dar origen a situaciones de incertidumbre con relación a responsabilidad legal en el caso de errores médicos o malfuncionamiento de dispositivos, pero también deja sin un marco regulatorio adecuado que asegure la seguridad del paciente durante el desarrollo de nuevos dispositivos.

En 2020 la Comisión Europea propuso un marco de regulación de la inteligencia artificial pero aún resta un consenso internacional que regule de modo uniforme la aplicación de inteligencia artificial en los cuidados médicos.

La ley de inteligencia artificial de la Comisión Europea entro en vigor el 1 de agosto, pero recién será plenamente aplicable a partir de 2026. (Europea, 2024)

En este marco se estableció la clasificación de la inteligencia artificial en cuatro niveles de riesgo:

- 1- Inaceptable: uso de la inteligencia artificial para vigilancia masiva o para manipulación conductual. Esto estará prohibido
- 2- Alto: uso para el diagnóstico médico. Requerirán pruebas rigurosas de seguridad, transparencia y la implementación de medidas de mitigación de riesgo antes de su aplicación.
- 3- Limitado: requiere transparencia y requisitos mínimos de cumplimiento. Los usuarios deben ser conscientes cuando interactúan con los sistemas de inteligencia artificial. En esta categoría se incluyen los chatbots y el contenido digital generado mediante inteligencia artificial.



- 4- Mínimo: incluye aplicaciones como videojuegos habilitados para IA o filtros de spam. Puede ser utilizado de modo gratuito.

En Estados Unidos se ha preferido aplicar normativas sectoriales y directrices éticas, en lugar de desarrollar una ley unificada de inteligencia artificial.

La Comisión Federal de Comercio ha emitido recomendaciones para el desarrollo y utilización de la inteligencia artificial que ponen el acento en la transparencia, la privacidad de los usuarios y la equidad. Las empresas están sujetas a sanciones si sus prácticas son injustas o engañosas. (FTC, 2024).

La FDA requiere el cumplimiento de medidas de seguridad y precisión de los dispositivos médicos de inteligencia artificial. Ha aprobado 950 dispositivos de inteligencia artificial y ha recibido solicitudes de aprobación de casi 100 drogas que utilizan inteligencia artificial en su desarrollo. (Warraich HJ, 2024)

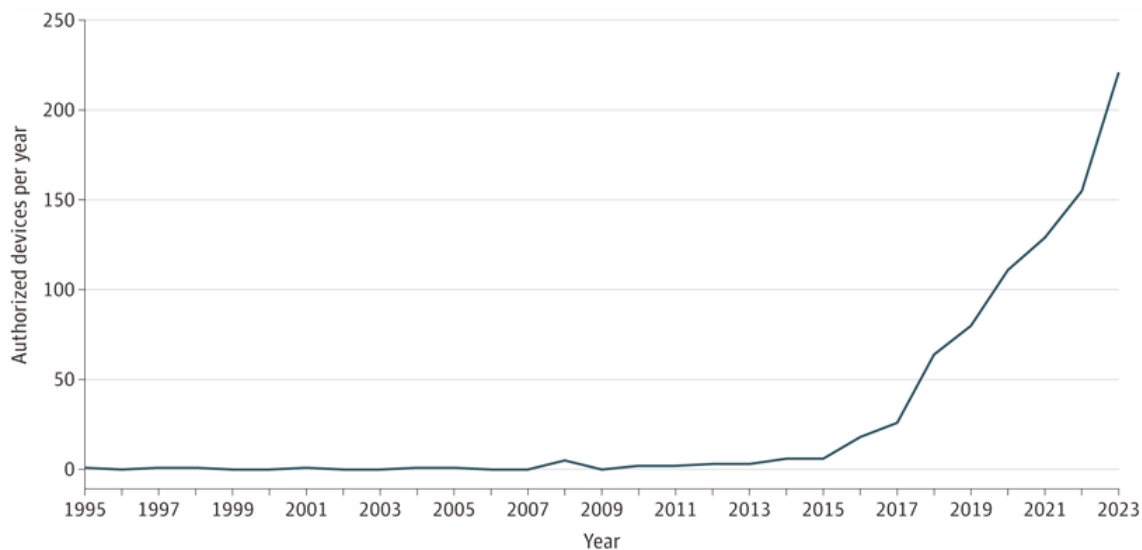


Figura N° 30- Dispositivos médicos habilitados con inteligencia artificial autorizados para su comercialización por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU., por año. Fuente: Warriach HJ, 2024.

La FDA ha propuesto las bases para un plan de trabajo para dispositivos médicos, que utiliza un enfoque del ciclo de vida total del producto contemplando la importancia del manejo de riesgo y la ciberseguridad durante todo el proceso. (Warraich HJ, 2024)



Figura Nº 31- Ciclo de vida total de desarrollo IA propuesto por FDA. Fuente: Adaptado de Warraich HJ, 2024.

La ley de privacidad y seguridad de información médica (HIPAA) exige que cualquier sistema de inteligencia artificial que maneje datos de salud cumpla con las normas de protección de la privacidad y seguridad de los datos, incluyendo encriptación y anonimización.

Por su parte China, introdujo regulaciones de inteligencia artificial en 2021 que hacen foco en la transparencia, la privacidad de los usuarios y el manejo ético de los datos. La ley de protección a la información personal define como las empresas deben gestionar los datos de los usuarios y establece sanciones para quienes incumplan las normativas.



Japón promueve una inteligencia artificial que se centre en el ser humano y alienta a que sus empresas apliquen esta tecnología de manera ética y segura; aunque aún sus regulaciones se encuentran en fase de implementación, por lo que son de carácter voluntaria para las empresas.



## CAPITULO 5- ¿LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PODRA SUSTITUIR AL MEDICO?

La inteligencia artificial ha avanzado a pasos agigantados en el campo de la medicina, pero su capacidad de reemplazar completamente a los médicos sigue siendo limitada. Si bien como vimos en detalle en los capítulos anteriores, puede realizar tareas complejas como son análisis de imágenes médicas, la predicción de diagnósticos y la personalización de tratamientos; aún existen algunos aspectos donde los médicos resultan irremplazables:

### 1- Habilidades técnicas vs habilidades blandas:

La inteligencia artificial es muy eficaz realizando actividades técnicas repetitivas, como el procesamiento de datos o el análisis de patrones específicos en imágenes. Lo cual puede ser muy útil al momento de identificar ciertas patologías con precisión.

Sin embargo, los médicos al momento de interactuar con el paciente suman a estas habilidades técnicas, otras como la empatía, la comunicación precisa, el juicio clínico y la capacidad de adaptarse a las circunstancias propias de cada paciente. (Javeriana, 2023) Estas habilidades blandas son esenciales al momento de entablar la relación médico-paciente, ya que puede favorecer el intercambio entre ambos, y más aún se vuelven críticas en entornos complejos como son la comunicación de diagnósticos complejos o acciones relacionadas al cuidado paliativo.

Este tipo de habilidades humanas blandas no puede ser replicada por la inteligencia artificial

### 2- Adaptabilidad ante nuevos escenarios

Si bien los algoritmos de aprendizaje automático pueden adaptarse y evolucionar, esto siempre está limitado a los patrones ya existentes dentro de su programación y a los datos de entrenamiento. Esta tecnología carece de creatividad propia, lo que la hace ser inflexible. Frente a una



situación no contemplada en su programación y entrenamiento, su respuesta es incierta, lo que incrementa los riesgos de errores significativos.

Los médicos, por el contrario, pueden reaccionar ante lo inesperado con soluciones innovadoras, aplicando su conocimiento para abordar desafíos imprevistos. Esto se debe a que durante la práctica médica se basa en los conocimientos incorporados durante la carrera, la continua actualización científica, pero también la experiencia previa con otros pacientes y/o enfermedades, pudiendo crear soluciones en situaciones donde existe carencia de conocimiento previo. (ITISB, 2024)

Carla Taramasco, directora del Instituto de Tecnología para la Innovación en Salud y Bienestar, opina que “La inteligencia artificial no es un buen médico general ni lo reemplazará en un futuro. Mientras un profesional se fija en múltiples factores durante un examen y entrevista realizada al paciente, este instrumento solo será bueno en la medida que cuente con los datos que los desarrolladores le proporcionen.” (Bello, 2024)

### 3- Toma de decisiones complejas en el contexto clínico

La inteligencia artificial proporciona la ventaja de analizar grandes volúmenes de información en un tiempo limitado, lo que puede ser un muy útil para apoyar la toma de decisiones en contextos desafiantes.

Este tipo de tecnología puede analizar historias clínicas, datos de laboratorios, imágenes, datos genéticos; recopilar y analizar la data, generando recomendaciones siguiendo protocolos médicos preestablecidos. Lo que resultan ineficaces es en contextos ambiguos o cuando la data es escasa.

Los médicos, por el contrario, pueden hacer abordajes integrales: considerando los antecedentes del paciente, su historia clínica, aspectos emocionales y psicosociales del paciente y familiares que podrían tener impacto en la evolución del tratamiento. (Bello, 2024)



#### 4- Relación médico-paciente:

La inteligencia artificial puede ayudar en decisiones de diagnóstico y tratamiento, pero es incapaz de construir una relación individual de confianza con los pacientes, donde estos puedan manifestar sus preocupaciones e inquietudes.

A través de la empatía, la escucha activa y la comunicación sincera, los médicos pueden construir relaciones interpersonales de confianza con los pacientes. Esto es clave para la atención médica efectiva, ya que impacta positivamente en la adherencia a tratamientos y en el éxito de estos.

#### 5- Ética:

La inteligencia artificial carece de la capacidad de tomar decisiones morales, ya que no se encuentra programados para analizar el contexto ético de las decisiones clínicas. Esto puede implicar que alguna recomendación realizada por el algoritmo pueda entrar en conflicto con los valores personales y/o familiares, o las decisiones previas del paciente. (Centroamerica, 2023)

Los médicos están capacitados para reflexionar y realizar juicios éticos, teniendo en cuenta la autonomía y la beneficencia del paciente. Esto les permite en situaciones complejas contemplar tanto los deseos de los pacientes como el impacto en su salud presente y futura. (Intramed, 2024)

Esto no quita que la inteligencia artificial tenga un potencial de revolucionar la práctica médica actual, constituyéndose como un asistente del médico. Pudiendo colaborar en la facilitación de tareas asignadas, incrementar la precisión de diagnósticos por imágenes, agilizar procesos. Pero no pudiendo replicar la empatía ni la toma de decisiones personalizadas que los médicos ofrecen.

Un escenario donde la inteligencia artificial colabore como una herramienta de incremento de la eficiencia de la práctica médica sería el ideal. La inteligencia artificial podría ocuparse de las tareas analíticas, las asignaciones administrativas, las labores administrativas monótonas o tareas



complementarias diagnósticas (Guerrero, 2024). Mientras que, los médicos pueden maximizar la conexión humana con los pacientes, priorizando los espacios de interacción interpersonal, y con mayor tiempo destinado a la relación médico-paciente. (Parikh R. , 2018)

Interesantemente algunas voces empiezan a alzarse que indican que la confrontación no va a ser entre los médicos y la inteligencia artificial, sino entre médicos que incorporen inteligencia artificial a su práctica diaria versus aquellos que no lo realicen. (Digital R. S., 2024) (InfoSalus, 2023)

En esta línea Leo Celi, director del MIT Clinical Data afirma: “Las computadoras jamás reemplazarán a los médicos, pero quienes no usen las computadoras sí se van a extinguir. La batalla que veremos en el futuro será entre quienes usen la inteligencia artificial y quienes no. Y podemos de antemano decir, categóricamente, quien será el ganador” (Digital R. S., 2024)

Bern Ohnesorge, presidente de Siemens Healthineers, comparte la misma visión. Sostiene que “la inteligencia artificial ayuda a los médicos a tomar decisiones clínicas y de diagnóstico, Estas herramientas, en condiciones clínicas precisas, ayudan al profesional a marcar las áreas sospechosas para mejorar la precisión y ayudar a los flujos de trabajo y a aliviar realmente la carga del médico a la hora de decidir cuál es el diagnóstico correcto” (InfoSalus, 2023)

Bajo esta perspectiva, la inteligencia artificial como asistentes de los médicos, brindará a los pacientes autonomía y la posibilidad de atención médica oportuna en zonas de difícil acceso. Mientras que ayudará a los médicos disminuyendo la carga y el tiempo destinado a tareas administrativas y el agotamiento del profesional. También, contribuirá a disminuir los errores médicos y mejorar la precisión diagnóstica mediante la integración, el análisis y

interpretación de información. La automatización de actividades repetitivas liberará de tiempo al personal médico, lo que permitirá regresar a la atención personalizada con mayor tiempo para el acompañamiento y la comunicación con el paciente. (Lanzagorta-Ortega, 2022)

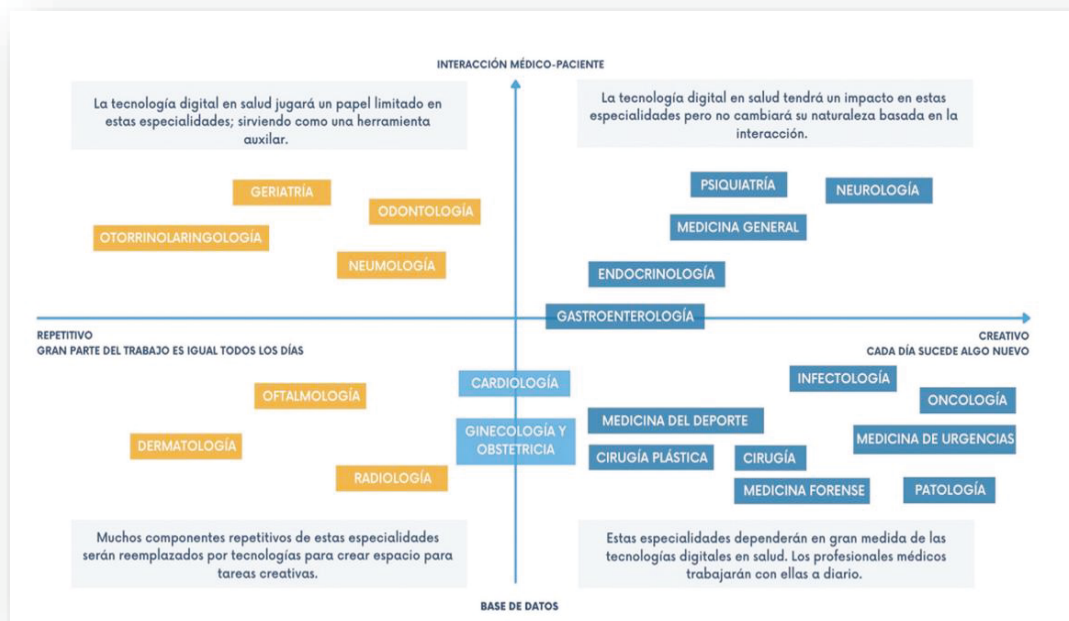


Figura Nº 32- Potencial impacto de la inteligencia artificial en las distintas especialidades médicas. Fuente: Lanzagorta-Ortega, 2022.

En esta visión de la inteligencia artificial como asistente del médico, la tecnología podría impactar positivamente reduciendo errores médicos que puedan ser previstos con anterioridad. Por ejemplo, programar un algoritmo relacionado a historia clínica que indique una alarma cuando se prescriba un antidepresivo a una paciente que se encuentre embarazada. Esta alarma indicaría que la medicación no fue estudiada en dicha población de modo que el médico pudiera reconsiderar si esa elección terapéutica es la más correcta para su paciente. (Economicimes, 2023)

Todo ello nos lleva a considerar poco realista un escenario donde la inteligencia artificial reemplace a los médicos. Sin embargo, el escenario ideal sería el médico incorpora de modo aislado la tecnología a su práctica diaria. Aunque, posiblemente el escenario más realista sería el que las instituciones de salud les brinden estas herramientas a sus profesionales como parte de las herramientas complementarias a su tarea. (Sezgin, 2023)

Esto tendría la ventaja de que se podría establecer equipos multidisciplinarios- incluyendo clínicos, investigadores, especialistas en informática, administrativos y representantes de los pacientes- que exploraran y evaluaran la costo-efectividad y el impacto de las soluciones de inteligencia artificial a incorporar en las instituciones. (Sezgin, 2023)

Se podría desarrollar protocolos de priorización de las prácticas de inteligencia artificial buscando disminuir la ineficacia de tareas administrativas repetitivas, contribuyendo a disminuir el burnout del equipo médico. (Sezgin, 2023)

También una mesa de análisis que incluya distintos participantes del entorno de salud facilitaría asegurar la aplicación ética y con equidad de estas tecnologías, asegurando el respeto de la privacidad y la seguridad. (Sezgin, 2023)

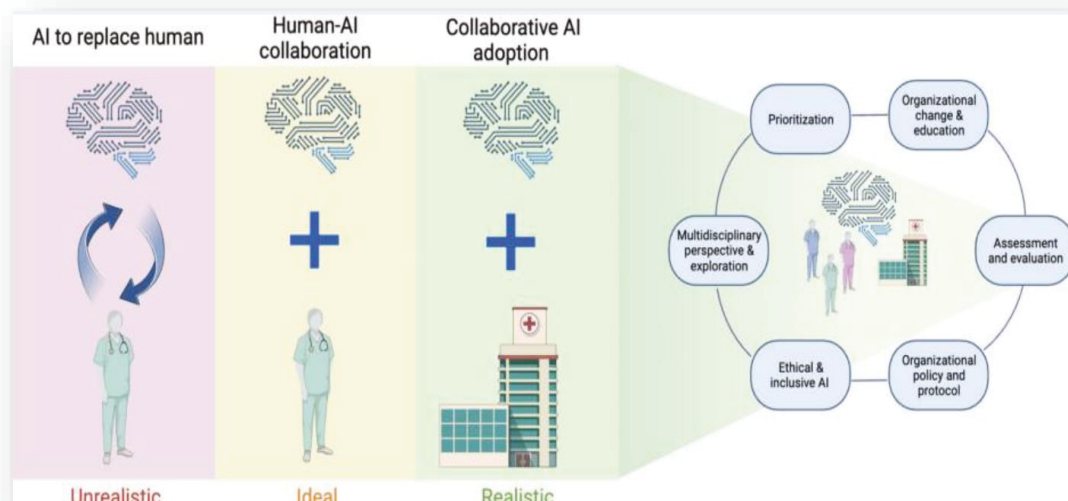


Figura N° 33- Adopción de la inteligencia artificial, modelo de suplementación vs colaboración con el médico. Fuente: Sezgin, 2023.



Es interesante la perspectiva de los pacientes cuando se los consulta sobre la posibilidad de incluir a la inteligencia artificial como una herramienta médica.

En una encuesta realizada en Estados Unidos, la mayoría de los participantes respondieron que no confían en las recomendaciones de los chatbots con relación a recomendaciones de salud. (Domanic, 2024)

Cuando se les consultó sobre el tipo de información que buscarían de manera virtual, 82% de las personas respondieron que buscaron información con relación a síntomas que presentaban y un 75% con relación a información sobre un diagnóstico que habían obtenido de un profesional médico. (Domanic, 2024)

La mayoría de las personas preferían los buscadores web-como Goggle- o los sitios de instituciones médicas de referencia como fuente de información, y sólo un 16% consideraría un chatbot, como chatGPT, para tal fin. (Domanic, 2024)

Obtener recordatorios de medicación y de agendar citas médicas eran los usos de la inteligencia artificial que consideraban más útiles, y por el contrario la discusión de temas relacionado a la salud mental era el que menor nivel de confort les generaba. La confianza, compasión y empatía en la relación con su médico al momento de discutir aspectos relacionados a la salud mental eran los aspectos que mencionaron no podían ser reemplazados por la inteligencia artificial. (Domanic, 2024)



## INVESTIGACION EMPIRICA-DOCUMENTAL

### CAPITULO 6- APLICACION DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL HOSPITAL GENERAL DE TAMPA

El Hospital General de Tampa es uno de los principales hospitales de Estados Unidos; cuenta con 1040 camas para internación y 6900 empleados. Incluye dentro de su estructura un centro regional de traumatología de nivel I, una unidad integral de atención a quemados, un centro integral de accidente cerebro nacional, la mayor unidad intensiva especializada en neurociencia de la costa oeste y uno de los principales centros de trasplante de órganos sólidos de adultos. Además, es el principal hospital académico de la Facultad de Medicina Morsani de USF Health. (TGH org, 2024). Sus ingresos anuales promedian los 1.200 millones de dólares. (Huntzingergroup, 2015)



Figura N° 34- Tampa General Hospital. Fuente: TGH org, 2024.

Esta organización asistencial sin fines de lucro ha sido ampliamente reconocida por su excelencia. Ha sido el hospital mejor rankeado en la lista de mejores hospitales realizada por US. News & World Report's en 2023-2024, consiguiendo incluir a 6 de sus especialidades dentro de los 50 mejores programas hospitalarios de Estados Unidos. (News H. U., 2024) La lista de 2022 de los mejores 100 hospitales de Fortune/Merative lo ha designado como modelo de excelencia organizacional. (Fortune, 2022) La revista Forbes los ha incluido en su ranking de 2023 de los 100 mejores lugares de trabajo para mujeres y entre los mejores lugares de trabajo del estado de Florida. La revista Newsweek la ha reconocido como uno de los mejores hospitales inteligentes, reconociendo su adopción de nuevas tecnologías en la práctica asistencial. (SouthFloridaHospitalNews, 2024)

En febrero de 2019 implementó **Control-M**, una plataforma que permite automatizar, monitorear y administrar los flujos de trabajo diarios de las distintas plataformas informáticas; generando un tablero de control en tiempo real de la operatoria diaria de toda la estructura asistencial. Control-M permite detectar posibles fallos o retrasos previo a su ocurrencia y activar estrategias automatizadas para su prevención. Esta plataforma automatizada fue clave para el personal de gestión administrativa hospitalaria, que desde su introducción disminuyó en 5 horas el tiempo necesario para procesar toda la información. (BMC, 2024)

Control-M resultó de gran valor durante la pandemia de Covid-19, permitiendo que todos los sistemas regionales remitieran información sobre los recursos disponibles en la región en tiempo real y permitir una maximización de su utilización. (BMC, 2024)

El Hospital General de Tampa era el hub que recolectaba la información de los 51 hospitales de la región de Florida y mediante el uso del tablero de control en tiempo real podían tener los datos de la demanda y de utilización de recursos, staff y camas al instante, permitiendo dar una excelente respuesta a la pandemia para la comunidad.

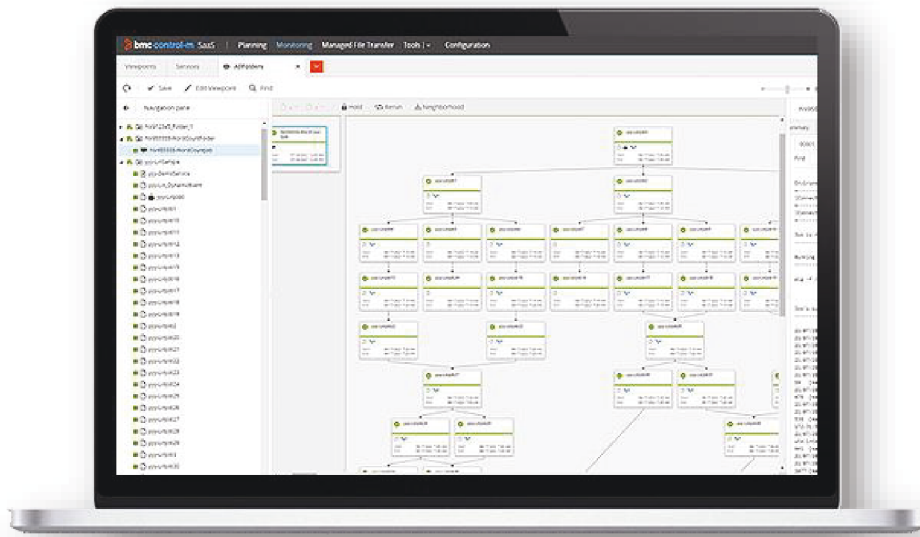


Figura N° 35- Tablero de control Control-M. Fuente: BMC,2024

En 2020, lanzaron **TGH Ventures** un fondo de capital de riesgo dedicado a impulsar la innovación en el sistema de salud académico mediante el apoyo a startups en fase inicial e inversiones directas. A través de TGH Ventures, se han asociado con Embarc Collective, el centro de innovación y educación sin fines de lucro de Tampa Bay, el cual asiste a los startups a convertirse en empresas escalables y prósperas. (TGH, 2024)

"La tecnología inteligente, desde el laboratorio hasta la clínica y la cabecera del paciente, es fundamental para nuestra misión de ser uno de los sistemas de salud más innovadores del mundo", dijo Scott Arnold, vicepresidente ejecutivo y director de innovación y digital del Hospital General de Tampa. (SouthFloridaHospitalNews, 2024)

En 2021, brindó un beneficio a la comunidad de 240.3 millones de dólares a la comunidad en forma de atención sanitaria a pacientes con seguro de salud deficiente, educación comunitaria y apoyo financiero a organización de atención comunitaria.



En 2021 iniciaron una alianza con Palantir, un proveedor líder de sistemas de inteligencia artificial en el sector de la atención médica. Gracias a ello, el Hospital General de Tampa incorpora el software **Foundry** desarrollado para mejorar la gestión de la atención sanitaria, optimizar la eficiencia operativa y mejorar los resultados de los pacientes. Esta herramienta permite integrar los datos y los análisis directamente en la toma de decisiones diaria. (Kostner, 2024)

Mediante la utilización de esta tecnología, se redujo un 28% el tiempo de permanencia de los pacientes en las unidades de cuidado posanestésico, se observó un 30% de mejoría en el ratio de rotación de personal de enfermería y un 83% menor tiempo destinado a manejar la distribución de los pacientes en las unidades de cuidado posanestésico. (Palantir, 2024) También, se observó 30% de disminución de hospitalización de los pacientes internados por sepsis. (TGH, 2024)

John Couris, Ceo y presidente del Hospital General de Tampa, considero que “menos tiempo de espera para la atención y una duración reducida de la estadía no solo mejoran la experiencia del paciente, sino que nos brindan la oportunidad de tratar a más pacientes que necesitan atención. Estas mejoras, impulsadas por datos y tecnología, contribuyen a planes de tratamiento mejores y más sólidos que, a su vez, pueden conducir a mejores resultados para los pacientes”. (Kostner, 2024)



*Figura N° 36- Tampa General Hospital Foundry Software demo- Fuente: Palantavir,2024.*

En 2022 el Hospital General de Tampa incorporó **Enroute**. Esta plataforma de inteligencia artificial permite optimizar el desplazamiento de los pacientes dentro del hospital, mejorando la eficiencia del departamento de traslado de pacientes. Esto tuvo un impacto positivo en los tiempos del proceso de admisión hospitalaria, traslado de pacientes y alta de la institución; lo que generó una mejoría en la experiencia del paciente dentro de la institución. (Press, 2022) (Digital E. , 2022)

Por medio de esta tecnología, es posible identificar la ubicación de cada uno de los miembros del staff de traslado en tiempo real, y cuál es el equipamiento de transporte que cuenta en ese momento con ellos (camillas o sillas de rueda). Posteriormente, el sistema asigna automáticamente el personal más cercano y con el equipo más adecuado a cada paciente; haciendo más eficiente el desplazamiento de pacientes con necesidades de asistencia en su movilidad dentro de la institución. (Press, 2022)

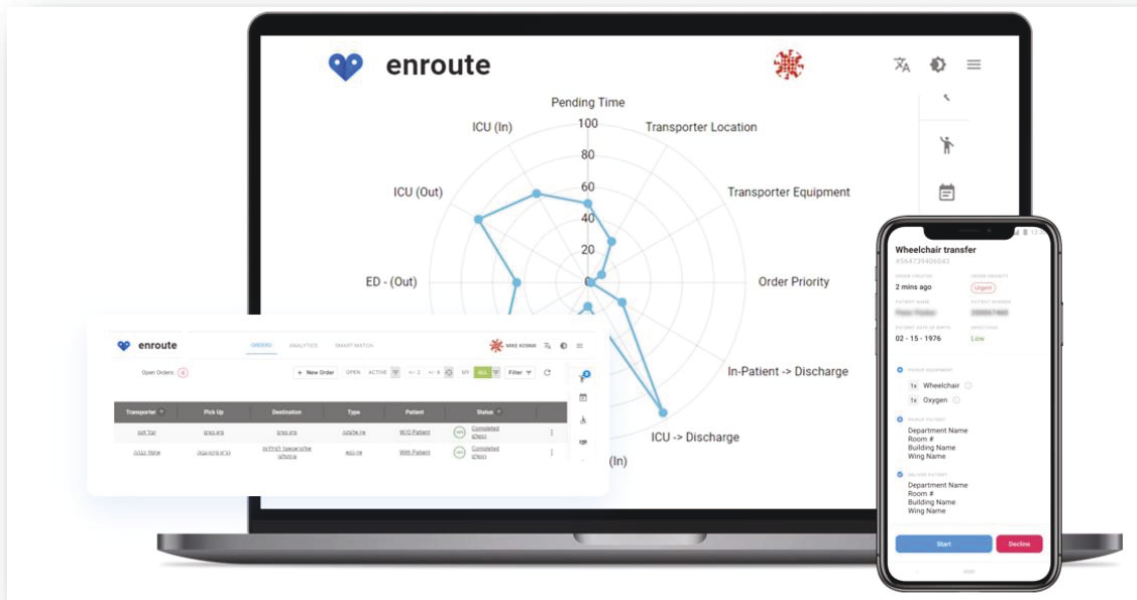


Figura N° 37- Enroute, asistente para optimizar el traslado de pacientes. Fuente: Enroute 2024

Esta alianza con Enroute es un ejemplo de los proyectos financiados mediante el programa de co-desarrollo financiado por TGH Ventures. (TGH, 2024)

La utilización de esta herramienta de inteligencia artificial ha permitido disminuir un 25% el tiempo de demora en el traslado de pacientes; 30% de disminución en la demora de inicio de cirugías; y 0.6% de disminución de la estadía hospitalaria. (Enroute, 2024) (BusinessObserverfl, 2022). "Enroute nos permite satisfacer mejor el creciente volumen de pacientes y aumentar la capacidad de servicio al mejorar nuestra capacidad de trasladar a los pacientes por el hospital" afirmó Donna Tope, directora senior del servicio de soporte del Hospital General de Tampa. (Digital E. , 2022)

En 2023 se incorporó **Navina**, una plataforma de inteligencia artificial para asistir a los médicos de atención primaria en el proceso de toma de decisiones clínicas. (IntelligenceHealthTech, 2024)

La herramienta incorpora gran cantidad de datos del paciente, incluyendo laboratorios, notas de consultas médicas previas, imágenes radiológicas; las analiza y brinda un detalle del estatus clínico del paciente en tiempo real. (Navina, 2024)

“La capacidad de ver un resumen clínico holístico de la condición actual y pasada de un paciente, así como medicamentos, pruebas, visitas al hospital o a especialistas, es un verdadero cambio de juego. La información clínica completa está disponible en una pantalla de resumen para la preparación de gráficos antes de una cita, lo que reduce el tiempo de revisión para los médicos”, dijo la Dra. Karna Patel, vicepresidenta de Tampa General Medical Group. (IntelligenceHealthTech, 2024)

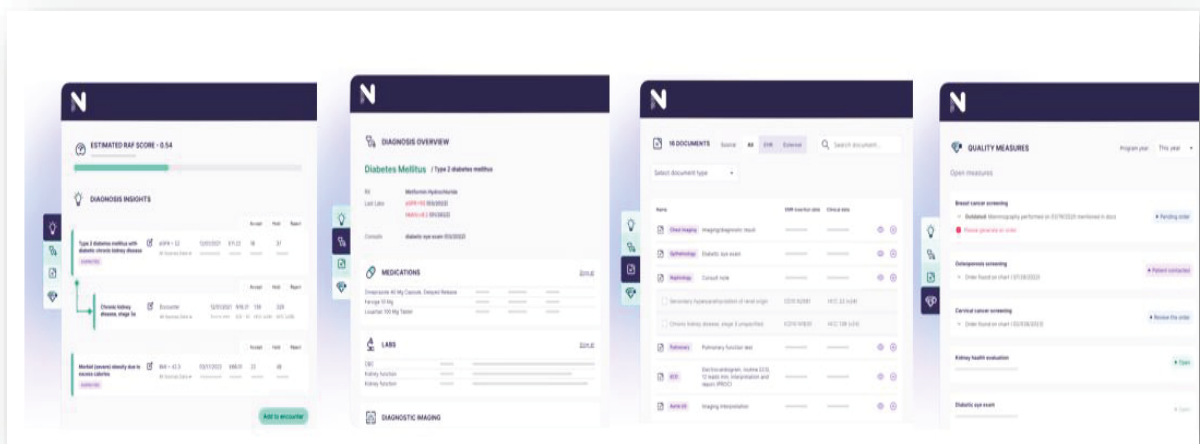


Figura Nº 38- Navina, plataforma de asistencia en el proceso de toma de decisiones clínicas. Fuente: Navina 2024

“En Navina, entendemos la importancia de contar con datos precisos y oportunos para brindar una atención superior al paciente. Nuestra innovadora tecnología de inteligencia artificial se integra perfectamente en los flujos de trabajo existentes, lo que permite a los médicos y equipos de atención cerrar brechas en la atención de manera eficiente y efectiva, optimizar procesos que antes eran



engorrosos y, lo más importante, mejorar la calidad de la atención brindada a los pacientes", mencionó Ronen Lavi, CEO and Co-Founder de Navina. (Navina, 2024)

Mediante el uso de esta plataforma se ha logrado entre 7-24% de incremento en la obtención de parámetros clínicos como son hemoglobina glicosilada en diabéticos, detección de cáncer colorrectal temprano y/o control de hipertensión arterial. Lo que demuestra una mejora en el manejo clínico de los pacientes de atención primaria. (Navina, 2024)

Este proyecto también contó con financiamiento del fondo de capital de riesgo TGH Venture. (TGH, 2024)

Otra herramienta de inteligencia artificial que el Hospital General de Tampa incorporó en 2023 fue **ThinkAndor Virtual Hospital** para monitorear a los pacientes hospitalizados.

ThinkAndor Virtual Hospital es una plataforma que incorpora data de múltiples fuentes en un registro electrónico común, de modo de tener una visión ágil de la evolución del paciente. También permite conectar a los distintos integrantes del equipo de salud y realizar interconsultas multidisciplinarias de manera virtual. Además, brinda la posibilidad de incorporar a reuniones virtuales a familiares y/o cuidadores de los pacientes. El sistema ofrece la posibilidad de contar con avisos de seguridad como son alertas de riesgo de caídas, riesgo de fuga, y/o movimientos del paciente. (Thinkandor, 2023) (AndorHealth, 2024)

El Hospital General de Tampa incorporo inicialmente esta tecnología en el entorno de las unidades de terapia intensiva, pero progresivamente lo esta expandiendo a unidades de internación médicas y quirúrgicas. (Thinkandor, 2023)

“ ThinkAndor irtual Hospital brinda a nuestros equipos de atención la capacidad de atender a los pacientes utilizando el contenido y el contexto clínico adecuados de forma remota. Esta plataforma nos permite observar continuamente a los pacientes en riesgo desde cualquier lugar y en cualquier momento, impulsando una práctica colaborativa y mejorando al mismo tiempo los resultados generales

de los pacientes”, dijo el Dr. i shit atel, profesor del Departamento de Dermatología y Cirugía Cutánea del USF Health Morsani College y director de informática médica del Tampa General Hospital. (Thinkandor, 2023)

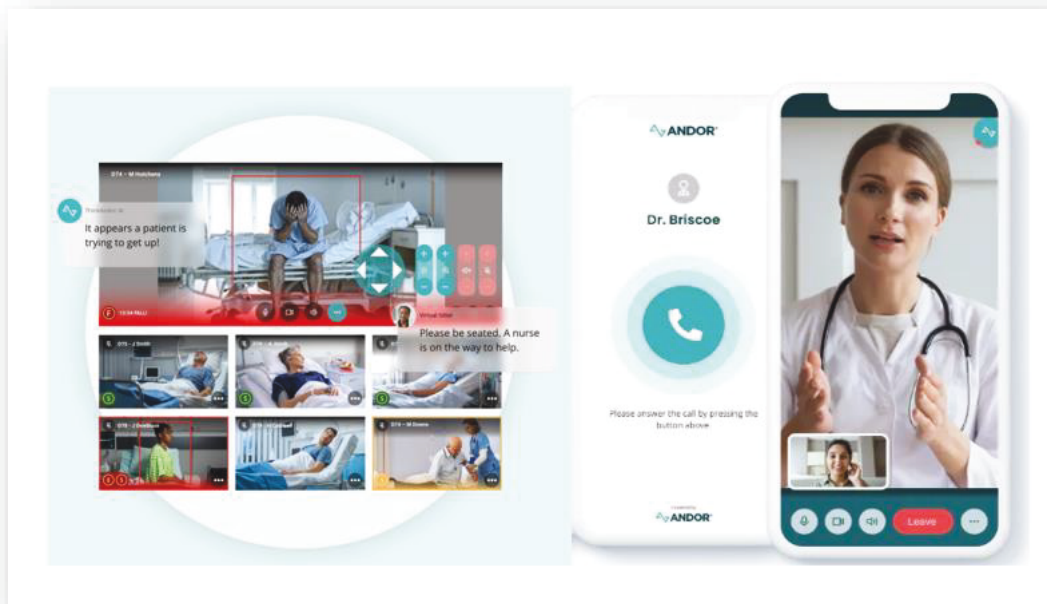


Figura Nº 39- ThinkAndor Virtual Hospital. Fuente: AndorHealth, 2024

Esta herramienta permitió reducir en un 50% la tasa de caídas de los pacientes, un 10% de reducción de las re-admisiones hospitalarias, reducción del tiempo de internación en un día y medio promedio, 15% mejoría de la tasa de retención del personal y un 70% de reducción potencial de costos de internación. (AndorHealth, 2024)

Esta plataforma contó con financiamiento del fondo de capital de riesgo TGH Venture. (TGH, 2024)

A partir de una alianza con Nuance, una compañía especializada en desarrollo de aplicaciones de escaner y voz, incorporaron **DAX Copilot**. Esta herramienta de recopilación de sonidos ambientes que permite que los médicos capturen de forma segura las visitas de sus pacientes, incluyendo detalles de síntomas, observaciones y experiencias.

Mediante esta tecnología de inteligencia artificial, se realizan resúmenes clínicos automáticos de las conversaciones de los médicos con los pacientes, lo que permite que el médico se libere de tareas de registro y siente toda su atención en la consulta al paciente. (Pennic, 2024)

Incorporar esta tecnología a la consulta médica permite reducir 5 minutos por paciente el tiempo de consulta; 70% de mejoría del balance vida-trabajo de los médicos, impactando positivamente reduciendo el burn-out y la fatiga del personal; 77% de mejoría de la calidad de los registros médicos; y 93% de los pacientes refieren satisfacción con que los médicos se muestren más atentos a ellos y con un trato más personal durante la consulta. (Nuance, 2024) (Pennic, 2024)

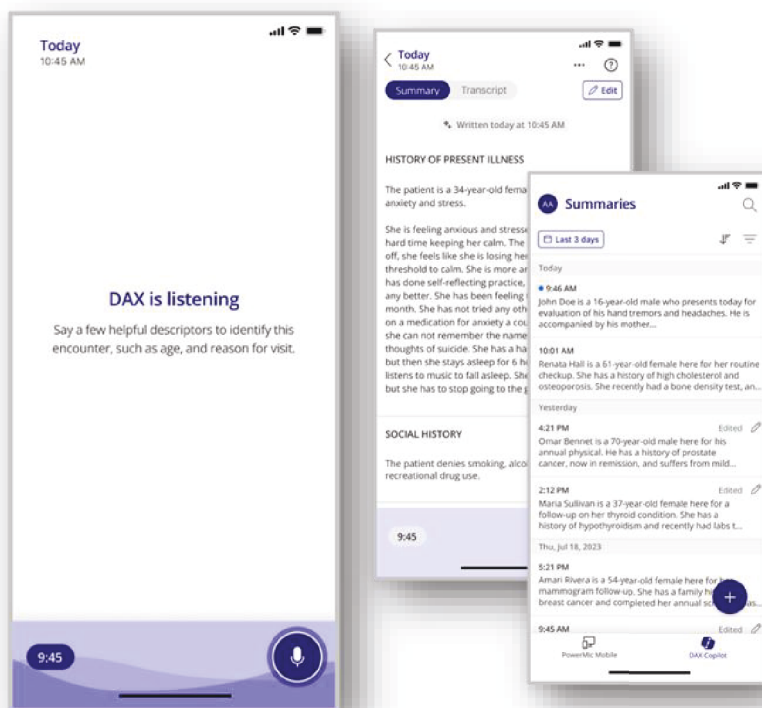


Figura N° 40- Ejemplo del uso de DAX Copilot en la consulta médica. Fuente: Tech, 2024.

En agosto de 2024 lanzaron **Apella**, una plataforma que, mediante la aplicación de inteligencia artificial, proporciona datos e información para mejorar la



seguridad, aumentar la eficiencia y elevar la experiencia del paciente en el quirófano. Apella ofrece a los equipos perioperatorios una vista de 360° de los quirófanos en tiempo real, para que puedan responder a las necesidades inmediatas, anticipar los próximos pasos y planificar las operaciones futuras. (Apella, 2024)

Mediante el uso de inteligencia artificial se obtienen predicciones sobre la duración de las operaciones, duración de la rotación y dotación del personal, y capta datos destacados a fin de identificar patrones, determinar oportunidades de mejora y respaldar los esfuerzos de aprendizaje y formación continuos. (Biopharmatrend, 2024)

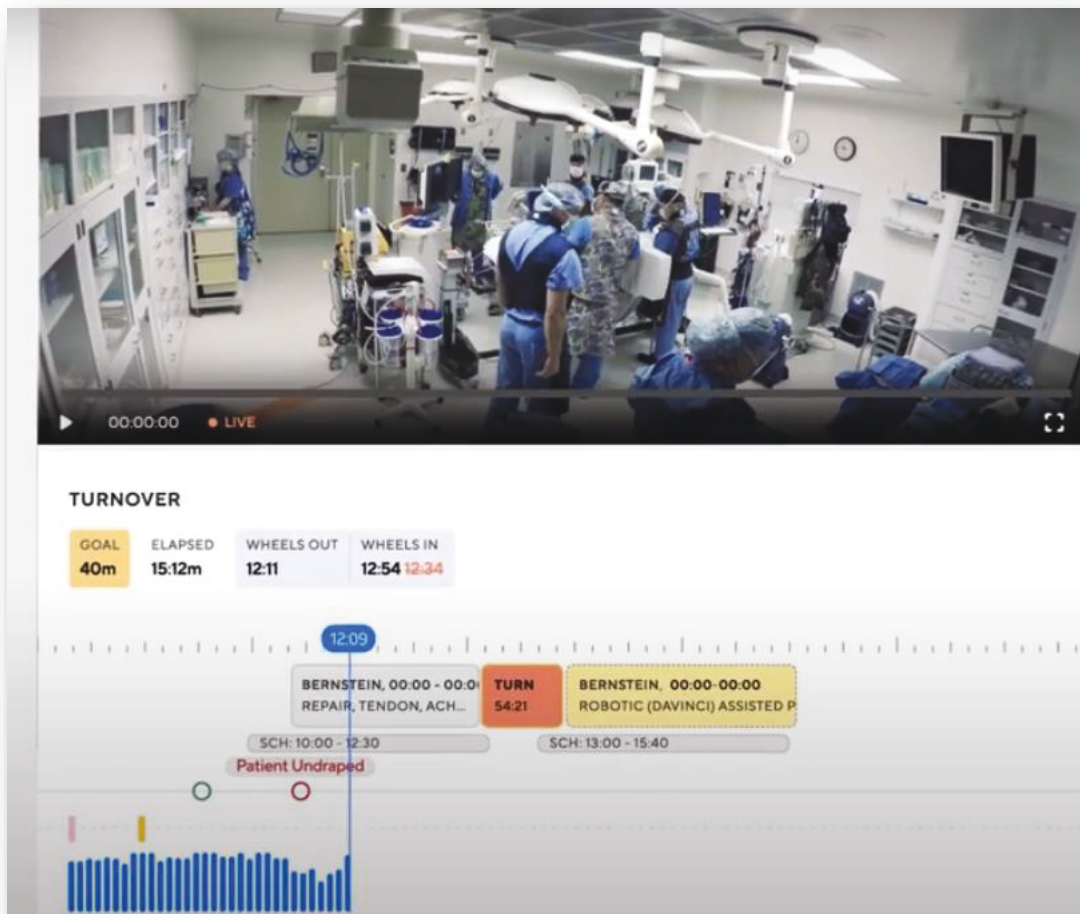


Figura N° 41-Ejemplo de utilización de la plataforma Apella. Fuente: Apella,2024.

John Couris considero que "a través de innovación y tecnología como Apella, brindamos a nuestros equipos las herramientas y la información para mejorar la calidad, fortalecer la seguridad y mejorar los resultados de los pacientes". (Biopharmatrend, 2024)

El Dr. Murray Shames, Director Médico del Hospital General de Tampa y Jefe del Departamento de Cirugía de USF Health Morsani College of Medicine, mencionó que "la capacidad de la tecnología para profundizar en la eficiencia de los procesos, predecir mejoras en el flujo de trabajo y encontrar oportunidades para mejorar la calidad en nuestros casos son sólo algunas de las formas en que podemos utilizar esta tecnología para trabajar hacia mejores resultados para los pacientes y mayores eficiencias". (Biopharmatrend, 2024)

La utilización en conjunto de estas aplicaciones de inteligencia artificial le ha reportado un ahorro de \$40 M de dólares al Hospital General de Tampa. Ha permitido mejorar la gestión de la institución reduciendo tiempos de internación y tiempos de espera en servicios de emergencia. (Roth, 2024)



Figura N° 42- Resumen de las aplicaciones de inteligencia artificial implementadas en el Hospital General de Tampa. Fuente: elaboración del autor.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La inteligencia artificial aplicada a la industria de la salud es una herramienta que puede revolucionar el sector. Permite diagnósticos más precisos, de manera más ágil, tratamientos personalizados y contribuye en la gestión eficiente de los recursos. También facilita el desarrollo de nuevos fármacos y la identificación de nuevas aplicaciones de moléculas ya conocidas.

Proporciona herramientas para que los médicos puedan analizar de manera ágil grandes volúmenes de información, mejorando la calidad de las decisiones clínicas y contribuyendo a minimizar los errores humanos.

La inteligencia artificial se vuelve una herramienta importante al momento de aplicar la medicina de precisión. Mediante un análisis detallado y holístico de todos los datos clínicos del paciente, brinda la posibilidad de generar tratamientos personalizados.

La automatización de procesos operativos genera reducción de costos y mejoría de la satisfacción de los pacientes, ya que los médicos pueden utilizar el tiempo que liberan de la carga administrativa a interacciones directas con los pacientes. También, mediante un uso más eficaz de los recursos y la gestión operativa, se contribuye a la sustentabilidad del sistema de salud.

En este aspecto es clave que las instituciones prioricen sus inversiones en tecnología de inteligencia artificial. El Hospital General de Tampa es un ejemplo de los beneficios de esta acción. Pero también no deben descuidar la capacitación de su personal a fin de maximizar los beneficios que esta tecnología puede brindar.

Esta es una tecnología en constante desarrollo, por lo que es primordial el monitoreo continuo a fin de medir los resultados clínicos, económicos y operativos de la inteligencia artificial en la práctica médica. Esto nos permitirá identificar áreas de mejora y confirmar que la tecnología continúa brindando los beneficios por lo que se la adoptó.



Si bien son muchos los aspectos positivos de la aplicación de la inteligencia artificial en la medicina, no debemos pasar por alto los desafíos éticos y de equidad. El respeto a la privacidad de los datos, los posibles sesgos de los algoritmos y la transparencia en la toma de decisiones son aspectos claves que deben tenerse presente al momento de la implementación de esta tecnología.

Es necesario que los países continúen trabajando en marcos regulatorios y legales que contemplen estas aristas, y que las sociedades científicas y académicas brinden directrices claras dentro de un marco ético de cómo deben aplicarse esta tecnología para el bien del ser humano.

Obviamente la implementación de este tipo de tecnología no está libre de costos, por lo que es importante que los gobiernos breguen por una aplicación de esta tecnología de manera uniforme a toda su población. A fin de evitar, que sus beneficios sólo sean accesibles a las instituciones de mayores recursos económicos y a los estratos más pudientes de sus sociedades.

Fomentar colaboraciones público-privadas, donde gobierno, instituciones de salud y entidad de tecnología trabajen de manera conjunta compartiendo conocimiento y tecnología, puede contribuir a asegurar la equidad en el acceso de toda la sociedad y acelerar la adopción de la inteligencia artificial en la práctica médica habitual.

Incentivos hacia la investigación que fomente soluciones innovadoras para la atención médica, que contemplen el desarrollo de algoritmos precisos, éticos y adaptables serán necesarios en los años venideros.

Un actor que no debe dejar de tenerse en cuenta en este marco es al paciente. Es importante su educación sobre los aspectos beneficiosos de la inteligencia artificial en la medicina, pero también sobre sus limitaciones; a fin de generar aceptación y confianza en estos avances tecnológicos, pero también para no generar falsas expectativas. Aquí las asociaciones de pacientes y los comunicadores social tienen un rol trascendente para acercar al público general a la inteligencia artificial.



En resumen, la inteligencia artificial aplicada a la industria de la salud tiene el potencial de generar una transformación positiva en la medida que su aplicación se realice contemplando al paciente como el elemento central del proceso. Su adopción debe asegurar el respeto de los principios éticos, la equidad para toda la población, monitoreo continuo de su aplicación y la sustentabilidad del sistema de salud.



## LISTA DE REFERENCIAS

- ABC. (2 de Enero de 2020). *ABC Salud*. Obtenido de ABC:  
[https://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-google-detecta-cancer-mama-mejor-radiologos-mas-expertos-202001021117\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fsalud%2Fenfermedades%2Fabci-google-detecta-cancer-mama-mejor-radiologos-mas-expertos-202001021117\\_](https://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-google-detecta-cancer-mama-mejor-radiologos-mas-expertos-202001021117_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fsalud%2Fenfermedades%2Fabci-google-detecta-cancer-mama-mejor-radiologos-mas-expertos-202001021117_)
- Abedi, V. (2021). Prediction of Long-Term Stroke Recurrence Using Machine Learning Models. *J. Clin. Med*, 1286-1294.
- Abeliuk, A. (2021). Historia y evolución de la inteligencia artificial. *Revista Bits de Ciencia*, 14-21.
- Ahervo H, e. a. (2023). Artificial intelligence-supported applications in head and neck cancer radiotherapy treatment planning and dose optimisation. . *Radiography (Lond)* . , 496-502.
- AndorHealth. (29 de Noviembre de 2024). *AndorHealth*. Obtenido de AndorHealth: <https://andorhealth.com/w/virtual-hospital/>
- Annarumma M, e. a. (2019). Automated Triaging of Adult Chest Radiographs with Deep Artificial Neural Networks. *Radiology*, 196-202.
- Apella. (28 de Noviembre de 2024). *Apella*. Obtenido de Apella: <https://apella.io/>
- Azam AS, e. a. (2021). Diagnostic concordance and discordance in digital pathology: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Pathol*, 448-455.
- Bajre M, e. a. (2022). LiverMultiScan as an alternative to liver biopsy to monitor autoimmune hepatitis in the National Health Service in England: an economic evaluation . *BMJ Open*, 12:e058999.
- Banck, S. V. (11 de Junio de 2024). *PR Newswire*. Obtenido de PR Newswire: <https://www.prnewswire.com/news-releases/ai-investments-dominate->



healthcare-silicon-valley-bank-releases-new-ai-patient-journey-report-302168792.html

- Baxt, W. (1995). Application of artificial neural networks to clinical medicine. *The Lancet*, 1135-1138.
- Bejnordi BE, e. a. (2017). Context-aware stacked convolutional neural networks for classification of breast carcinomas in whole-slide histopathology images. *J Med Imag*, 1-8.
- Bello, U. N. (23 de Mayo de 2024). *Noticias Univ Nacional Bello*. Obtenido de Univ. Nacional Bello: <https://noticias.unab.cl/el-mostrador-puede-la-inteligencia-artificial-reemplazar-a-los-medicos/>
- Biopharmatrend. (9 de Agosto de 2024). *Biopharmatrend*. Obtenido de Biopharmatrend: <https://www.biopharmatrend.com/post/897-tampa-general-hospital-implements-ai-powered-platform-to-improve-operating-room-efficiency/>
- BMC. (28 de Noviembre de 2024). *BMC*. Obtenido de BMC: <https://www.bmc.com/customers/tampa-general-hospital.html>
- Boden, M. (2016). *Inteligencia artificial*. Madrid: Turner libros.
- Body, N. (17 de Junio de 2024). *Natural Body*. Obtenido de Natural Body: <https://naturalantibody.com/use-case/how-ai-reduces-the-cost-and-time-of-drug-discovery-and-development/>
- BusinessObserverfl. (26 de Agosto de 2022). *BusinessObserverfl*. Obtenido de BusinessObserverfl: <https://www.businessobserverfl.com/news/2022/aug/26/hospital-adopts-technology-in-which-its-venture-capital-fund-invested/>
- Caetano Dos Santos FL, e. a. (2019). Automatic classification of IgA endomysial antibody test for celiac disease: a new method deploying machine learning. *Sci Rep*, 1-7.



- Cao, Y. e. (2020). . Using Bayesian Networks to Predict Long-Term Health-Related Quality of Life and Comorbidity after Bariatric Surgery: A Study Based on the Scandinavian Obesity Surgery Registry. *J Clin Med*, 1895-1907.
- Ceberio, P. (8 de Junio de 2023). *Clarín Zonal*. Obtenido de Clarín:  
[https://www.clarin.com/zonales/san-isidro-suma-inteligencia-artificial-primera-vez-sistema-sanitario\\_0\\_MEE3TDVXLC.html](https://www.clarin.com/zonales/san-isidro-suma-inteligencia-artificial-primera-vez-sistema-sanitario_0_MEE3TDVXLC.html)
- Centroamerica, F. (18 de Mayo de 2023). *Forbes Centroamerica*. Obtenido de Forbes Centroamerica:  
<https://forbescentroamerica.com/2023/05/18/doctorgpt-puede-la-inteligencia-artificial-reemplazar-a-los-medicos-en-el-futuro>
- Chun, M. (20 de Marzo de 2023). *Harvard Law*. Obtenido de Bill of Health:  
<https://blog.petrieflom.law.harvard.edu/2023/03/20/how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-drug-discovery/>
- Coudray, N. e. (2018). Classification and mutation prediction from non–small cell lung cancer histopathology images using deep learning. . *Nat Med*, 1559–1567.
- Curzen N, e. a. (2023). Randomized comparison of chest pain evaluation with FFRCT or standard care: Factors determining US costs. *J Cardiovasc Comput Tomogr.*, 52-59.
- CX, W. (17 de Febrero de 2023). *Wise CX*. Obtenido de Wise CX:  
<https://wisecx.com/customer-experience/que-es-el-chat-gpt-y-como-usarlo-en-cx/>
- Dale, R. &. (2016). Farmacología ed 8. En R. H. J, *Farmacología* (págs. 802-812). Barcelona: Elseiver.
- Deloitte. (10 de Noviembre de 2021). *Deloitte*. Obtenido de Deloitte:  
<https://www.deloitte.com/es/es/Industries/health-care/analysis/inversion-inversion-y-desarrollo-sector-farmaceutico.html>



- Digest, C. L. (19 de Julio de 2024). *Cath Lab Digest*. Obtenido de Cath Lab Digest:  
<https://www.hmpgloballearningnetwork.com/site/cathlab/heartflow-introduces-next-generation-interactive-plaque-analysis-platform-assess>
- Digital, E. (1 de Agosto de 2022). *Enroute digital*. Obtenido de Enroute digital:  
<https://www.enroute.digital/news/innovative-ai-platform-increases-efficiency-at-tampa-general-hospital>
- Digital, R. S. (30 de Octubre de 2024). *Revista Salud Digital*. Obtenido de Revista Salud Digital:  
<https://www.revistasaluddigital.com/es/noticia/medicos-que-no-usen-inteligencia-artificial-desapareceran-en-menos-de-diez-anos>
- DiMasi JA, e. a. (2003). The price of innovation: new estimates of drug development costs. *J Health Econ.*, 151-185.
- DiMasi, J. a. (2016). Innovation in the pharmaceutical industry: new estimates of R&D costs. *J Health Econ.*, 20-33.
- Dimitris Bertsimas, e. a. (2023). Data-Driven COVID-19 Vaccine Development for Janssen. *INFORMS Journal on Applied Analytics*, 70-84.
- Domanic, M. (30 de Octubre de 2024). *Center of Human Insight*. Obtenido de Center of Human Insight: <https://centerforhumaninsight.com/ai-to-replace-doctors/>
- Dubey A. (2023). Artificial intelligence and remote patient monitoring in US healthcare market: a literature review. . *J Mark Access Health Policy*, 2205618.
- Economictimes. (18 de Diciembre de 2023). *Economictimes*. Obtenido de Economictimes:  
<https://economictimes.indiatimes.com/magazines/panache/will-ai-substitute-doctors-in-healthcare-industry/articleshow/106091726.cms?from=mdr>



Ekins S, e. a. (2019). . Repurposing Approved Drugs as Inhibitors of Kv7.1 and Nav1.8 to Treat Pitt Hopkins Syndrome. . *Pharm Res.*, 137-146.

Enroute. (29 de Noviembre de 2024). *Enroute*. Obtenido de Enroute:  
<https://www.enroute.digital/>

Española, R. A. (22 de Enero de 2024). *Real Academia Española*. Obtenido de Diccionario de lengua española: <https://dle.rae.es/inteligencia#2DxmhCT>

Europea, C. (29 de Octubre de 2024). *Políticas*. Obtenido de Inteligencia artificial: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/regulatory-framework-ai#:~:text=La%20Ley%20de%20IA%20introduce,sea%20necesario%2C%20fomentando%20la%20confianza.>

FDA. (18 de Febrero de 2024). *Artificial Intelligence and Machine Learning (AI/ML) for Drug Development*. Obtenido de US FOOD & DRUG ADMINISTRATION: <https://www.fda.gov/science-research/science-and-research-special-topics/artificial-intelligence-and-machine-learning-aiml-drug-development>

Fonseca, M. (2014). ¿Basta la prueba de Turing para definir la "inteligencia artificial"? *Scientia et Fides*, 129–134.

Fortune. (30 de Junio de 2022). *Fortune*. Obtenido de Fortune:  
<https://fortune.com/2022/06/30/100-top-hospitals-2022-merative/>

FTC. (2024 de Octubre de 2024). *FTC*. Obtenido de artificial intelligence:  
<https://www.ftc.gov/industry/technology/artificial-intelligence>

Gleichgerrcht, E. e. (2021). Artificial intelligence for classification of temporal lobe epilepsy with ROI-level MRI data: A worldwide ENIGMA-Epilepsy study . *NeuroImage: Clinical* , 1-15.

Goldman L, e. a. (1988). A computer protocol to predict myocardial infarction in emergency de-partment patients with chest pain. *N Engl J Med* , 797-803.



Golub R, C. J. (1998). The prediction of common bile duct stones using a neural network. . . *J Am Coll Surg* , 584–90.

Google. (27 de 1 de 2024). *Google Deep Mind*. Obtenido de Google Deep Mind: <https://deepmind.google/technologies/alphago/>

Grifols, F. (20 de Abril de 2023). *Fundacion Grifols*. Obtenido de Fundacion Grifols:  
[https://www.fundaciogrifols.org/documents/4438882/5272129/Q63\\_inteligencia\\_artificial.pdf/f39d331c-1449-9ae1-5d21-a5e45fa10777?t=1681981895313](https://www.fundaciogrifols.org/documents/4438882/5272129/Q63_inteligencia_artificial.pdf/f39d331c-1449-9ae1-5d21-a5e45fa10777?t=1681981895313)

Guerrero, T. (30 de Octubre de 2024). *Lab*. Obtenido de El Mundo Es:  
<https://lab.elmundo.es/inteligencia-artificial/salud.html>

Gulshan V, e. a. (2016). Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA*, 2402–2410.

Gupta R, e. a. (2021). Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. . *Mol Divers.*, 1315-1360.

Hacker, J. (5 de Marzo de 2024). *Workforce*. Obtenido de Healthcare Lider:  
<https://healthcareleadernews.com/insight-and-analysis/virtual-wards-the-good-the-bad-and-the-costly/#:~:text=for%20hospital%20patients.-,the%20study%20has%20been%20received.>

Haenssle HA, e. a. (2018). Man against machine: diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists. *Ann Oncol*, 1836-1842.

Hay M, T. D. (2014). Clinical development success rates for investigational drugs. . *Nat Biotechnol.* , 40-51.

Health innovation network. (10 de Diciembre de 2021). *health innovation network south london*. Obtenido de health innovation network south london: <https://healthinnovationnetwork.com/wp->



content/uploads/2022/01/Croydon-VW-Evaluation-Report-to-NHSX-v10.pdf

Health, F. 3. (12 de Junio de 2024). *Folio 3 Digital Health*. Obtenido de Folio 3 Digital Health: <https://digitalhealth.folio3.com/blog/cost-of-ai-in-healthcare/#:~:text=So%2C%20let's%20look%20what's%20the,reputabl e%20AI%20development%20services%20provider.>

Heaven, W. D. (7 de abril de 2024). *MIT Technology Review*. Obtenido de Inteligencia Artificial : <https://www.technologyreview.es/s/14094/asi-es-como-la-ia-aprendio-intuir-como-se-pliegan-las-proteinas>

Hingorani, A. D. (2019). Improving the odds of drug development success through human genomics: modelling study. *Scientific Reports*, 1-25.

Hothi S, e. a. (2022). The use and efficacy of ffr-ct – a real-world multi-centre audit of clinical data and cost-analysis. *Heart* , 108:A102-A103.

Huntzingergroup. (22 de Junio de 2015). *huntzingergroup*. Obtenido de huntzingergroup: <https://huntzingergroup.com/2015/06/case-study-tampa-general-hospital/>

IBM. (27 de 1 de 2024). *IBM*. Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/history/deep-blue>

InfoSalus. (14 de Octubre de 2023). *InfoSalus*. Obtenido de InfoSalus: <https://www.infosalus.com/asistencia/noticia-inteligencia-artificial-no-podra-sustituir-medicos-20231014081447.html>

Insilico. (24 de Febrero de 2022). *Insilico Medicine*. Obtenido de Insilico Medicine: <https://insilico.com/phase1>

IntelligenceHealthTech. (29 de Noviembre de 2024). *IntelligenceHealthTech*. Obtenido de IntelligenceHealthTech: <https://www.intelligenthealth.tech/2023/09/02/tampa-general-hospital-and-navina-to-bring-its-transformative-ai-to-primary-care-physicians/>



- Intramed. (30 de Octubre de 2024). *Intramed*. Obtenido de Intramed:  
<https://www.intramed.net/content/93356>
- iRobot*. (27 de 1 de 2024). Obtenido de iRobot: <https://about.irobot.com/History>
- ITISB. (22 de Mayo de 2024). *ITISB*. Obtenido de ITISB:  
<https://itisb.cl/2024/05/22/la-ia-es-multitarea/>
- Jalilian A, e. a. (2024). Length of stay and economic sustainability of virtual ward care in a medium-sized hospital of the UK: a retrospective longitudinal study. *BMJ Open* , 14:e081378.
- Javeriana, R. (30 de Julio de 2023). *Rev. Javeriana*. Obtenido de Rev. Javeriana: [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/UMED/64-3\(2023\)/6572567006/index.html](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/UMED/64-3(2023)/6572567006/index.html)
- Jorgensen AL, e. a. (2019). Implementation of genotype-guided dosing of warfarin with point-of-care genetic testing in three UK clinics: a matched cohort study. *BMC Med*. 2019. *BMC Med.*, 3-11.
- Kardia. (14 de Febrero de 2024). *Kardia*. Obtenido de Kardia:  
<https://kardia.com/>
- Keating, S. (2013). *Renaissance robotics : novel applications of multipurpose robotic arms spanning design fabrication, utility, and art.* . Boston: MIT M.Sc.
- Kostner, M. (12 de Junio de 2024). *Health Care & Wellness*. Obtenido de Health Care & Wellness: <https://tbbwmag.com/2024/06/12/tampa-general-hospital-taps-palantir-for-care-coordination-ai-software/>
- Kröner PT, e. a. ( 2021). Artificial intelligence in gastroenterology: A state-of-the-art review. . *World J Gastroenterol*, 6794-6824.
- Lanzagorta-Ortega, D. (2022). Inteligencia artificial en medicina: presente y futuro. *Gaceta Medica Mexico*, 17-21.
- Latinoamerica, R. S. (14 de Febrero de 2024). *Revista Salud Digital Latinoamerica*. Obtenido de Revista Salud Digital Latinoamerica:



<https://www.revistasaluddigital.com/es/noticia/argentina-la-inteligencia-artificial-al-servicio-de-la-rehabilitacion>

Lobig, F. e. (2023). To pay or not to pay for artificial intelligence applications in radiology. *Npj Digit. Med.*, 6, 117.

Maipu, D. (15 de Febrero de 2024). *Diagnostico MAipu*. Obtenido de Diagnostico Maipu:

<https://www.diagnosticomaipu.com/component/k2/item/1609-la-inteligencia-artificial-lleg%C3%B3-a-diagn%C3%B3stico-maip%C3%BA.html>

*Markets & Markets*. (23 de Junio de 2024). Obtenido de Reports:

[https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/artificial-intelligence-market-74851580.html?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwo8S3BhDeARIsAFRmkOMr-pTBRNvQn3KNk9-YXilkN6H1rUs-CUZjtKhdPssVenqpgGMPH\\_UaAsu4EALw\\_wcB](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/artificial-intelligence-market-74851580.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwo8S3BhDeARIsAFRmkOMr-pTBRNvQn3KNk9-YXilkN6H1rUs-CUZjtKhdPssVenqpgGMPH_UaAsu4EALw_wcB)

Marr, B. (19 de Mayo de 2023). *Forbes*. Obtenido de Enterprise Tech:

<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/05/19/a-short-history-of-chatgpt-how-we-got-to-where-we-are-today/?sh=335a238d674f>

Martin DR, e. a. (2020). A Deep Learning Convolutional Neural Network Can Recognize Common Patterns of Injury in Gastric Pathology. *Arch Pathol Lab Med*, 370-378.

McCarthy, J., & al., e. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, 1-12.

McKinsey. (22 de Noviembre de 2023). *McKinsey*. Obtenido de McKinsey:

<https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/how-artificial-intelligence-can-power-clinical-development>

McKinsey, & C. (9 de Enero de 2024). *McKinsey*. Obtenido de McKinsey:

<https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our->



insights/generative-ai-in-the-pharmaceutical-industry-moving-from-hype-to-reality

oor, . (2 ). “ h e Dartmouth o llege Artificial Intelligence onference: h e ext Fifty Years”. *AI Magazine*, 87-91.

Mundell, I. (19 de Febrero de 2024). *Imperial Colleague London*. Obtenido de Imperial Colleague London: <https://www.imperial.ac.uk/stories/healthcare-ai/>

Naciòn, L. (17 de Mayo de 1997). *La Naciòn*. Obtenido de La Naciòn: <https://www.lanacion.com.ar/deportes/y-la-maquina-vencio-al-hombre-nid68716/>

Navina. (29 de Noviembre de 2024). *Navina*. Obtenido de Navina: <https://www.navina.ai/>

Newell, A. &. (1956). The logic theory machine-A complex information processing system. *IRE Trans. Inf. Theory*, 61-79.

Newell, A., Shaw, J., & Simon, H. (1959). Report on a general problem-solving pro-gram. . *Proceedings of the International Conference on Information Processing.* , 256-264.

News, C. (3 de Octubre de 2016). *Chess News*. Obtenido de Chess News: <https://en.chessbase.com/post/computer-beating-top-human-go-professional>

News, E. (22 de Junio de 2023). *EURO NEWS HEALTH*. Obtenido de EURO NEWS HEALTH: <https://www.euronews.com/health/2023/06/22/how-leveraging-the-power-of-ai-is-changing-the-way-moderna-vaccines-are-made-and-distribut>

News, H. U. (16 de Julio de 2024). *Health US News*. Obtenido de Health US News: <https://health.usnews.com/health-care/best-hospitals/articles/best-hospitals-honor-roll-and-overview>



- Newswire, P. (20 de Noviembre de 2020). *PR Newswire*. Obtenido de PR Newswire: <https://www.prnewswire.com/news-releases/fda-grants-emergency-use-authorisation-for-baricitinib-in-hospitalised-covid-19-patients-nine-months-after-initial-hypothesis-was-published-by-benevolentai-301178187.html>
- Nguyen, M. e. (2018). Deep Feature Learning for Sudden Cardiac Arrest Detection in Automated External Defibrillators. *Sci. Rep*, 1-12.
- NICE. (17 de Febrero de 2017). *NICE*. Obtenido de Acute coronary syndromes: <https://www.nice.org.uk/guidance/mtg32/evidence>
- Niels K. Focke, e. a. (2012). Automated MR image classification in temporal lobe epilepsy. *NeuroImage*, 356-362.
- Nikhil Sahni, e. a. (2023). *The Potential Impact Of Artificial Intelligence On Healthcare Spending*. Cambridge: National Bureau Of Economic Research.
- Novartis. (2 de Junio de 2018). *Novartis*. Obtenido de Novartis: <https://www.novartis.com/stories/drug-development-gets-big-data-analytics-boost>
- Nuance. (28 de Noviembre de 2024). *Nuance*. Obtenido de Nuance: <https://www.nuance.com/healthcare/dragon-ai-clinical-solutions/dax-copilot.html?srsIid=AfmBOoomptz4Qf2HY2V72fnQKthcklirzmf-zikQUL9AGTCWpbVqlrEu>
- Obermeyer, Z. e. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*, 447-453.
- Olascoaga-Del Angel, K. e. (2023). Uso de la inteligencia artificial en la investigación para el reposicionamiento de fármacos. . *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 450-458.
- OMS. (19 de Octubre de 2023). *OMS*. Obtenido de OMS: <https://www.who.int/news/item/19-10-2023-who-outlines-considerations-for-regulation-of-artificial-intelligence-for-health>



- OpenAI. (30 de Noviembre de 2022). *OpenAI*. Obtenido de OpenAI:  
<https://openai.com/blog/chatgpt>
- O'Riordan, M. (2022 de Marzo de 2019). *tct MD*. Obtenido de tct MD:  
<https://www.tctmd.com/news/fda-warns-cybersecurity-vulnerabilities-some-medtronic-implanted-devices>
- Palantir. (14 de Noviembre de 2024). *Palantir*. Obtenido de Palantir:  
<https://www.palantir.com/impact/tampa-general-hospital/>
- Parikh, R. (19 de Noviembre de 2018). *TechnologyReview*. Obtenido de TechnologyReview: <https://www.technologyreview.es/s/10636/la-ia-no-puede-sustituir-los-medicos-pero-les-convierte-en-supermedicos>
- Parikh, R. H. (2022). Paying for artificial intelligence in medicine. . *npj Digit. Med.* , 5, 63 .
- Pedro Jiménez Martín, J. S. (2015). De ELIZA A SIRI: La Evolución. *Tecnología y Desarrollo*, 4-30.
- Pennic, F. (6 de Noviembre de 2024). *Hit Consultant*. Obtenido de Hit Consultant: <https://hitconsultant.net/2024/06/11/tampa-general-hospital-deploys-ai-tools/>
- Perspectum. (24 de Septiembre de 2024). *Perspectum*. Obtenido de Perspectum: <https://www.perspectum.com/our-products/livermultiscan>
- Picon, A., & al, e. (2019). Mixed convolutional and long short-term memory network for the detection of lethal ventricular arrhythmia. *PLoS ONE* , 1-22.
- Prasad V, M. S. (2017). Research and development spending to bring a single cancer drug to market and revenues after approval. . *JAMA Intern Med.* , 1569-1575. .
- Press, T. (1 de Agosto de 2022). *TGH Press*. Obtenido de TGH Press:  
<https://www.tgh.org/news/tgh-press-releases/2022/innovative-ai-platform-increases-efficiency-at-tampa-general-hospital>



- PubMed*. (18 de abril de 2024). Obtenido de National Library of Medicine:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=artificial%20intelligence&sort=date&timeline=expanded>
- Raja JM, e. a. (2019). Apple Watch, Wearables, and Heart Rhythm: where do we stand? . *Ann Transl Med.* , 1-6.
- Ramesh AN, e. a. (2004). Artificial intelligence in medicine. *Ann R Coll Surg Eng*, 334-8.
- Reforma. (9 de Marzo de 2016). *Reforma*. Obtenido de Reforma:  
<https://www.reforma.com/gana-ia-de-google-primera-partida-de-go/ar788365>
- Resilentedigital. (28 de Septiembre de 2024). *Resilentedigital*. Obtenido de Resilentedigital: <https://resilentedigital.com/luz-verde-a-probar-en-humanos-el-primer-medicamento-creado-con-inteligencia-artificial/>
- Richardson, P. e. (2020). Baricitinib as potential treatment for 2019-nCoV acute respiratory disease. *The Lancet*, e30 - e31.
- Romm EL, e. a. (2020). Artificial Intelligence in Drug Treatment. . *Annu Rev Pharmacol Toxicol.*, 353-369.
- Roth, M. (9 de Noviembre de 2024). *Artificial Intelligence Delivers \$40M In Real Savings To Tampa General Hospital*. Obtenido de Healthleaders:  
<https://www.healthleadersmedia.com/innovation/artificial-intelligence-delivers-40m-real-savings-tampa-general>
- Rouhiainen, L. P. (2018). *Inteligencia Artificial. 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Barcelona: Editorial Planeta.
- Sanyal, S. (9 de Junio de 2021). *Analytics Insights*. Obtenido de Analytics Insights: <https://www.analyticsinsight.net/artificial-intelligence/how-much-does-artificial-intelligence-cost-in-2021>



- Scalera, A. G. (2019). From the unimate to the Delta robot: the early decades of industrial robotics. *Explorations in the History and Heritage of Machines and Mechanisms*, 284–295.
- Sertkaya A, B. T. (2024). Costs of Drug Development and Research and Development Intensity in the US, 2000-2018. *JAMA Netw Open.* , e2415445.
- Sezgin, E. (2023). Artificial intelligence in healthcare: Complementing, not replacing, doctors and healthcare providers. *Digit Health*, 205-215.
- Shapiro, S. (1992). Artificial intelligence. En S. SC, *Encyclopedia of Artificial Intelligence* (págs. 1-15). New York City: Wiley.
- Sheikh, K. (9 de Abril de 2024). *The New York Times*. Obtenido de The New York Times: <https://www.nytimes.com/2024/04/08/well/live/ai-mammograms-breast-cancer.html>
- Shepperd S, e. a. (2022). Hospital at Home admission avoidance with comprehensive geriatric assessment to maintain living at home for people aged 65 years and over: a RCT. . *Health Soc Care Deliv Res* , 10 (2).
- Sinai, C. (25 de Octubre de 2023). *Cedars Sinai*. Obtenido de For patients: <https://www.cedars-sinai.org/newsroom/pursuing-the-ethics-of-artificial-intelligence-in-healthcare/>
- Snoswell, C. L. (2021). The clinical effectiveness of telehealth: A systematic review of meta-analyses from 2010 to 2019. . *Journal of Telemedicine and Telecare.* , 669–684.
- Sosa, G. (6 de Junio de 2023). *MDZ online*. Obtenido de Mendoza on line: <https://www.mdzol.com/sociedad/2023/6/5/de-esta-manera-la-inteligencia-artificial-cambiara-la-medicina-argentina-342251.html>
- SouthFloridaHospitalNews. (25 de Octubre de 2024). *SouthFloridaHospitalNews*. Obtenido de SouthFloridaHospitalNews:



<https://southfloridahospitalnews.com/newsweek-names-tampa-general-hospital-one-of-the-worlds-best-smart-hospitals-for-2025/>

Tech, T. V. (28 de Noviembre de 2024). *Total Voice Tech*. Obtenido de Total Voice Tech: <https://www.totalvoicetech.com/dax-copilot/>

TGH. (17 de Noviembre de 2024). *Reserach & Innovation*. Obtenido de TGH : <https://www.tgh.org/research-and-innovation>

TGH org. (17 de Noviembre de 2024). *TGH*. Obtenido de TGH: <https://www.tgh.org/>

Thinkandor, T. (12 de Septiembre de 2023). *TGH Thinkandor*. Obtenido de TGH Thinkandor: <https://www.tgh.org/news/tgh-press-releases/2023/september/tampa-general-hospital-implements-thinkandor-virtual-hospital>

Tison, G. (2018). Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch. *JAMA Cardiol*, 409–416.

U S National Library of Medicine. (8 de abril de 2024). *US National Library of Medicine*. Obtenido de Clinical Trials.gov: <https://classic.clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT05938920>

UK, G. (23 de Agosto de 2023). *NHS efficiency*. Obtenido de GOV UK: <https://www.gov.uk/government/news/250-million-to-boost-nhs-capacity-with-900-new-beds>

Wakefield, J. (7 de abril de 2024). *BBC*. Obtenido de technology : <https://www.bbc.com/news/technology-51315462>

Ward, J. (1 de Marzo de 2024). *AI & Pharma Industry*. Obtenido de AskGxP: <https://www.askgxp.com/post/7-use-cases-of-artificial-intelligence-in-the-pharmaceutical-industry>

Warraich HJ, e. a. (2024). . FDA Perspective on the Regulation of Artificial Intelligence in Health Care and Biomedicine. . *Jama*, 2024.21451.



- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man And Machine. *Communications of the ACM*, 36-45.
- WHO. (28 de Marzo de 2021). WHO. Obtenido de WHO:  
<https://www.who.int/es/news/item/28-06-2021-who-issues-first-global-report-on-ai-in-health-and-six-guiding-principles-for-its-design-and-use>
- Wouters OJ, M. M. (2020). Estimated Research and Development Investment Needed to Bring a New Medicine to Market. *JAMA.*, 844–853. .
- Wu E, e. a. (2021). How medical AI devices are evaluated: limitations and recommendations from an analysis of FDA approvals. *Nat Med*, 582-584.
- Wu, E., & al., e. (2021). How medical AI devices are evaluated: limitations and recommendations from an analysis of FDA approvals. *Nature MedICINE*, 576–584.
- Xataka. (27 de Marzo de 2017). *xataka*. Obtenido de xataka:  
<https://www.xataka.com/historia-tecnologica/asi-era-eliza-el-primer-bot-conversacional-de-la-historia>
- Ye, C. a. (2018). Prediction of incident hypertension within the next year: Prospective study using statewide electronic health records and machine learning. *J. Med. Internet Res.* 2018, 20-25.



## APENDICES

### PubMed publicaciones sobre inteligencia artificial en Revistas Medicas

Año	Cantidad Publicaciones Revistas Cientificas
2023	38154
2022	39006
2021	31424
2020	22686
2019	16419
2018	11244
2017	8240
2016	6804
2015	6774
2014	6894
2013	6811
2012	5549
2011	5281
2010	4473
2009	4641
2008	4903
2007	4466
2006	4065
2005	3639
2004	2762
2003	1802
2002	1462
2001	1343
2000	1248
1999	1060
1998	1025
1997	982
1996	862
1995	905
1994	729
1993	610
1992	438
1991	456
1990	372
1989	295
1988	219
1987	198
1986	165
1985	65



1984	30
1983	23
1982	13
1981	11
1980	12
1979	4
1978	3
1977	5
1976	7
1975	5
1974	7
1973	6
1972	5
1971	3
1970	2
1969	1
1968	5
1967	3
1966	2
1965	4
1964	5
1963	5
1962	6
1961	3
1960	1
1958	1
1956	1
1954	1
1953	1
1952	1
1951	1