
UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



Escuela de Administración

Graduate School Business (Rosario GSB)

Maestría en Administración en Salud

Propuesta de sistema de gestión analítico para la detección temprana de usuarios con alto riesgo
de reingreso al servicio de urgencias de IPSs privadas de alta complejidad en Bogotá

Proyecto Aplicado Empresarial

Autor: Sussy Susana Cuellar Fuentes

Febrero 17 de 2023

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



Escuela de Administración

Graduate School Business (Rosario GSB)

Maestría en Administración en Salud

**Propuesta de sistema de gestión analítico para la detección temprana de usuarios con alto riesgo
de reingreso al servicio de urgencias de IPSs privadas de alta complejidad en Bogotá**

Proyecto Aplicado Empresarial

Presentado por:

Sussy Susana Cuellar Fuentes

Bajo la dirección de:

Flor Nancy Diaz Piraquive

Febrero 17 de 2023

Contenido

Declaración de autonomía.....	7
Declaración de exoneración de responsabilidad	8
Abreviaturas.....	9
Resumen	10
Palabras clave:	11
Abstract	12
Keywords:	13
1. Introducción	14
2. Pregunta de investigación	19
3. Objetivos.....	19
3.1 Objetivo Principal.....	19
3.2 Objetivos Secundarios	19
4. Contexto empresarial.....	20
5. Planteamiento del problema	23
6. Justificación.....	24
7. Marco teórico	26
7.1 Generalidades de la ciencia de los datos y la inteligencia artificial	26
7.1.1 Aprendizaje supervisado SML	30
7.1.2 Aprendizaje NO supervisado.....	30
7.1.3 Fases de creación de modelos.....	32
7.2 Servicios de urgencias y la importancia de la tasa de reingresos	33
7.2.1 Servicios de Urgencias (SU) en Colombia.....	34
7.2.2 Reingresos a Urgencias (RU) como indicador de calidad de una IPS.....	40
7.2.3 Causas de reingresos a urgencias.....	42
7.3 Medicina 4 P: personalizada, predictiva, preventiva y participativa	46
7.4 Inteligencia Artificial en Salud.....	48
7.4.1 Salud Digital.....	55
7.4.2 Recomendaciones generales para implementar IA en salud	56
7.4.3 Posibles aplicaciones de la IA en urgencias	63
7.4.4 Soluciones digitales sobre la fuerza de trabajo de los profesionales de salud en los servicios de urgencias	66

7.4.5 Aspectos éticos, de la IA en salud	71
7.4.6 Regulación de la IA en salud.....	75
7.4.7 Dificultades para la implementación de la IA en salud	76
8. Recomendaciones.....	79
8.1 Registros de salud electrónicos en su totalidad	81
8.2 Evaluación de la calidad de registro de historias clínicas	82
8.3 Aumento la fuerza de trabajo con expertos en manejo de datos y tecnologías de información y capacitación del personal actual en IA.....	83
8.4 Impulsar una cultura organizacional con visión hacia la implementación de tecnologías innovadoras	84
8.5 Creación de políticas regulatorias dentro de la institución	85
8.6 Realizar estudios dentro de la institución de causas de reingresos a urgencias	85
8.7 Aplicación de data analytics y machine learning como solución a problemáticas	86
8.8 Realización de guías de manejo institucionales en implementación de herramientas IA....	86
9. Conclusiones	87
10 Referencias	89

Lista de figuras

Gráfica 1 Naturaleza jurídica IPS.....	20
Gráfica 2 La ciencia de los datos y las disciplinas que incluye.....	27
Gráfica 3 Esquemas estadísticos versus esquemas de aprendizaje automatizado	29
Gráfica 4 Diagrama de flujo aprendizaje supervisado	30
Gráfica 5 Diagrama de flujo aprendizaje no supervisado	31
Gráfica 6 Fases de creación de modelos IA	32
Gráfica 7 Proceso de ejecución de modelos.....	33
Gráfica 8 Afiliación según régimen de aseguramiento en Bogotá	36
Gráfica 9 Aumento de inversión en empresas de salud en IA.....	58
Gráfica 10 Distribución de Países con estudios acerca de implementación de IA	58
Gráfica 11 Exposición a IA según encuesta a profesionales de la salud	59
Gráfica 12 Porcentaje de horas trabajadas que podrían automatizarse para 2030.....	60
Gráfica 13 Descripción telemedicina	67
Gráfica 14 Incremento de sedes con Telemedicina	67
Gráfica 15 Recomendaciones seguimiento digital	69
Gráfica 16 Recomendaciones análisis predictivos	70

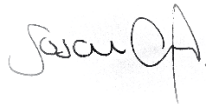
Lista de tablas

Tabla 1 Construcción de la clasificación de causas de reingreso a urgencias	43
Tabla 2 Clasificación de las causas de reingresos a urgencias.....	44
Tabla 3 Frecuencia de errores en el servicio de urgencias.....	45
Tabla 4 Tipos de error de tratamiento en urgencias	45
Tabla 5 Tipos de error del sistema sanitario	46
Tabla 6 Medicina 4P.....	47
Tabla 7 Fases de escalonamiento para aplicar IA en salud	51
Tabla 8 5 razones por las que el medico no será reemplazado por IA.....	61
Tabla 9 Ventajas en uso de IA en urgencias	64
Tabla 10 Principios éticos IA en salud	73
Tabla 11 Dificultades para implementar IA en salud	76

Declaración de autonomía

Declaro bajo gravedad de juramento, que he escrito la presente tesis de maestría por mi propia cuenta, y que, por lo tanto, su contenido es original. Declaro que he indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información, y que esta tesis de maestría no ha sido entregada a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación”.

Firma:

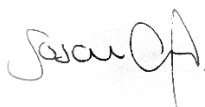
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Susana Cuellar Fuentes', written over a light blue rectangular stamp.

Sussy Susana Cuellar Fuentes

Firmado en Bogotá D.C. 17 de febrero de 2023

Declaración de exoneración de responsabilidad

“Declaro que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de su autor. La Universidad del Rosario no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él”.



Firma:

Sussy Susana Cuellar Fuentes

Firmado en Bogotá D.C. 17 de febrero de 2023

Abreviaturas

CD: Ciencia de los datos

BD: big data

IA: Inteligencia artificial

HCE: historia clínica electrónica

ML: machine learning

RNA: redes neuronales artificiales

DL: Deep learning

RPA: automatización de procesos robóticos

TI: tecnologías de la información

MD: medicina digital

IPS: Institución prestadora de salud

SUH servicio urgencias hospitalarias

RU: reingresos a urgencias

EAT: eventos adversos trazadores

SOGCS: Sistema obligatorio de garantía de calidad en salud

Resumen

Data analytics y machine learning son una tendencia mundial que ha tenido un crecimiento en la industria de la atención en salud, debido a la aparición de dispositivos que son capaces de utilizar datos para evaluar la salud de un paciente en tiempo real, liderando la transformación digital en el sector y a su vez ofreciendo una oportunidad extraordinaria para extraer, analizar y procesar grandes cantidades de datos generados en la atención, y de esta forma, orientar al personal de salud identificando tendencias o alertas que arrojen diagnósticos y guíen tratamientos más rápidos y efectivos. Generando un impacto en mejorar los resultados en la atención hospitalaria, así como en la reducción de costos inherentes a dichas atenciones, y la producción de información médica de valor.

Los reingresos hospitalarios son un problema frecuente y costoso para el sistema que ha sido ampliamente estudiado a nivel mundial, y aunque no todos los reingresos son evitables, los que sí lo son están relacionados con un cuidado subóptimo y con una mala gestión del proceso de egreso de la institución. La reducción en la tasa de reingresos supone una mejora importante de la calidad del servicio (indicador de calidad) y además representa un ahorro para los sistemas de salud. Es por esto que con este proyecto de investigación, basado en la literatura mundial, se busca proponer a las organizaciones de salud privadas, recomendaciones acerca de la implementación de soluciones modernas e innovadoras de inteligencia artificial para la optimización de recursos de

los servicios de urgencias, planteando beneficios como lo son: con mejora el tiempo de recolección de datos facilitando su análisis y dándole valor a los mismos.

Dando como resultado un flujo de trabajo que termina siendo costo-efectivo en cuanto a la funcionalidad de las personas en el tiempo y la optimización de servicios que impacta directamente en la reducción de reingresos hospitalarios prevenibles. Tomándolo como una oportunidad para la transformación de la gestión en salud, El futuro de la medicina se basa en datos y análisis.

Palabras clave:

Medicina digital, inteligencia artificial, ciencia de los datos, machine learning, sistema de salud , servicio de urgencias, reingresos a urgencias.

Abstract

Due to the development of devices that can use data to assess a patient's health in real time, which is driving the digital transformation, data analytics and machine learning have become a global trend in the health care sector. Health care providers can be guided by trends or alerts that help diagnose patients and direct quicker and more effective treatments by using the enormous amounts of data generated in care that can be extracted, analyzed, and processed. impacting the production of useful medical data, the improvement of hospital care outcomes, the reduction of costs associated with those outcomes.

Hospital readmissions are a common and expensive issue for the system that have been the subject of extensive research throughout the world. While not all readmissions are preventable, those that are are linked to subpar care and ineffective management of the institution's discharge process. The decrease in readmission rates indicates a significant improvement in service quality (a quality indicator) and also results in cost savings for the healthcare systems. Because of this, this research project, which is based on international literature, aims to offer private health organizations advice on the application of cutting-edge artificial intelligence solutions for the optimization of resources in emergency services.

It does so by highlighting advantages like faster data collection, easier data analysis, and increased value from the data. Resulting in a workflow that is ultimately more efficient in terms of how well people work over time and how well services are optimized, both of which have a direct bearing on the decline in avoidable hospital readmissions. The future of medicine is based on data and analysis, and it is seen as a chance to transform health management.

Keywords:

Digital medicine, artificial intelligence, Data Science, machine learning, Health System, emergency department, emergency readmissions.

1. Introducción

Recientemente, la Fundación del Español Urgente (FundéuRAE), eligió a la inteligencia artificial (IA) como la palabra del año 2022, según argumentan la decisión fue tomada debido a la gran presencia en los medios de comunicación y al debate que se crea alrededor de la misma, dadas sus múltiples aplicaciones y las consecuencias que trae consigo en especial en el ámbito ético. El diccionario RAE la define como: "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, 2023).

Dado que la sociedad está en un constante proceso de transformación digital, la revolución tecnológica o la cuarta revolución industrial 4RI, expuesta en el año 2016 por Klaus Schwab fundador y presidente ejecutivo del Foro Económico Mundial, pretende modificar la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos con nuestro entorno, teniendo en cuenta que está evolucionando a una velocidad exponencial en comparación con los cambios generados por las anteriores revoluciones. Sin dejar de lado que además está presente en casi todas las industrias a nivel mundial, generando transformación de sistemas de producción y de gestión. Permitiendo así, que la IA esté a nuestro alrededor trayendo consigo numerosos avances en cuanto a dispositivos digitales, robots, sistemas interactivos, generación y transmisión de datos, por tanto, una mayor producción y uso de información (Schwab Klaus, 2016).

El sector salud no es ajeno a esta revolución, de forma progresiva se han desarrollado cambios en la práctica clínica habitual, que buscan pasar de ser una medicina reactiva (basada en

la enfermedad) a una medicina P4: **p**ersonalizada, **p**redictiva, **p**reventiva y **p**articipatoria (basada en la salud). Esto debido a los avances en las ciencias básicas, aplicación de herramientas informáticas e implementación de IA, que, aplicada al campo de la salud, facilita la toma de decisiones clínicas y terapéuticas convirtiéndose en una herramienta esencial para lograr procesar la gran cantidad de datos que se generan en la atención del paciente, mejorando su calidad de vida de forma eficiente (Sobradillo & Pozo, 2011)

La reciente situación de salud (pandemia por COVID-19) ha provocado que está transformación digital se haya aplicado de forma acelerada en la manera en que se prestan los servicios de salud, dado que obliga a los sistemas sanitarios a sobrepasar su capacidad física real. Evidenciando en las instituciones prestadoras de salud la necesidad de adoptar mecanismos de atención virtual, así como aplicar nuevos desarrollos tecnológicos para mejorar su operación interna y la eficiencia de la prestación de los servicios. Obligando al sector a adaptarse de forma acelerada, pero a su vez generando oportunidades extraordinarias en las empresas para ofrecer mejores experiencias a los usuarios y trabajadores. A pesar de que el fin de estas tecnologías es mejorar el acceso, la eficiencia, la oportunidad y calidad de los servicios y contribuir al bienestar de la población, es un reto no afectar de forma exponencial las finanzas de los sistemas de salud, dados los altos costos que se manejan.

Como resultado del dinamismo entre las nuevas tecnologías y la combinación con sistemas digitales es importante que haya una transformación en la forma de enseñanza convencional en la que se aplique el uso de herramientas digitales como la inteligencia artificial, el análisis de datos y el machine learning, con el fin de formar profesionales altamente competitivos que respondan con gran capacidad a las exigencias del futuro.

Es por esto, que este proyecto se centra en la necesidad de implementar estrategias de transformación digital, en instituciones prestadoras de servicios de salud privadas en la ciudad de Bogotá, que apoyen la optimización de los procesos de recolección y análisis de datos impactando sobre la competitividad de las organizaciones con respecto a la optimización de recursos en salud. Mediante la implementación de herramientas tecnológicas como lo son la ciencia de datos que se basa en el proceso de extracción de datos de diferentes fuentes, transformarlos y posteriormente usarlos en modelos de machine learning ML, que hacen parte de la IA con el fin de generar predicciones que proporcionen innovadoras ayudas en el trabajo del personal de salud (Bates & Saria, 2014).

En un futuro cercano, las instituciones de salud deberán apostar con más confianza a implementar tecnologías como inteligencia artificial, machine learning, robótica y analítica de datos para hacer trazabilidad en sus procesos, acelerando el desarrollo de soluciones a diversas problemáticas. Se conoce la aplicabilidad de éstas, en modelos de predicción que utilizan algoritmos de aprendizaje, así como la integración con respecto a los registros clínicos en plataformas interconectadas, y las técnicas de analítica de datos desde el procesamiento de grandes volúmenes de datos asistenciales y clínicos, haciendo que estos datos se consoliden y se transformen en información relevante e indicadores útiles para la toma de decisiones (Raghupathi, 2014).

Data analytics y machine learning son una tendencia mundial que ha tenido un crecimiento en la mayoría de las industrias aumentando la productividad, lo que a su vez genera una ventaja competitiva. Sin duda alguna, la industria de la atención en salud tiene el potencial de beneficiarse de estas tecnologías debido a la aparición de dispositivos que son capaces de utilizar datos para

evaluar la salud de un paciente en tiempo real y de la misma forma, ahora es posible orientar a los médicos para analizar datos con el fin de identificar tendencias o alertas que arrojen diagnósticos y guíen tratamientos más rápidos y efectivos optimizando recursos para tomar decisiones sobre información propia y mejorarla obteniendo grandes resultados. El análisis de datos en la atención médica impacta directamente en el aumento de la demanda de los consumidores que buscan un servicio de alta calidad, seguro y accesible. Por tanto, la interacción entre la tecnología, habilidades y estrategia hace que los proveedores de servicios de salud estén obteniendo conocimientos que impulsan una atención médica basada en valores que mejoran las decisiones clínicas, con el fin de mejorar los resultados y la experiencia de los pacientes, mientras se disminuyen costos. Mediante el análisis de datos que se obtiene a partir del aprendizaje automático y la inteligencia artificial (IA) las organizaciones que prestan servicios de salud pueden llegar a fortalecer el desempeño financiero y a optimizar la manera en que se brinda la atención médica (Raghupathi, 2014).

Debido a la alta demanda de usuarios que reciben las instituciones de salud a diario y que, por supuesto generan una gran cantidad de datos clínicos la mayoría registrados de forma electrónica, la automatización se ha convertido en una herramienta imprescindible para brindar calidad en la atención, mejoras de tiempos y disminución de costos. Estos datos y la seguridad de los registros médicos deben contar con una ley de protección y privacidad, ventaja que ofrece la automatización porque no solo los organizan, sino que también los protegen. Se pronostica que la atención en salud tenga un potencial de automatización, aproximadamente un tercio de las tareas podrían automatizarse (Ristevski, 2018).

Una tendencia en los últimos años en el ámbito tecnológico es la automatización robótica de procesos (RPA) que se entiende como una tecnología que permite configurar un software informático o robot con el fin de ejecutar de forma autónoma o semiautónoma acciones de una interacción humana con sistemas digitales de una manera más segura, rápida y sin interrupciones. RPA permite automatizar todos los procesos repetitivos y mecánicos para que el personal sanitario pueda centrarse realmente en el valor y deber ser de su trabajo (Bermúdez Irreño, 2021).

Es por esto, que el objetivo general de este proyecto consiste en revisar y analizar la bibliografía existente sobre estas tecnologías, argumentando la viabilidad de la implementación de la automatización en el sector salud con respecto a la recolección de datos usando softwares informáticos. La importancia que confiere su utilización, así como las principales barreras y facilitadores que permitan la puesta en práctica. Llevándolo al escenario del servicio de urgencias en IPS de alta complejidad en Bogotá donde el reingreso hospitalario representa un reto para los prestadores, dado a que genera altos costos al sistema y muchos de ellos pueden ser evitables con una adecuada gestión al egreso de los pacientes y un seguimiento personalizado, que dado el volumen solo puede ser manejado de forma ágil y a tiempo con la ayuda de herramientas tecnológicas que apoyen al clínico en su tarea.

El principal aporte de este proyecto al sector de la salud en Colombia es el hecho proponer recomendaciones basadas en la literatura mundial, del cómo optimizar procesos de recolección y utilización de datos en servicios de urgencias en instituciones de salud privadas de Bogotá, facilitando su análisis y aplicando herramientas innovadoras que permitan un retorno de la inversión optimizando beneficios de talento humano, que impactan sobre la disminución en la tasa

de reingresos prevenibles. Así como aprender a crear estrategias de liderazgo que causen impacto colectivo en una institución de salud, generando una cultura organizacional encaminada a capacitar y motivar a sus colaboradores en conocer la gran ayuda que brinda la tecnología y la importancia del papel de cada uno de los actores (trabajadores de la salud, ingenieros, analista de datos etc) en la aplicación de herramientas que faciliten el manejo de la información y den valor a los millones de datos que se generan en la atención clínica.

2. Pregunta de investigación

¿Cómo la automatización del proceso de recolección de datos y la aplicación de IA con modelos de predicción de riesgo de reingresos médicos en el servicio de urgencias de una institución de alto nivel de complejidad influye sobre el flujo de trabajo en cuanto a la funcionalidad del recurso humano y la optimización de servicios de salud?

3. Objetivos

3.1 Objetivo Principal

Proponer un sistema de gestión que analice el riesgo de un usuario de reingresar al servicio de urgencias de IPS privadas de alta complejidad en Bogotá según el estudio de las causas más comunes de reingreso en la institución.

3.2 Objetivos Secundarios

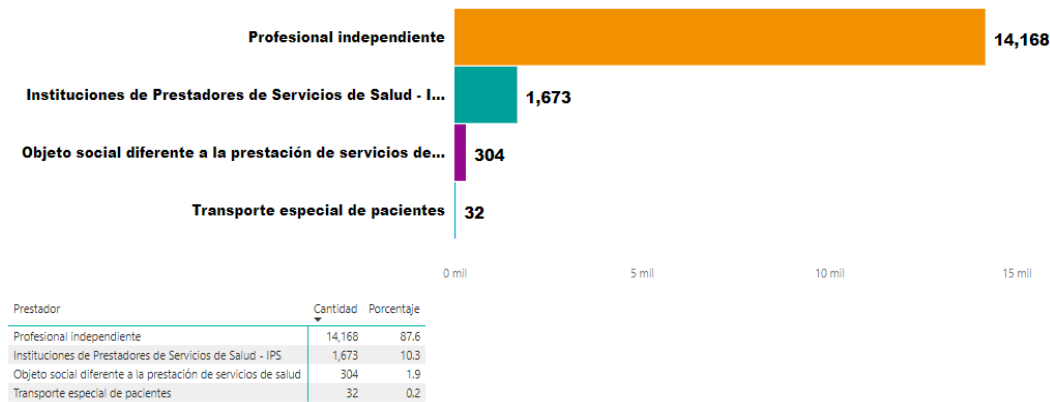
- Caracterizar la situación actual de causas de reingreso en urgencias de las IPSs privadas
- Describir el contexto actual de la medicina digital a nivel mundial

- Diseñar una lista de recomendaciones que apoyen la prevención de reingresos evitables a urgencias, a partir de un análisis soportado por tecnologías innovadoras de inteligencia artificial para determinar el sistema de gestión.

4. Contexto empresarial

En Bogotá 16.177 prestadores de servicios de salud se encuentran inscritos en el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud del Ministerio de Salud y Protección Social (REPS). El mayor número de prestadores son Profesionales independientes representando el 87,6 % del total de registrados, seguido de las Instituciones Prestadores de Servicios de Salud – IPS con un 10,3 %. De acuerdo con la naturaleza jurídica, se encontró que la gran mayoría son de naturaleza privada. (Salud data, 2023b)

Gráfica 1 Naturaleza jurídica IPS



Fuente: (Salud data, 2023b)

De estas, se encuentran 86 Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud – IPS con servicio de urgencias habilitado, 34,9 % (30) son de complejidad baja, 34,9 % (30) complejidad media y 30,2 % (26) complejidad alta. En cuanto a la naturaleza jurídica, el **60,5 %** de los servicios de urgencias es ofertado por la **red privada** y el 39,5 % por la red pública (Información con corte al enero 3 de 2023). (Salud data, 2023a)

El proyecto se propone a los servicios de urgencias de las IPSs privadas de Bogotá, de alto grado de complejidad, caracterizadas por los más altos estándares de calidad en la prestación de los servicios y la humanización de la atención, reconocidos por un uso intensivo de recursos humanos y tecnológicos de acuerdo con la realización de procedimientos complejos y uso de alta tecnología y costos. Según saludata se registran las siguientes (Salud data, 2023a):

Administradora Clínica La Colina SAS

- Clínica de Marly
- Clínica del Country IPS
- Clínica del Occidente S.A.
- Clínica Infantil Santa María del Lago
- Clínica Juan N Corpas Ltda.
- Clínica Los Nogales S.A.S.
- Clínica Nueva
- Clínica Reina Sofía
- Clínica Universitaria Colombia
- Fundación Abood Shaio
- Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología

- Fundación Santa Fe de Bogotá
- Hospital Infantil Universitario de San José
- Hospital Universitario Mayor-Medevi
- Hospital Universitario San Ignacio
- Sociedad de Cirugía de Bogotá - Hospital de San José

Cuya estrategia está dirigida a desempeñar con mayor impacto y eficiencia sus funciones básicas y lograr posicionarse como instituciones de prestación privada más importantes del sector de salud en el país. Los objetivos de estas instituciones son:

- Ser reconocidos por el mejor nivel de servicio para los pacientes y sus familias.
- Tener el NPS1 más alto del sector en Colombia.
- Contar con un modelo de generación de valor para las principales aseguradoras, que permita fidelizar y rentabilizar los pacientes.
- Ofrecer una red articulada de prestación de servicios de salud.
- Mantenerse como referente en rentabilidad en el sector.
- Ser la organización más atractiva del sector para trabajar.
- Asegurar procesos de gestión de información confiables, que mejoren la calidad de la data y la toma de decisiones.
- Generación de ventajas competitivas sustentadas en la tecnología de la información y las comunicaciones.

5. Planteamiento del problema

La medicina 4P y la pandemia por coronavirus que afectó al mundo desde 2020, ha obligado a muchas empresas a replantear sus metodologías de trabajo y a su vez a innovar e implementar nuevas tecnologías de transformación digital como lo son BD, AD, ML. El sector salud, el cual ha sido el más afectado por esa situación, sobrepasando su capacidad física y de recurso humano, ha venido aplicando estas herramientas de forma acelerada con el fin de mejorar su operación y brindar servicios más eficientes a sus usuarios. Uno de los servicios que ha presentado mayor demanda por parte de los usuarios es el de Urgencias, generando grandes volúmenes de datos asistenciales y médicos con información muy valiosa pero que para la capacidad humana son muy difíciles de recolectar y agrupar en cortos periodos de tiempo, perdiendo la capacidad de ser consolidados con el fin de ser analizados y transformados en información relevante que arroje indicadores útiles en la toma de decisiones en dichos servicios.

Uno de los indicadores de la calidad asistencial más importantes en el servicio de urgencias es la tasa de reingresos hospitalarios que tiene por objetivo reconocer las causas y la proporción, relacionados con problemas de prestación del servicio en la urgencia previa. De aquí surge la importancia del desarrollo de soluciones innovadoras como un recurso estratégico orientado hacia el mejoramiento continuo en la gestión de prestación de servicios de salud, bajo una previa evaluación de las dificultades que puedan presentarse al momento de implementar la IA en los servicios en nuestras organizaciones dada la falta de estudios de investigación que existen en Colombia para la implementación de este tipo de tecnologías en salud.

6. Justificación

Estamos viviendo la cuarta revolución industrial que anuncia cambios establecidos en la forma de entender el mundo laboral. Múltiples estudios revelan que aproximadamente la mitad de las actividades laborales a nivel mundial podrían ser automatizables mediante la adaptación de las tecnologías actualmente demostradas. Automatizar las operaciones de productividad de las empresas es el futuro de las compañías que apuesten por optimizar sus procesos mediante de la tecnología para aumentar sus beneficios, eliminando errores por cansancio o estrés, minimizando la repetición de tareas, permitiendo que los trabajadores se enfoquen en dar un valor agregado a su verdadera labor.

Es por esto que el sector salud no se puede quedar atrás en la implementación de estas tecnologías con el fin de liderar el cambio hacia la innovación digital. Las organizaciones tienen la oportunidad de transformarse en empresas posicionadas, siendo mucho más ágiles y productivas en agregar la tecnología, apoyando la adquisición de tecnología, modelos de Software, espacios dinámicos de trabajo, talento humano bajo demanda, contratando a las personas con las habilidades y herramientas que se necesitan para ascender las organizaciones.

Dado que el análisis de datos es usado por las organizaciones como una ventaja competitiva con el fin de optimizar operaciones, aplicando la tecnología como una herramienta estratégica para impactar en la entrega de un mejor servicio y así fidelizar usuario. Este proyecto se realiza principalmente con el fin mostrar el alcance que tiene la implementación del DA Y ML en la automatización de procesos de recolección de datos y la generación de modelos de predicción en el servicio de urgencias en instituciones de cuarto nivel de complejidad del sector privado

permitiendo conocer las oportunidades y dificultades que tiene esta herramienta para generar procesos de toma de decisiones.

Como hipótesis se plantea que la implementación de DA y ML mediante la programación de un software que crea algoritmos generando automatización del proceso de recolección de datos de reingresos hospitalarios para la creación de modelos predictivos de riesgos puede lograr optimizar el tiempo utilizado en la recolección manual, permitiendo que los colaboradores del área realicen otras actividades encaminadas a mejorar la calidad de la atención. Lo cual impactara como una efectiva gestión de información relacionada con el proceso antes mencionado, incidiendo en la optimización de recursos financieros y promoviendo la toma de decisiones soportada por información oportuna.

Desde hace un tiempo nuestra sociedad ha tenido la tendencia a desarrollar una preocupación continua por el estado de salud, la vida sana y los cuidados personales, que han generado un cambio en la visión de la enfermedad, a su vez esto hace que se presenten altas expectativas en cuanto a la atención y la calidad de la misma en las IPS, luego se convierte en una mínima aceptación ante la demora asistencial o los eventos adversos, lo que deja evidenciar con más facilidad deficiencias en el sistema de salud.

7. Marco teórico

Debido a la fuerza con la que las nuevas tecnologías se están integrando a la vida cotidiana, la automatización de procesos busca mayor eficacia y por ende reducir costos como objetivo principal, usando mecanismos que realicen procesos manuales y garanticen mayor velocidad en el tiempo de ejecución de tareas, buscando reducir los errores humanos que se pueden cometer al realizar tareas de forma manual.

La inteligencia artificial (IA) tiene un gran potencial para mejorar el desarrollo del sector salud en la población mundial impactando sobre el suministro de servicios y se ha convertido en una herramienta de transformación continua. Históricamente la industria de la salud ha generado grandes cantidades de datos debido a los registros y requisitos reglamentarios que necesitan a partir de la atención al paciente. La tendencia mundial va hacia la digitalización de estos datos con el fin de mejorar la calidad de la prestación medica reduciendo los costos.

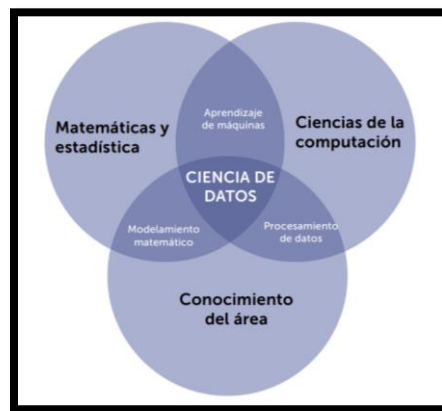
7.1 Generalidades de la ciencia de los datos y la inteligencia artificial

El cambio que ofrece la ciencia de los datos es principalmente la capacidad de procesar grandes volúmenes de datos, en donde desde estos se aplican modelos que permiten obtener nueva información de forma más precisa, lo cual minimiza sesgos minimizando sesgos y arroja mejores resultados a los de los métodos tradicionales como la estadística. Estas técnicas tienen importantes aplicaciones en medicina y en el campo de la salud.

El Data Science, o Ciencia de los Datos, surge en la década de los sesenta y setenta, como una tendencia que buscaba utilizar, mediante datos, la forma de convertirlos en información y

conocimiento. El estadístico estadounidense John W. Tukey acuñó en su artículo “The Future of Data Analysis” el término “ciencia de datos”. De forma global, este estadístico define por primera el análisis de datos basado en la evolución de la estadística matemática así: **Procedimientos** para analizar los datos. **Técnicas** que permiten interpretar los resultados de estos procedimientos. **Gestión de planificación** para recopilar los datos y hacer su análisis más sencillo, acertado o preciso (Mora, 2022).

Gráfica 2 La ciencia de los datos y las disciplinas que incluye



Fuente: (Mora, 2022)

Actualmente, la ciencia de los datos se define como: un campo multidisciplinario que integra la estadística, informática, comunicación, sociología y administración para estudiar los datos, el entorno en que se producen y generar conocimiento que ayude a la toma de decisiones. Sin embargo, para aprovechar al máximo la información contenida en grandes volúmenes de datos BIG DATA, como aquellos generados en la atención sanitaria, siendo difícil dimensionar como cientos o miles de variables se relacionan entre sí para explicar un determinado resultado. Es por esto que se hace necesario encontrar nuevas formas de aproximarnos a los datos, especialmente cuando se desea desarrollar algoritmos predictivos que apoyen la toma de decisiones tanto clínicas

como de gestión de sistemas de salud. Uno de los recursos más populares en el campo de la CIENCIA DE LOS DATOS (CD), es la rama de la INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA): el Machine Learning (ML) o aprendizaje automático (Pedrero, 2021).

La IA con su ML es capaz de procesar cantidades de datos inalcanzables para el humano. Además de perfeccionar modelos según algoritmos y análisis predictivos con el fin de trabajar en conjunto para resolver problemas y toma de decisiones. Mediante el uso de la ciencia de los datos, se pueden construir modelos complejos para lograr técnicas estadísticas y conocimientos. Mientras que con la IA se construyen modelos que emulan el conocimiento y la comprensión humana hasta cierto nivel.

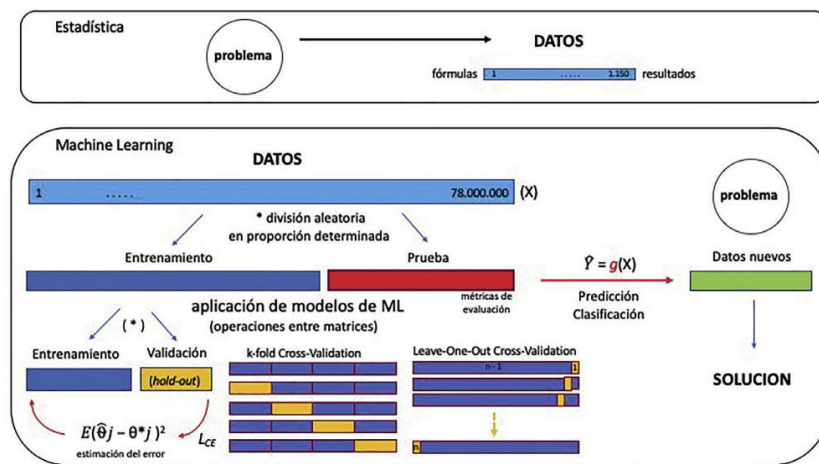
Con el aprendizaje automático, los registros de salud electrónicos son la puerta de entrada para la creación de modelos a partir de algoritmos. Estos datos no necesariamente deben ser estructurados o tabulares, pudiendo ingresar imágenes, texto libre, audio, videos, series de tiempo, etc. Los modelos resultantes pueden ser utilizados para ayudar a los profesionales de la salud a precisar diagnósticos a futuros usuarios. De esta manera, el estudio y diagnóstico de un paciente puede ser más rápido, preciso y confiable (Mora, 2022).

Según la RAE define la IA como: "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, 2023).

Otra definición moderna describe la IA como «máquinas que responden a simulaciones como los humanos, con capacidad de contemplación, juicio e intención». Estos sistemas son capaces de «tomar decisiones que normalmente requieren un nivel humano de conocimiento». Tienen tres cualidades que constituyen la esencia de la inteligencia artificial: **intencionalidad**,

inteligencia y adaptabilidad. El Machine (aprendizaje automático) y el Deep Learning (aprendizaje profundo) son las dos técnicas principales de inteligencia artificial que se utilizan en la actualidad. Entonces la IA puede definirse como una serie de algoritmos y técnicas que pretenden imitar la inteligencia humana. El ML es una categoría de IA, y el DL es una técnica de ML. (Mora, 2022).

Gráfica 3 Esquemas estadísticos versus esquemas de aprendizaje automatizado



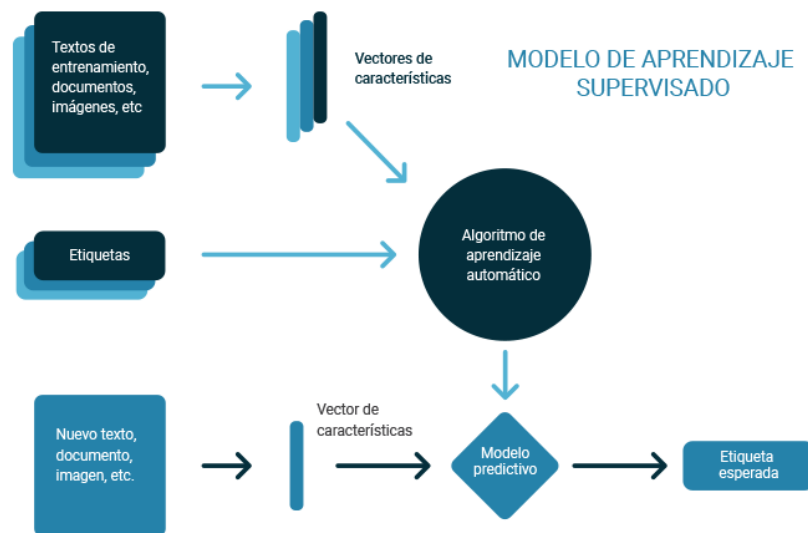
Fuente: (Mora, 2022)

De acuerdo con la gráfica anterior, el autor explica la diferencia metodológica entre estadística que busca probar hipótesis y ML construye conocimiento desde los datos y lo almacena en forma de modelo matemático o algoritmo para predecir resultados que aporten soluciones.

7.1.1 Aprendizaje supervisado

Este tipo de algoritmo genera modelos predictivos, basados en datos tanto de entrada como de salida. Supervisado hace referencia a que viene previamente etiquetado y clasificado, es decir cuenta con un conjunto de muestra que sabe a qué categoría pertenece (datos de entrenamiento). De este modo el algoritmo aprende a clasificar los datos de entrada, como lo muestra la siguiente imagen:

Gráfica 4 Diagrama de flujo aprendizaje supervisado



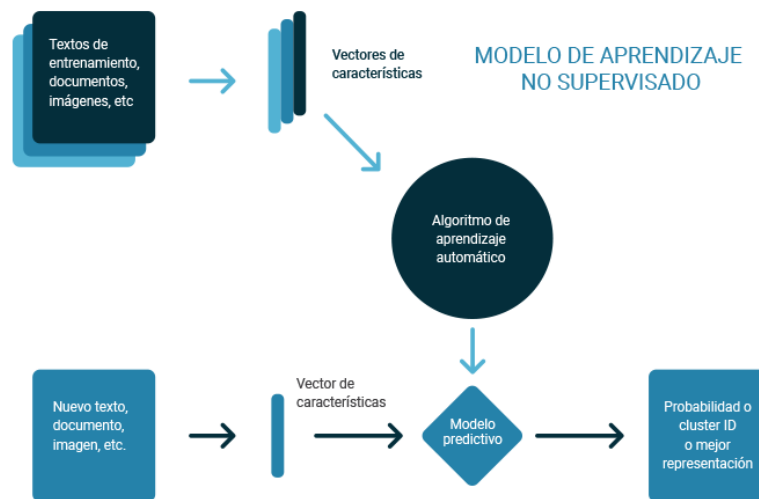
Fuente: (Luna, 2018)

7.1.2 Aprendizaje NO supervisado

Se caracterizan por su capacidad para extraer, clasificar y reducir la dimensionalidad. Este tipo de análisis es útil para la generación de nuevas hipótesis de trabajo. Algunos ejemplos de este tipo algoritmos son: Cluster Analysis (o Análisis de Conglomerados) y Análisis de Componentes Principales.

Este tipo de algoritmos ajusta su modelo predictivo tomando en cuenta los datos de entrada, sin importar los de salida. Es decir, a diferencia del supervisado, los datos de entrada no están clasificados ni etiquetados, y no son necesarias estas características para entrenar el modelo. Dentro de este tipo de algoritmos, el agrupamiento o clustering en inglés, es el más utilizado, ya que particiona los datos en grupos que posean características similares entre sí (Luna, 2018).

Gráfica 5 Diagrama de flujo aprendizaje no supervisado



Fuente: (Luna, 2018)

Algoritmos parcialmente supervisados: Los algoritmos parcialmente supervisados comparten características de aquellos supervisados y no supervisados. Una de sus ventajas es poder trabajar con datos en donde no todas las unidades cuentan con un valor en la variable resultado. Por ejemplo, un algoritmo supervisado puede ser entrenado con un subconjunto de los datos disponibles y luego aplicado para predecir los valores en la variable resultado en aquellos casos

que no contaban con este valor. Un ejemplo de aplicación de este tipo de técnicas es el diagnóstico de cáncer de mama a partir de imágenes. (Pedrero, 2021).

7.1.3 Fases de creación de modelos

Las fases de creación de los modelos en resumen son:

Gráfica 6 Fases de creación de modelos IA



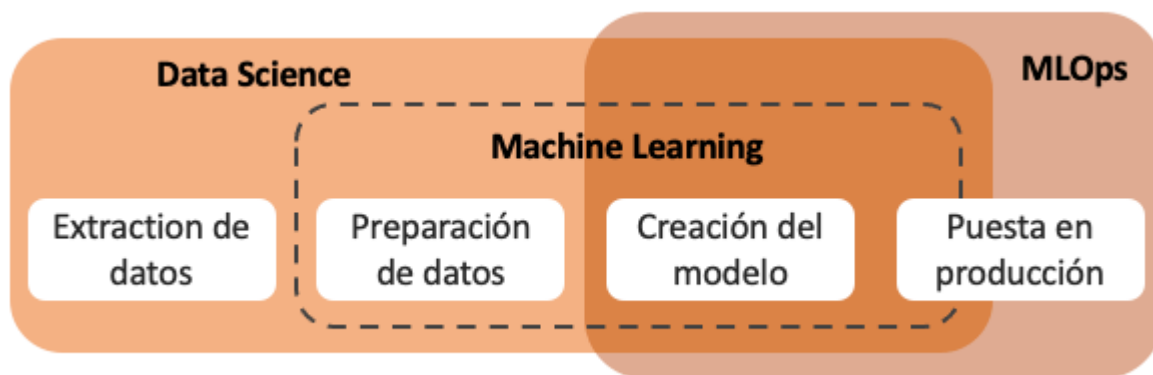
Fuente: (Datainfluencyacademy, 2022)

- Limpieza de datos: incluye como la eliminación de errores, consolidación de nombres, análisis de valores atípicos etc.
- Gestión de las variables predictoras: la selección de las variables a utilizar, transformación o el cálculo de nuevas variables
- Selección del algoritmo
- Selección de la función de coste: necesaria para definir como el algoritmo aprende de los datos.
- Entrenamiento del modelo sobre una parte de los datos.
- Evaluación del modelo sobre la restante parte de los datos (conjunto de test)
- Validación del modelo

- Implementación: puede ser desde la simple generación de un resultado puntual para tomar alguna decisión o incluir el modelo en una aplicación o sistema que permita su utilización automática.

El objetivo principal de la ciencia de datos es tomar mejores decisiones, no basta con desarrollar un buen modelo, sino que necesitamos también pasar a la acción. Estos modelos deben ser ejecutados de forma automatizada. Esto suele referirse a “MLOps” o “Machine Learning Operations” y representa tanto la creación del modelo como su puesta en producción o ejecución.

Gráfica 7 Proceso de ejecución de modelos



Fuente: (Datainfluencyacademy, 2022)

7.2 Servicios de urgencias y la importancia de la tasa de reingresos

En los servicios de urgencias hospitalarias (SUH) del país, se ha establecido como indicador de calidad de prestación de servicios, la proporción (tasa) de reingresos a urgencias (RU). Los cuales se producen cuando un paciente es dado de alta o egresa del SUH y regresa en un periodo igual o menor a 72 horas por el mismo diagnóstico. Según estudios realizados a nivel

mundial, se considera como indicador de calidad debido a que puede estar precedido por errores en el diagnóstico, en el tratamiento o en la predicción de este durante la atención previa (sin dejar de lado otras causas como como el curso de la enfermedad o el uso inadecuado de los servicios por parte de los pacientes). A continuación, se hará un abordaje ampliando el tema desde el punto de vista de varios autores y del Ministerio de Salud y Protección social colombiano acerca de la relevancia que tienen los RU en la calidad de la atención ofrecida a los usuarios de una institución de salud y como la IA puede impactar sobre la disminución de estos eventos.

7.2.1 Servicios de Urgencias (SU) en Colombia

Según el decreto 412 de 1992 una URGENCIA (UR) es la alteración de la integridad física y/o mental de una persona, causada por un trauma o por una enfermedad de cualquier etiología que genere una demanda de atención médica inmediata y efectiva tendiente a disminuir los riesgos de invalidez y muerte, a su vez un SERVICIO DE URGENCIAS (SU) es la unidad que en forma independiente o dentro de una entidad que preste servicios de salud, cuenta con los recursos adecuados tanto humanos como físicos y de dotación que permitan la atención de personas con patología de urgencia, acorde con el nivel de atención y grado de complejidad previamente definidos por el Ministerio de Salud para esa unidad. (Minsalud, 1992).

En Colombia el acceso a los servicios de salud, incluido el de urgencias, se garantiza por medio del Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS). En los SU, el triage es la metodología indicada para de clasificar y atender los usuarios, este método está basado en

identificar y priorizar las necesidades terapéuticas del paciente tomando en cuenta los recursos disponibles. (Minsalud, 2015b).

Los SU tienen un papel esencial dentro de los sistemas de salud a nivel mundial, puesto que en muchas investigaciones se concluye que hay una creciente demanda, por parte de los beneficiarios, requiriendo una atención médica eficaz e inmediata. las condiciones de oferta de los mismos, las características de quienes los demandan, y a las condiciones de organización de los sistemas de salud de los que hacen parte.

El derecho a la salud es un derecho humano fundamental en Colombia, el cual está consagrado en la Ley 1751 de 2015. En el marco legal se establece que las personas tienen derecho a recibir atención de urgencias, cuyos tiempos de atención se determinan a partir de la gravedad del suceso y el nivel de riesgo para la vida del paciente.

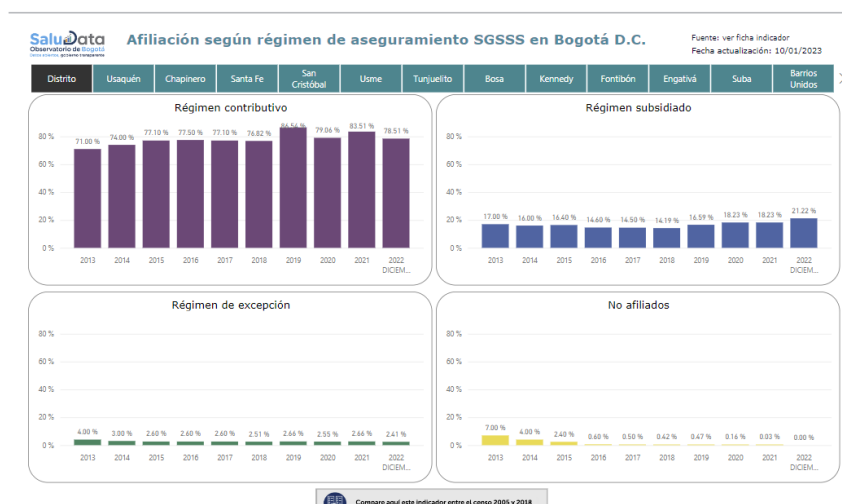
El (SGSSS) cubre la población del país mediante tres regímenes:

- Contributivo, Subsidiado y Especiales. En lo referente al contributivo, se afilian los trabajadores formalmente empleados, los pensionados y los trabajadores independientes, quienes se denominan cotizantes y los cuales tienen derecho a incluir a los miembros de su grupo familiar, a quienes se les denomina beneficiarios.
- Subsidiado se afilian los grupos familiares de personas de bajo estrato socioeconómico usualmente en el mercado laboral informal con una reducida o nula capacidad de pago.
- Regímenes especiales pertenecen las Fuerzas Militares y de Policía; los educadores públicos de nivel formación básica y media y; los trabajadores de la Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL). (Minsalud, 2014)

Los usuarios que se encuentren afiliados a los regímenes contributivo y subsidiado eligen libremente la Entidad Prestadora de Salud (EPS), la cual debe garantizar su atención mediante una red de IPS .

En Bogotá las cifras de población asegurada con corte a diciembre 30 de 2022 permiten señalar que la población se encuentra afiliada al sistema de salud, según régimen así: contributivo el que predomina con un 78,5 % de usuarios afiliados, seguido del régimen subsidiado con un 21,2 % y por último el régimen de excepción con una cobertura del 2,4%.

Gráfica 8 Afiliación según régimen de aseguramiento en Bogotá



Fuente: (Saludata, 2022)

En cuanto a la oferta de servicios de salud en Colombia para el año 2022, en Bogotá 16.177 prestadores de servicios de salud se encuentran inscritos en el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud del Ministerio de Salud y Protección Social (REPS). El mayor número de

prestadores son Profesionales independientes representando el 87,6 % del total de registrados, seguido de las Instituciones Prestadores de Servicios de Salud – IPS con un 10,3 %. De acuerdo con la naturaleza jurídica, se encontró que la gran mayoría son de naturaleza privada. (Salud data, 2023b).

Para aclarar, las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud IPS son entidades cuyo objeto social es la prestación de servicios de salud y que se encuentran habilitadas de conformidad con el SOGCS. Pueden ser privadas, públicas o mixtas según su definición:

- IPS privadas: aquellas instituciones conformadas por un patrimonio en sociedad de personas naturales o jurídicas de acuerdo con las normas de habilitación del MINSALUD que se encuentren para la prestación de servicios en salud.
- IPS públicas: empresas del estado que deben garantizar la prestación de servicios en salud a la comunidad con fines de bienestar social en la población.
- IPS mixtas: entidades con capital público y privado con fines de prestación en servicios de salud a la comunidad.

Actualmente en Bogotá se encuentran 86 Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud IPS con servicio de urgencias habilitado, 34,9 % (30) son de complejidad baja, 34,9 % (30) complejidad media y 30,2 % (26) complejidad alta. En cuanto a la naturaleza jurídica, el **60,5 %** de los servicios de urgencias es ofertado por la red **privada** y el 39,5 % por la red pública (Información con corte al enero 3 de 2023). (Salud data, 2023a).

En cuanto a la naturaleza jurídica de las IPS se emite un comunicado en el 2015 en el que se explica ampliamente el Régimen Jurídico de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud. Señalando que frente a las Instituciones Públicas Prestadoras de Servicios de Salud o Empresas Sociales del Estado, debe mencionarse que el artículo 194 de la Ley 100 de 1993, dispone que la prestación de servicios de salud en forma directa por la Nación o por las entidades territoriales, se hará principalmente a través de las Empresas Sociales del Estado, que constituyen una categoría especial de entidad pública descentralizada, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, creadas por la ley o por las asambleas o concejos. Mientras que las de naturaleza privada se rigen por el derecho privado, caso en el cual se aplicaran las normas civiles y comerciales según corresponda. (Minsalud, 2015a).

La clasificación de las IPS según su nivel de complejidad se encuentra definida en el Decreto 780 de 2016, en su capítulo 3 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Salud y Protección Social”, donde se establecen tres niveles de atención. El cual aplica solo para las instituciones de salud públicas por cuanto las instituciones privadas no entran dentro de esta obligatoriedad, aunque en la práctica tanto públicas como privadas se rigen según esta norma, definiendo la complejidad como una cualidad de los servicios de salud que depende de las condiciones de salud que se atiendan o prevén atender, la formación del talento humano en salud y las características de las tecnologías en salud que se requieran. Para efectos de la norma de habilitación los servicios se organizan de acuerdo con el grado de complejidad, y esta puede ser de baja, mediana o alta y algunos servicios no les aplica complejidad. (Ministerio de Salud y Protección social, 2016).

- Nivel I bajo: tecnología de baja complejidad, sencilla y simple de utilizar en la consulta externa, hospitalización, urgencias y los servicios de apoyo para diagnóstico y tratamiento de problemas de salud de menor severidad.
- Nivel II medio: tecnología de mediana complejidad, que requiere profesional especializado para su manejo, en la consulta externa, hospitalización, urgencias y en los servicios de diagnóstico y tratamiento de patologías de mediana severidad.
- Nivel III alto: tecnología de la más alta complejidad, atención por personal especializado y subespecializado en el área para convertirla como polo de desarrollo de regiones mayores en el país

La mayor proporción de afiliados del régimen contributivo en Bogotá además del porcentaje de IPS que cuenta con SU en la ciudad que se encuentra dentro de la naturaleza jurídica privada en relación con la pública, explicó la decisión de que la investigación se centrara en el análisis de soluciones en la gestión de servicios en el área de urgencias en IPS privadas de alta complejidad en Bogotá y su impacto en la reducción de reingresos hospitalarios evitables.

Dentro de los factores asociados a la oferta de SU se destacan: el empleo de recursos tecnológicos con altos costos, el compromiso de contar con talento humano especializado y la destinación de áreas e infraestructuras físicas, así como la localización geoespacial que facilite el acceso de los usuarios. En cuanto a las características de la demanda son relevantes los siguientes: demográficos, geográficos, ambientales, administrativos, económicos, sociales y culturales. Por último, en relación con la organización de los sistemas de salud, se resalta la forma en que el modelo de atención primaria afecta el nivel de demanda de los servicios de urgencias. Por ende, investigaciones encaminadas a ayudar a comprender estos problemas, aportan elementos que

facilitan la toma de decisiones tanto a nivel micro como macro de las organizaciones que conforman los sistemas de salud.

7.2.2 Reingresos a Urgencias (RU) como indicador de calidad de una IPS

Según la resolución número 1446 de 8 mayo de 2006 del Ministerio de Protección Social “Por la cual se dictan disposiciones en relación con el sistema de información para la calidad y se establecen los indicadores para el monitoreo de calidad en salud” orientados hacia la mejora de los resultados de la atención en salud, centrados en el usuario, se establecen los RU por la misma causa en menos de 72 horas como un indicador de calidad, siendo incluido dentro del listado de referencia de eventos adversos trazadores de la calidad de la atención en salud. Basándose en la proporción de reingresos de pacientes al servicio de urgencias en menos de 72 horas.

De acuerdo a lo establecido en la resolución, los eventos adversos son uno de los principales elementos a través de los cuales el Sistema de salud, puede verificar si los procesos o las acciones de mejoramiento efectivamente se están traduciendo en resultados en la calidad de los servicios que recibe el usuario. “Entendemos como eventos adversos a las lesiones o complicaciones involuntarias que ocurren durante la atención en salud, los cuales son más atribuibles a esta que a la enfermedad subyacente y que pueden conducir a la muerte, la incapacidad o al deterioro en el estado de salud del paciente, a la demora del alta, a la prolongación del tiempo de estancia hospitalizado y al incremento de los costos de no-calidad”. Ministerio de Salud y protección (Minsalud, 2016).

A continuación, se muestra la forma en que se mide el indicador en Colombia:

- Proporción de reingreso de pacientes al servicio de urgencias en menos de 72 horas:

Numero de pacientes que reingresan al servicio de urgencias en la misma institucion antes de 72 horas con el mismos diagnóstico de egreso en la vigencia objeto / número total de egresos vivos atendidos en el servicio de urgencias en la vigencia objeto de evaluación (Minsalud, 2018)

El evento adverso trazador como se han denominado a los RU según el ministerio se caracteriza por que las causas que lo originan pueden estar asociadas a deficiencias en la calidad de la atención. Su existencia no indica con certeza fallas en la calidad, pero sí es señal de que hay una alta probabilidad de que alguno o varios de los procesos de atención asociados a la ocurrencia del evento no estén funcionando correctamente. A estos EAT se les debe realizar un análisis de las causas que puedan estar asociadas a fallas en la calidad de la atención sin dejar de lado que eventualmente pueden existir situaciones en las cuales la presencia del EAT referente a RU sean causados por el curso natural de la enfermedad o su aparición se haya debido a factores ajenos al desempeño organizacional.

Según la encuesta Nacional de Salud del año 2007 para Bogotá, en la cual en el segundo capítulo muestra los resultados más relevantes encontrados en la entrevista a usuarios de consulta externa, hospitalización y urgencias de las instituciones prestadoras de servicios. (Rodriguez et al., 2009).

7.2.3 Causas de reingresos a urgencias

En el año 2015, se realiza un estudio sobre “Causas de los retornos durante las 72 horas siguientes al alta de urgencias” en tres hospitales que prestan atención a casi un millón de habitantes de la provincia de Málaga, basándose en estudios realizados previamente como el de Pierce et al o algunos limitados a hospitales españoles como los de todos los casos a un solo hospital, de Cataluña, Canarias y Murcia. Donde argumenta que la mayoría de los estudios indican que las causas relacionadas con la enfermedad tienen son las más comunes seguidas por las relacionadas con los pacientes. En cuanto a las conclusiones de los escasos estudios existentes nombrados en este artículo, se evidencia que hay trabajos que no han hallado relación entre RU y calidad de la asistencia en la urgencia previa, mientras que algún estudio indica que los RU se explican fundamentalmente por problemas de calidad asistencial y en cambio otros le acusan cierta influencia.(Jiménez Puente & del Río Mata, 2015). Motivo por el cual el autor plantea como objetivo principal conocer la distribución de causas de los RU y la proporción de ellos atribuibles a problemas en la asistencia. Cuya población a estudio fueron los RU en las 72 horas siguientes al alta de una urgencia atendida entre enero y Diciembre de 2013 en cualquiera de los 3 centros participantes. Teniendo en cuenta la clasificación por causas planteada por Pierce et al. adaptada al medio español, dividiéndolas en 4 grupos: atribuibles al paciente, a los profesionales sanitarios, al sistema sanitario y a la enfermedad, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Construcción de la clasificación de causas de reingreso a urgencias

Tabla 1. Construcción de la clasificación de causas de retornos a urgencias

Clasificación inicial*	Clasificación final
Causas relacionadas con el paciente	
1. Incumplimiento terapéutico	Incluida
2. Desorden psiquiátrico	Incluida
3. Abuso de sustancias	Excluida por baja frecuencia
4. Problemas sociales	Excluida por baja frecuencia
5. Alta voluntaria	Incluida agrupada con 6
6. Fuga sin haber sido visto por médico	Incluida agrupada con 5
7. Uso habitual de SUH para problemas no urgentes	Incluida
8. Ansiedad	Incluida
9. Pérdida del seguimiento clínico	Excluida por baja frecuencia
10. Simulación	Excluida por baja frecuencia
11. Acude a otro hospital por no esperar	Excluida por baja frecuencia
12. Acudió a hospital no corresponde por residencia	Excluida por baja frecuencia
Causas relacionadas con los profesionales	
13. Error en el diagnóstico	Incluida agrupada con 14
14. Error en el tratamiento	Incluida agrupada con 13
15. Debió ingresar en urgencia inicial	Incluida
16. Debió ingresar en Psiquiatría	Excluida por baja frecuencia
17. Instrucciones de volver	Incluida agrupada con 18
18. Paciente fue llamado para que retornara	Incluida agrupada con 17
19. Anormalidad radiológica no advertida	Excluida por baja frecuencia
20. No tratamiento para el dolor	Excluida por baja frecuencia
Causas relacionadas con el sistema	
21. Dificultad conseguir medicación	Excluida por baja frecuencia
22. Derivación inadecuada	No aplicable
23. Derivación inadecuada desde psiquiatría	No aplicable
24. Derivación inadecuada desde la unidad de agudos	No aplicable
25. No se dispone de especialista necesario	Incluida
Causas relacionadas con la enfermedad	
26. Progresión de la enfermedad	Incluida agrupada con 27
27. Recurrencia de la enfermedad	Incluida agrupada con 26
28. Complicación	Incluida
29. Nuevo problema	Incluida

*Clasificación inicial basada en la de Pierce *et al.*; a la que se le han incluido las causas 11, 12 y 25. SUH: servicio de urgencias hospitalario.

Fuente: (Jiménez Puente & del Río Mata, 2015)

Los resultados de dicho estudio según la distribución de causas de los RU muestran que: las más comunes fueron la persistencia o progresión de la enfermedad que había ocasionado la urgencia inicial 48,8%, la aparición de un nuevo problema no relacionado 9,3%, la no disponibilidad en el SUH del especialista necesario 8,6% y el error en el diagnóstico o en el

tratamiento 5,8%. Las causas se agruparon en un 14,5% atribuible al paciente, 15,2% a los profesionales sanitarios, 9,2% a la organización del sistema y 61,1% a la enfermedad.

Según estos resultados se concluye que, para la población estudiada, más del 60% de los RU se deben a causas atribuibles a la enfermedad, el 15% a la actuación de los profesionales sanitarios, el 15% al comportamiento de los pacientes y el 9% a la organización del sistema sanitario.

Tabla 2 Clasificación de las causas de reingresos a urgencias

Causas atribuibles al paciente
Alta voluntaria o fuga en la urgencia previa
Ansiedad que lleva al paciente a volver al SUH
Uso de SUH para problemas menores que no son urgentes
Trastorno psiquiátrico que lleva repetidamente al SUH
Incumplimiento terapéutico
Otras atribuibles al paciente
Total
Causas atribuibles a los profesionales sanitarios
El paciente recibió instrucciones de volver o fue llamado
Error en el diagnóstico o en el tratamiento
El paciente se debió ingresar o trasladar en la urgencia previa
Total
Causas atribuibles al sistema sanitario
No se dispone en urgencias del especialista necesario
Otras atribuibles al sistema sanitario
Total
Causas atribuibles a la enfermedad
Persistencia, recurrencia o progresión de la enfermedad
Nuevo problema no relacionado
Complicación de un tratamiento adecuado
Total
Total

Fuente: (Jiménez Puente & del Río Mata, 2015)

En un estudio publicado en el 2004, realizado en el Servicio de Urgencias del Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria de Santa Cruz de Tenerife, el cual fue financiado por la Fundación Canaria de Investigación y Salud, de carácter prospectivo de casos y controles. Se plantea como hipótesis que el RU se debe a los errores de diagnóstico, tratamiento, pronóstico, de información y del sistema extra-hospitalario. Teniendo como objetivo principal identificar los

errores más importantes que motivan el RU de los pacientes y su asociación con las características de los pacientes, y así formular estrategias tendentes a la disminución de errores que provocan el RU, evidenciando los siguientes resultados: (Arturo Alvarez & Martinez, 2004).

Tabla 3 Frecuencia de errores en el servicio de urgencias

Tabla 28.- Frecuencias de errores	
Tipo de error	Porcentaje
Error diagnóstico	24,0
Error tratamiento	36,0
Error pronóstico	62,3
Error del sistema sanitario	17,2

Fuente: (Arturo Alvarez & Martinez, 2004)

Tabla 4 Tipos de error de tratamiento en urgencias

Tabla 29.- Tipos de error en el tratamiento		
Tipo de error	Frecuencia	Porcentaje
No hay error	307	61,4
Tratamiento inadecuado	109	21,8
Ausencia de un plan terapéutico	41	8,2
Incumplimiento del tratamiento	23	4,6
Total	480	96,0
No se pudo determinar	20	4,0

Fuente: (Arturo Alvarez & Martinez, 2004)

Tabla 5 Tipos de error del sistema sanitario

Tabla 30.- Tipos de error del sistema sanitario		
Tipo de error	Frecuencia	Porcentaje
No hay error	385	77,0
Espera por cita previa	60	12,0
Discrepancias con A.P.	9	1,8
Problema social	9	1,8
Retorno injustificado	2	0,4
Total	465	93,0
No se pudo determinar	35	7,0

Fuente: (Arturo Alvarez & Martinez, 2004)

Como conclusiones de este estudio, puede decirse que se identifica que el error de pronóstico es el factor que se asocia con mayor fuerza a la ocurrencia de un retorno a Urgencias. El error diagnóstico condiciona el desenlace de dicho retorno, entendiendo por desenlace el destino del paciente retornado (observación, hospitalización, quirófano o Cuidados Intensivos). El error de información es el factor más influyente en la satisfacción del paciente que acude al Servicio de Urgencias.

7.3 Medicina 4 P: personalizada, predictiva, preventiva y participativa

Los avances tecnológicos en el campo de la salud van de la mano con la generación constante de información y datos que muchas veces son accesibles mas no analizados para generar valor. Según estudio realizado en el año 2014 por la Fundación Salud 2000 financiada por la multinacional farmacéutica Merk, se habla de una continua inquietud por parte de nuestra sociedad por lograr vivir mas años, considerando al siglo XX como “el siglo de la cantidad de vida”, ahora gracias a la tecnología el reto consiste en no solo vivir más tiempo, sino conseguir que esos años de más vividos se vivan de la mejor forma. Es por esto que el siglo XXI se define como el “siglo de la calidad de vida” haciendo que los sistemas de salud en el mundo se preocupen por la persona y su entorno de acuerdo a la prevención de las enfermedades y en la búsqueda de una cura definitiva. (Sobradillo & Pozo, 2011)

Gracias a los adelantos de las ciencias básicas y al desarrollo de herramientas tecnológicas, la practica medica ha cambiado de ser una medicina reactiva que se concentraba en estudiar la enfermedad a una Medicina 4P: personalizada, predictiva, preventiva y participativa que se centra en la salud básicamente. Este término fue usado por primera vez por David Galas y Leroy Hood del instituto de Biología de Sistemas de Seattle, quienes con sus investigaciones predicen que en los próximos años la tecnología permitirá recoger, analizar y utilizar clínicamente toda la complejidad de los datos y la podrá trasladar a la atención médica. Proponiendo lo siguiente: (Fernandez et al., 2020).

Tabla 6 Medicina 4P

Personalizada	Porque se basará en la información genética de cada individuo
Predictiva	Porque la información personalizada permitirá predecir riesgos de padecer determinadas enfermedades
Preventiva	Porque a partir de predicción de riesgos se podrán establecer medidas profilácticas que lo disminuyan
Participativa	Porque muchas intervenciones profilácticas afectan la participación del paciente de forma activa

Fuente: elaboración propia

Mostrando los siguientes beneficios a futuro:

- **Posibilidad** de adquirir y procesar millones de datos de cada individuo
- **Obtención** y análisis de información longitudinal de cada **individuo** para lograr **detección** temprana de enfermedades y **monitorización** de eficacia **terapéutica**
- Estratificación de pacientes en grupos de enfermedades para lograr mejor precisión
- Facilitación de procesos de desarrollo de tratamientos

7.4 Inteligencia Artificial en Salud

Para 2021 MEDIC AGENCY, empresa de soluciones digitales para la industria de la salud asegura que el nuevo concepto de formas de trabajar que trae consigo la cuarta revolución industrial, hace que muchos trabajadores, incluyendo los profesionales de la salud, sientan temor por ser reemplazados por robots o maquinas que a futuro sean quienes estén a cargo de sus lugares de trabajo. En este sector donde se han evidenciado robots con habilidades quirúrgicas o expertos en lecturas de imagines diagnosticas, proyectando que, en los próximos diez años, las maquinas harán el 50% de los trabajos. Dada la situación actual, pandemia por coronavirus, los robots han tomado más relevancia puesto que son mano de obra “que no se enferma”. (Medicagency, 2021)

Pero más allá de que los médicos vayan a ser reemplazados por maquinas, se cree que su labor va a sufrir una transformación en la que algunas de sus tareas serán asumidas por la IA, pero esta optimización de recurso humano permitirá que dediquen sus esfuerzos en realizar otras que impacten sobre la calidad en la atención de los pacientes.

Curtis Langlotz, profesor de Radiología e informática Biomédica en la universidad de Stanford comparo la IA aplicada a la salud con la aviación, diciendo “aunque los aviones vuelen en piloto automático la mayor parte del trayecto, siempre habrá un humano en la cabina”, es decir podría concluirse de su afirmación que son los médicos quienes tendrán la última palabra en el diagnóstico y tratamiento indicados para cada paciente individualmente aunque se apoye de las herramientas tecnológicas predictivas que lo guíen. Según el informe de Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne de la Universidad de Oxford publicado en 2013, las áreas en el sector salud que tienen mayor posibilidad de ser automatizadas son: los transcriptores médicos, los registros médicos y

los técnicos y secretarios pero los médicos y cirujanos tienen un 0,42 porcentaje de posibilidades de que sus profesiones sean automatizadas . (Frey & Osborne, 2017)

Lo que es cierto es la afirmación que hace en 2017 el director científico de la Revista Chilena de radiología, Marcelo Galvez: “IA no reemplazara a los radiólogos, pero los radiólogos que usan IA, reemplazarán a los que no la usan” (MDconsultinggroup, 2020). Dando a entender que el personal médico necesita transformar su forma de trabajar de manera que implemente las herramientas tecnológicas en su práctica médica diaria para hacerla más efectiva y enfocada a la calidad de la atención que presta a sus usuarios, de lo contrario serán los mismos profesionales que no se actualicen quienes serán reemplazados por otros que si lo hagan.

McKinsey & Company, hablan del aumento en la demanda en el sector salud, que se presenta debido a la población mundial está envejeciendo (para el año 2050 1 de cada 4 personas en Europa y Norteamérica será mayor de 65 años), sumado a una mayor expectativa por parte de los pacientes al recibir los servicios médicos, a nuevos estilos de vida y a la innovación. Lo que lleva al sector salud a cambiar su forma de atención enfocados a manejos más afectivos y a largo plazo. Esto sumado a que según la OMS se calcula que para el año 2030 habrá deficiencia de aproximadamente 10 millones de médicos y enfermeras. Es por esto que la IA puede ayudar a resolver este reto que se viene para el sector. Según encuestas realizadas por la firma, se destaca que mas del 40% de los profesionales de la salud no conocen acerca de la implementación de la IA. (Fernandez et al., 2020). La OMS estima que la demanda de trabajadores de la salud aumentará a 18.2 millones en Europa para el año 2030, partiendo de que la oferta para el 2020 era de 8.6 millones lo cual no cubrirá las necesidades.

La inteligencia artificial ahora está en el “top of mind” de los tomadores de decisiones en salud, gobiernos, inversionistas e innovadores. Países como Finlandia, Alemania, UK, Israel, China y los Estados Unidos están invirtiendo fuertemente en IA. El sector privado por su parte juega un rol significativo en la inversión de capital en las firmas del top 50 en IA relacionada a la atención en salud, llegando a 8.5 billones de dólares y grandes firmas tecnológicas, startups, empresas farmacéuticas y de equipos médicos, así como aseguradoras, todos siendo parte del ecosistema naciente de inteligencia artificial en salud. El crecimiento más rápido se evidencia en Asia, especialmente en China donde la inteligencia artificial se enfoca en el consumidor del sistema de salud. Ping Ans Good Doctor, es la plataforma en línea número uno para el manejo de la salud, tiene ya más de 200 millones de usuarios (MDconsultinggroup, 2020)

En este mismo informe se explican las fases de escalonamiento de la IA en salud, proponiendo:

Tabla 7 Fases de escalonamiento para aplicar IA en salud

FASE	ACTIVIDAD	RESULTADO ESPERADO
Primera	Aplicaciones basadas en imágenes, que están siendo usadas en especialidades como radiología	Las soluciones ayudan a resolver los trabajos repetitivos, rutinarios, y muchas veces de carácter administrativo, que implican uso de tiempo de valor en el personal de salud.

	patología y oftalmología.	Optimizan las operaciones y mejoran la adopción de estas herramientas
Segunda	Uso de soluciones de NLP (procesamiento del lenguaje natural) en los hospitales y el hogar	Las soluciones propuestas, apoyan la transición de una atención hospitalaria a una atención domiciliaria, como el monitoreo remoto, los sistemas de alerta y las asistentes virtuales, haciendo que los pacientes se involucren en la atención.
Tercera	Uso de herramientas de predicción de diagnóstico y tratamientos	Las soluciones planteadas apoyan en la práctica clínica en forma de herramienta que facilita o guía de forma más rápida la toma de decisiones clínicas.

Fuente: elaboración propia

De acuerdo al informe realizado entre 2019 y 2020 en Europa, Asia y USA (Fernandez et al., 2020) tiene como objetivo principal mostrar el potencial de la IA en el cuidado de la salud, transformando la forma en que se brinda la atención a los pacientes y el impacto que tiene aplicarlo en organizaciones y sistemas de salud. Realizando entrevistas a tomadores de decisiones en salud, tanto de sectores públicos y privados. Asegurando los siguientes beneficios:

- Mejoran resultados en la atención
- Mejor experiencia del paciente
- Mejora el acceso a los servicios de salud
- Aumenta la productividad y la eficiencia

- Mejora la experiencia de los profesionales de la salud, pudiendo dedicar más tiempo a la atención directa al paciente
- Reduce el cansancio del personal de la salud
- Acelera el tiempo de diagnóstico
- Ayuda a los sistemas de salud a gestionar la población de forma proactiva con optimización de recursos

Estados Unidos es el país con la mayor financiación para la investigación y aplicación de la IA en la atención médica hasta la fecha, aunque se evidencia un crecimiento exponencial en China quienes crearon una plataforma llamada Ping An Good Doctor, la cual es líder en gestión de salud en línea con casi 300 millones de usuarios a 2019. Y por parte de Europa, existe una gran cantidad de datos en salud recopilados de sus sistemas de salud y como fortaleza cuentan con muchos trabajos de investigación, principalmente en España.

A continuación, Mckensy Global Institute muestra los resultados de sus estudios en cuanto al porcentaje de horas trabajadas que pueden llegar a ser lideradas con la implementación de automatización en salud para el año 2030:

Siendo así, la IA reduciría el tiempo dedicado por los profesionales de la salud a realizar tareas administrativas que en ocasiones es hasta del 70% del tiempo empleado. Siendo de vital importancia que los sistemas de salud y las organizaciones adopten se enfoquen en una nueva educación sanitaria basada en la implementación de estas herramientas, creando cultura organizacional con sus colaboradores para que vayan dejando de lado la modalidad de memorización y pasar a la innovación y al aprendizaje continuo. Cuyo reto más grande es el de

desarrollar actividades digitales en el flujo de trabajo diario. Lo cual exige que tanto los profesionales, como las organizaciones y los sistemas de salud estén integrados bajo el mismo enfoque. En donde se integre la experiencia del clínico con la ciencia de datos para lo cual se requieren expertos que creen modelos de como registrar, almacenar y estructurar datos clínicos para así generar algoritmos que optimicen las tareas.

El desafío consiste en digitalizar los millones de datos que se producen por atención, dado que según este estudio se evidencia que el sector salud es uno de los menos digitalizados de Europa, luego no es de extrañar que en América latina el porcentaje sea muchísimo menor. Por tanto es fundamental para los sistemas de salud de nuestras regiones obtener una digitalización básica de los datos antes de pensar en implementar IA. Además de contar con políticas de intercambio de datos entre organizaciones que sea bien estructurado y que garanticen seguridad. Otra cosa que se debe considerar para una exitosa implementación de estas tecnologías es la habilidad del área reclutadora del talento humano, de atraer colaboradores que hayan desarrollado habilidades en el campo de IA. Lo que realmente llevaría a que las organizaciones de salud más grande y con recursos se conviertan en verdaderos centros de excelencia, sin dejar de lado la importancia de crear entes regulatorios para la implementación de IA.

Las organizaciones dedicadas al cuidado de la salud en nuestro país antes de implementar tecnologías deben evaluar cual puede ser su valor agregado en caso de hacerlo. Haciendo un balance de sus capacidades, su nivel de digitalización de datos, así como la calidad de los mismos para luego definir qué tan lejos quieren llegar a la aplicación de estas herramientas. Dado que de

nada vale adquirir costosos e innovadores programas de análisis y predicción si no se cuenta con datos de calidad en las instituciones de salud.

7.4.1 Salud Digital

El Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, Director General de la OMS, considera que «es fundamental aprovechar el potencial de las tecnologías digitales para alcanzar la cobertura sanitaria universal. Al fin y al cabo, estas tecnologías no son un fin en sí mismas, sino herramientas esenciales para promover la salud, preservar la seguridad mundial y servir a las poblaciones vulnerables» (OMS, 2019)

La implementación de tecnologías digitales en el sector salud ha nivel mundial, se ha convertido en un campo de práctica para desarrollar soluciones innovadoras que tienen como objetivo las necesidades de los sistemas de salud. Que hace uso de tecnologías como BIG DATA (BD), GENOMICA e INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA). Según la OMS en el 2018 la Resolución de la Asamblea Mundial de la Salud reconoció el valor de las tecnologías digitales como factor que promueve el avance de la Cobertura Sanitaria Universal y otras metas de salud planteadas por los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esta resolución instó a los ministerios de salud a “evaluar su uso de las tecnologías digitales para la salud [...] y a priorizar, según corresponda, el desarrollo, la evaluación, la implementación, la ampliación y el mayor uso de las tecnologías digitales,...”. Dado que no se cuenta con la evidencia científica suficiente sobre los daños y beneficios del uso de estas tecnologías en los sistemas de salud razón por la cual, por consenso del Grupo de Evaluación de la Ciber salud de Bellagio, perteneciente a la OMS, plante que con el fin de mejorar la salud y reducir la desigualdad en el área, es necesaria una evaluación rigurosa de la ciber salud, para generar evidencias y promover la integración y el uso adecuado de

las tecnologías. Sin dejar de reconocer la función innovadora que las tecnologías digitales pueden desempeñar en el fortalecimiento del sistema sanitario, es igualmente importante y necesario evaluar sus efectos y garantizar que dichas inversiones no desvíen los recursos de enfoques alternativos, no digitales, cuando no sea apropiado. (OMS, 2019).

La tecnología aplicada a la salud puede llegar a dar solución o aportes a dificultades tales como la distancia y el acceso, pero su implementación trae consigo, deficiencias administrativas y regulatorias, así como falta de capacitación de los profesionales en este campo además de acceso limitado a los equipos y los suministros. Es por esto que es tan importante adaptar estas recomendaciones globales al contexto local de cada sistema de salud. Lo anterior nos permite abrirnos a la posibilidad de una medicina digital con un gran potencial para transformar la forma en que los sistemas de salud logran brindar atención a sus usuarios en los próximos años mediante un diagnóstico más rápido y certero, empoderamiento de los pacientes en su autocuidado y monitoreo remoto que emite estancias hospitalarias y sus riesgos de eventos adversos. el 6 de marzo de 2019, el Dr. Tedros anunció la creación del Departamento de Salud Digital, con el cual la OMS reforzará su función de evaluación de las tecnologías digitales y ayudará a los Estados Miembros a priorizarlas, integrarlas y regularlas.

7.4.2 Recomendaciones generales para implementar IA en salud

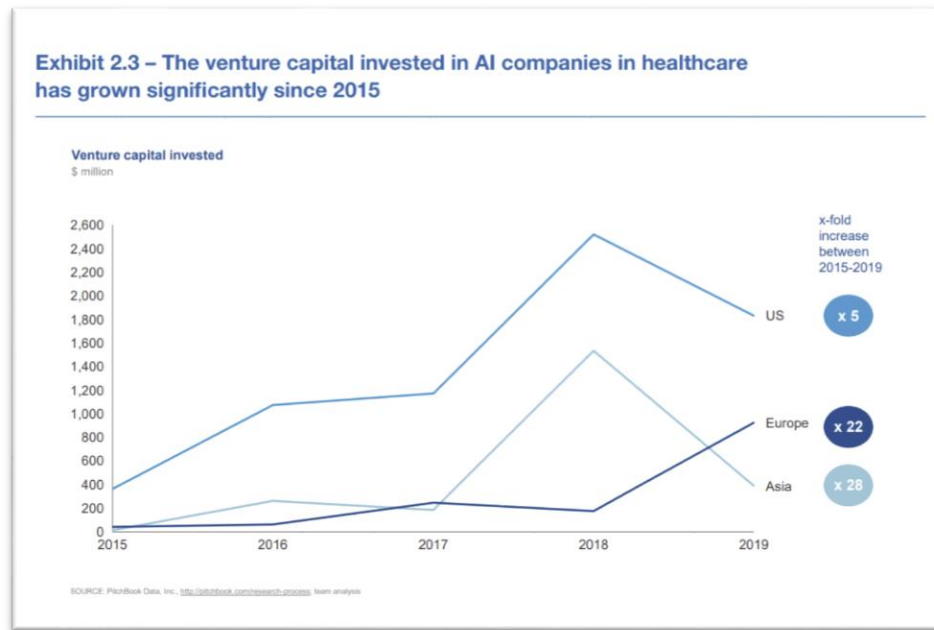
Según el estudio Europeo de Mckensy & Company, se recomienda desarrollar las siguientes estrategias por parte de los sistemas de salud Europeos, que sin duda podrán ser aplicadas también en nuestros sistemas (Fernandez et al., 2020), mediante las siguientes recomendaciones:

- Definir el enfoque a mediano y a largo plazo con visión, metas y recursos indicados para la aplicación de IA
- Generar planes de financiamiento e incentivos que permitan la aplicación de las herramientas de IA
- Establecer estándares para la digitalización, la calidad, el acceso, el riesgo de gestión y la integridad de los datos
- Garantizar la adhesión a estándares
- Rediseñar la educación y planificación de la fuerza laboral impactando sobre procesos de educación universitaria que incluya en su pensum IA
- Invertir en capacitaciones para el personal de salud con énfasis en educación continua en digitalización e innovación
- Planificar incentivos y orientación para que las organizaciones se motiven a implementar la IA en sus instituciones.
- Dar claridad en temas de regulación, responsabilidad civil en cuanto a la seguridad y efectividad, minimizando el riesgo para los profesionales.

Los gobiernos la mayor parte del mundo han publicado documentos en donde exponen sus intenciones de aplicar IA en sus sistemas de salud, de hecho, la Unión Europea viene publicando sus informes desde el 2018 con una serie de iniciativas en las políticas de salud. El sector privado en Europa ha desempeñado un liderazgo en materia de innovación con el fin de mejorar la atención medica implementando IA con la ayuda de inversores que aportan el capital para financiar estas tecnologías.

La siguiente tabla, muestra como han aumentado las inversiones en empresas de salud para la implementación de IA desde el 2015 en Estados Unidos, Asia y Europa.

Gráfica 9 Aumento de inversión en empresas de salud en IA



Fuente: (Fernandez et al., 2020)

Gráfica 10 Distribución de Países con estudios acerca de implementación de IA



Fuente: (Fernandez et al., 2020)

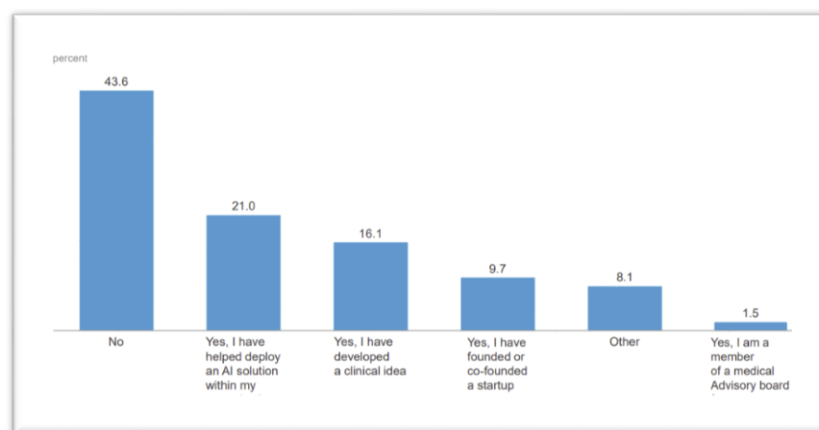
Según la imagen anterior se evidencia que china es el país con mayor numero de estudios sobre la implementación de IA en el sector salud, con 41, seguido de Estados Unidos y Europa con 28 cada uno. Lastimosamente América del sur es uno de los lugares que menos ha publicado este tipo de estudios y por eso la motivamos a generar una cultura organizacional los realice.

Dentro del estudio mencionado se realizaron encuestas a los profesionales de la salud, entre las preguntas estaba la siguiente:

¿alguna vez ha estado involucrado en el desarrollo y/o implementación de uso de IA como herramienta de solución?

Y de acuerdo a los resultados que se evidencian en la siguiente imagen, muchos profesionales de la salud han tenido exposición limitada al uso de estas tecnologías innovadoras, como lo muestran en la siguiente imagen:

Gráfica 11 Exposición a IA según encuesta a profesionales de la salud

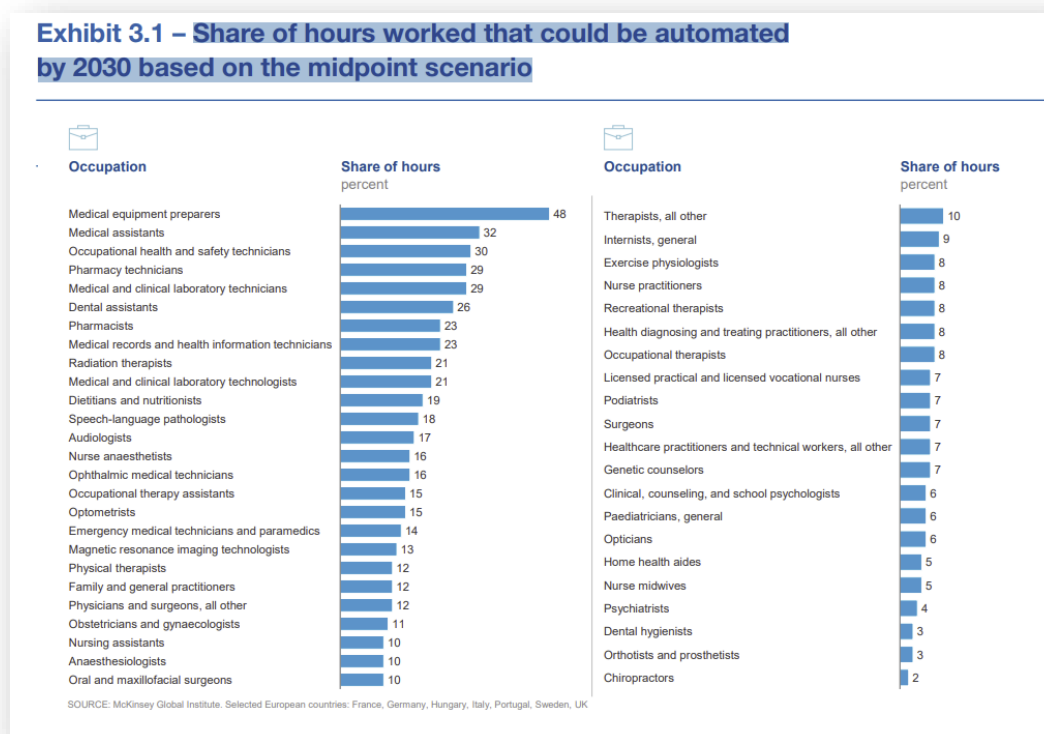


Fuente: (Fernandez et al., 2020)

En el año 2014 se realizó un estudio en Estados Unidos en donde concluyeron que el trabajo administrativo puede llegar a consumir hasta una sexta parte de las horas de trabajo del personal

de salud lo que impacta sobre la satisfacción del profesional. Este estudio se basó en la realización de una encuesta a nivel nacional a un total de 4.720 médicos, que trabajan en atención directa con pacientes. Es por estos motivos que las actuales políticas en salud de EEUU, se han encaminado a la implementación de prácticas innovadoras que agilicen el tema de los registros médicos electrónicos. Las tendencias actuales en la política de salud de los EE. UU., un cambio hacia el empleo en grandes prácticas, la implementación de registros médicos electrónicos y la creciente prevalencia de los riesgos financieros compartidos, probablemente aumenten la carga de papeleo de los médicos y pueden disminuir su satisfacción profesional (Woolhandler & Himmelstein, 2014).

Gráfica 12 Porcentaje de horas trabajadas que podrían automatizarse para 2030



Fuente: (Fernandez et al., 2020)

Sí el medico se decida menos a las tareas administrativas con la ayuda de soluciones de IA y puede invertir más tiempo es la atención al paciente, es algo que le hace a la vida más fácil al profesional, lo que aumentara la probabilidad de que adopten estas herramientas y se motive el personal en salud a usarlo y sobre todo a que las organizaciones lo implementen como parte de su cultura.

The Topol Review, dirigido por el cardiólogo, e investigador de medicina digital en Londres en 2019, doctor Eric Topol, en su estudio presenta el cómo preparar la fuerza laboral de los profesionales en salud a través de la educación y la capacitación para lograr un futuro digital en el sector y estima que el hecho de ahorrar así sea 1 minuto por consulta médica es equivalente al tiempo trabajado por 230 médicos en el área de urgencias. Pero para tranquilidad del personal de la salud a continuación Juan Susach Campalans, key account manager en Philips cuidados de la salud, en 2018 publica su artículo: El Médicos futurista, en donde da las 5 razones más relevantes por las que el medico no podrá ser reemplazado por la IA (Campalans, 2018):

Tabla 8 5 razones por las que el medico no será reemplazado por IA

Empatía	En esta capacidad del ser humano se encuentra inmerso el proceso de generar confianza con el hecho de prestar atención a las necesidades, expresar el sentimiento de compasión y responder de una manera que la otra persona sepa que fueron entendida. Puede que en algunos años cuando estemos más familiarizados con la IA, y se monten algoritmos con preguntas simples, se genere confianza interactuar con un robot y seguir sus tratamientos o recomendaciones médicas, pero es posible que no podamos imaginar una atención medica sin la empatía, un algoritmo jamás reemplara esa cualidad humana.
----------------	--

Trabajo NO lineal	Aunque los datos y los análisis cuantitativos son una parte del trabajo de un médico y pueden ser hechos por una máquina, el hecho de establecer un diagnóstico y tratar a un paciente son procesos No lineales. Requieren creatividad y habilidades de resolución de problemas que los algoritmos y los robots nunca tendrán. Esto se da porque cada paciente tiene un estilo de vida diferente, aunque padezcan enfermedades similares, esto hace que ningún caso clínico sea igual. Luego la IA seria solo una herramienta no un reemplazo.
Las tecnologías digitales complejas requieren profesionales competentes	Ningún robot o algoritmo podría interpretar claramente desafíos complejos de múltiples capas, que involucran a la psique. Si bien proporcionarán los datos, la interpretación siempre seguirá siendo un territorio humano. Es por esto que los robots recientemente implementados, con capacidades increíblemente mejores que las del humano en áreas quirúrgicas, no pueden funcionar sin un médico cirujano experto y debidamente entrenado en el mismo. Los programas de predicción diagnóstica y tratamiento oncológico, no dan la última palabra, solo guían al clínico quien es el que finalmente toma la decisión de que tratamiento instaurar en su paciente.
Siempre habrá tareas que los robots nunca podrán completar	A pesar de que los avances tecnológicos pueden hacer que las máquinas procesen infinidad de información en segundos, pero a pesar de esto, siempre habrá tareas en las que los humanos seremos más rápidos, confiables y más baratos. Como salvar una vida por una maniobra que solo un humano puede realizar en cuestión de segundos dada su habilidad y entrenamiento.
Nunca ha sido técnico vs. humano	No se trata de un juego de poder de quien es mejor, sino de una sincronía en unión de las fuerzas humanas y de las máquinas. Dejando de lado, si se trata de IA, robótica, realidad aumentada o virtual,

	debemos aceptar que tienen una influencia masiva en la forma en que opera la atención médica.
--	---

Fuente: elaboración propia

7.4.3 Posibles aplicaciones de la IA en urgencias

Las soluciones que ofrece la IA en el campo de la salud tienen como finalidad mejorar el acceso por parte de los pacientes al cuidado de su salud, haciendo que los usuarios identifiquen y reporten síntomas, recibiendo orientación en línea con un profesional de la salud, quien guiara el paso a seguir según su cuadro clínico. Pueden funcionar como chatbot en los que se utiliza una NPL para comprender los síntomas que refiere el paciente, luego usando algoritmos ofrece un posible diagnostico con curso normal de la enfermedad, así como porcentajes de los escenarios que puedan desencadenar dichos síntomas. Algunos ejemplos aplicados a nivel mundial son según estudio de Mckensey & Company: (Fernandez et al., 2020)

- Babylon healt de reino unido
- Mediktor de España
- K healt de Israel
- Ping An en china
- Ada health de Alemania
- Elipse salud en América latina
- Moxi

Entre las ventajas que se han encontrado en este tipo de herramientas que puede beneficiar un servicio de urgencias son:

Tabla 9 Ventajas en uso de IA en urgencias

Disminuir carga administrativa	Al dedicar menos tiempo para la recolección de datos, el profesional de atención primaria puede dedicar mas tiempo a la atención directa del paciente
Ayudar a mejorar la precisión en el diagnostico	Teniendo un concepto basado en IA, el profesional puede guiar su diagnóstico y manejo de forma más enfocada. Esto impactaría en la reducción del riesgo de dar un diagnóstico alejado.
Disminuye la asistencia innecesaria de pacientes al servicio	Muchos usuarios hacen mal uso del servicio de urgencias por desconocimiento o por mal enfoque. Estas herramientas permiten abordar a pacientes que pueden ser manejados en casa, dando un manejo inicial, realizando seguimiento y un cuadro de posibles escenarios sin necesidad de asistir al centro de atención. Lo cual impacta sobre gasto en salud de cualquier sistema de salud en el mundo.
Disminuir tiempos de espera en urgencias	Va de la mano con la solución anterior, dado que al ser menor el volumen de pacientes que asisten, se reducen los tiempos de espera y así quienes requieran atención podrán ser vistos por profesionales en menos tiempo

Dedicación a pacientes con necesidades complejas	Si el volumen de pacientes en los centros de urgencias es menor, y al él asiste quien realmente necesita la asistencia, el flujo de trabajo será mejor dado que los profesionales estarán menos cansados y con más tiempo y energía para informar sus recursos en los pacientes que requieran atención inmediata y/o compleja, impactando en la calidad del servicio brindado.
Apoyo en interpretación de imágenes diagnósticas	Gracias al reconocimiento de patrones, los campos referentes a radiología, laboratorio, patología, dermatología entre otros se benefician de arrojar un posible diagnóstico en segundos con el fin de orientar al clínico hacia iniciar un manejo oportuno, mientras espera un resultado definitivo emitido por el especialista.
Mejores opciones de tratamiento	Dado el rápido aumento del desarrollo científico, para el médico es cada vez más difícil mantenerse actualizado en cuanto a los últimos y más eficaces tratamientos. Es en este punto donde las soluciones de IA pueden dar un aporte arrojando las opciones de manejo más avanzadas según el diagnóstico de su paciente. Ahorrando tiempo y mejorando el proceso de toma de decisiones basado en la evidencia.
Detención de pacientes con alto riesgo de complicaciones	Como es de conocimiento médico, una intervención rápida y oportuna en pacientes con alto riesgo de complicación impacta sobre su pronóstico. Así que si alguna solución de IA puede prevenirnos acerca de este tipo de riesgos o deterioro del paciente en segundos será más fácil invertir a tiempo el paciente para evitar complicaciones que impliquen altos costos sanitarios.
	Herramientas que permiten realizar seguimiento a pacientes desde casa, evaluando la evolución del cuadro clínico, y realizar

Seguimiento ambulatorio de pacientes	exámenes por ejemplo de glicemia. El aporte de estas soluciones es poder rastrear al paciente en búsqueda de empeoramiento del cuadro, o necesidad de algún tipo de atención oportuna.
Prevenir reingresos a urgencias y motivar manejos ambulatorios	La identificación del riesgo que tienen los pacientes y por ende tratar las causas de manera temprana impacta sobre los resultados. Esto puede hacerse mediante aplicaciones que permitan realizar seguimiento de acuerdo a continuidad de tratamiento instaurado, cumplimiento de recomendaciones, aparición de nuevos síntomas, empoderando al paciente en su autocuidado y responsabilidad en su mejoría

Fuente: elaboración propia

7.4.4 Soluciones digitales sobre la fuerza de trabajo de los profesionales de salud en los servicios de urgencias

A continuación, se hará una descripción de las herramientas tecnológicas expuestas por the topol review en 2019 en Reino Unido, que pueden ser implementadas en los servicios de urgencias teniendo en cuenta el potencial que estas tecnologías tienen para generar mejoras significativas en la calidad de la atención a los usuarios, la productividad del personal y la reducción de costos hospitalarios. (Topol Eric, 2019)

- TELEMEDICINA:

Definida en consenso por la Organización Mundial de la Salud como es la práctica de la atención médica con la ayuda de comunicaciones interactivas de sonido, imágenes y datos; ello incluye la prestación de asistencia médica, la consulta, el diagnóstico y el tratamiento, así como la enseñanza y la transferencia de datos médicos. (OMS, 1997).

Gráfica 13 Descripción telemedicina

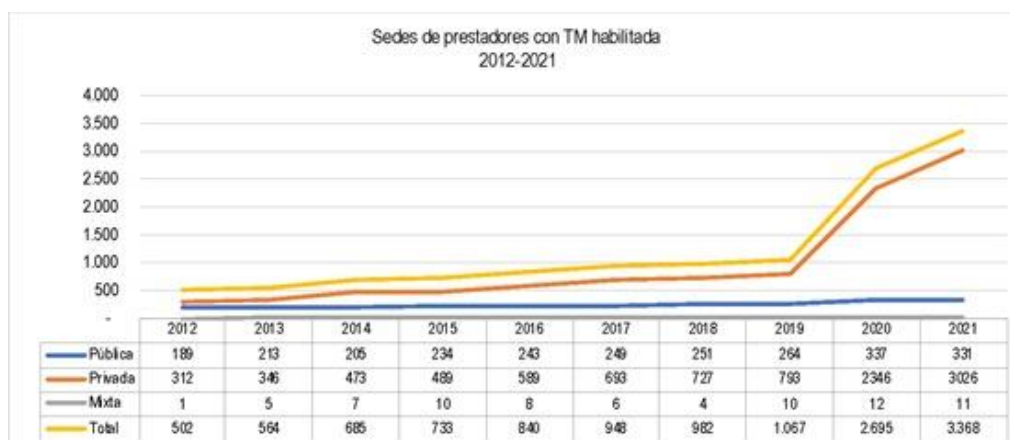
TELEMEDICINA ENTRE EL PACIENTE Y EL PRESTADOR	Prestación de servicios de salud a distancia; posibilidad de brindar servicios de salud en lugares donde los clientes/pacientes y los trabajadores sanitarios están separados por la distancia.	▸ Consultas entre el cliente/paciente y el trabajador sanitario cuando están lejos. ▸ Los clientes/pacientes le transmiten la información médica (p. ej., imágenes, anotaciones y videos) al trabajador sanitario.
TELEMEDICINA ENTRE PRESTADORES	Prestación de servicios de salud a distancia; posibilidad de brindar servicios de salud en lugares donde dos o más trabajadores sanitarios están separados por la distancia.	▸ Consultas de coordinación asistencial entre trabajadores sanitarios. ▸ Consultas con otros trabajadores sanitarios, específicamente, especialistas, para la coordinación asistencial de los pacientes y para obtener una segunda opinión.

Fuente: (OMS, 2022)

Obligada a dar el mismo nivel de atención que en la consulta presencial, según el Royal College of Medicine, la demanda de estos servicios se ha duplicado en la última década a nivel mundial. Entre los más importantes beneficios se incluye la facilidad para el acceso, la reducción de las tasas de inasistencia. En Colombia, en marzo de 2022 el Ministerio de Salud a cargo del viceministro de Salud Pública se informó que según el reporte sobre la implementación de esta tecnología Resolución 521 de 2020 se indica que de marzo del 2020 (inicio de la pandemia por coronavirus) a noviembre del 2021 se brindaron 127.404.668 atenciones entre teleorientaciones y teleconsultas lo que equivaldría a 6.066 consultas al mes en promedio. Dejando claro que “es de interés del Ministerio mantener los avances logrados durante la pandemia y promover que la oferta transitoria en lo posible se mantenga siempre y cuando se cumplan los estándares y criterios de calidad establecidos por la normatividad vigente en el país (Minsalud, 2022).

A continuación, tablas de resultados según el REPS (registro especial de prestadores de salud) donde se muestra el crecimiento en la oferta de servicio de telemedicina de acuerdo a la habilitación de los mismos y al aumento que motivo la llegada de la pandemia al país:

Gráfica 14 Incremento de sedes con Telemedicina



Fuente: (REPS, 2021)

- APLICACIONES EN TELEFONOS INTELIGENTES

Las aplicaciones de software que funcionan en teléfonos móviles, tabletas o computadoras y que son distribuidos a través de servicios o tiendas como la "iTunes store "(Para iPhone y iPad), "Google play" (para Android); pueden ser generadas por desarrolladores de tecnologías móviles o por individuos u organizaciones. La cantidad de apps existentes es imposible de saber con exactitud dado que su creación es libre y constante. Entre sus beneficios se encuentran: mejorar la calidad de prestación y evitar errores médicos mediante la implementación de algoritmos. Evitando consultas hospitalarias innecesaria y mejorando el acceso a los servicios de salud. Aunque como todas las tecnologías presenta riesgos, uno de ellos es el relacionado con la seguridad de la información que el usuario ingresa a la aplicación y las violaciones a la privacidad, sin que exista una política que las regule. La mayor parte de evidencia científica se ha realizado en *softwares* empresariales en salud que cuentan con los recursos para financiar estos estudios, sin embargo, por su forma de generarse, la innovación constante, la gran cantidad y por ser en mayor parte gratuitas las apps no permiten un sistema uniforme de revisión o certificación. Estas

aplicaciones son útiles para que los pacientes reporten sus síntomas, reservar citas virtuales o presenciales, descargar formulas médicas. (Santamaría-Puerto, 2015)

- **SENSORES PARA MONITOREO REMOTO**

Se estima que hoy aproximadamente un 80% de las decisiones clínicas se toman bajo la confianza que genera el resultado de una prueba diagnóstica que normalmente se realiza en un laboratorio o centro especializado. Los avances en tecnologías que permiten realzar monitoreo remoto de esas variables de forma ambulatorio se han implementado con beneficios como resultados en línea con la institución prestadora del servicio de salud. Algunos permiten el control de constantes vitales, algunos más avanzados hablan de cámaras de video instaladas en los hogares de los pacientes las cuales cuentan con aprendizaje automático para analizar los flujos de datos detectando efectos adversos como caídas (Topol Eric, 2019).

Gráfica 15 Recomendaciones seguimiento digital

SEGUIMIENTO DIGITAL DEL ESTADO DE SALUD DE LOS PACIENTES/ CLIENTES Y DE LOS SERVICIOS DENTRO DE UNA HISTORIA CLÍNICA (SEGUIMIENTO DIGITAL)	Registro digitalizado que utilizan los trabajadores sanitarios para capturar y almacenar la información médica de los clientes/pacientes con el fin de realizar un seguimiento de su estado de salud y de los servicios recibidos. Esto puede incluir registros de servicios digitales, formas digitales de registros impresos para los programas de salud longitudinales y registros de coordinación asistencial dentro de poblaciones destinatarias específicas, incluidas las poblaciones de inmigrantes.	▶ Versiones digitales de registros impresos para áreas de salud específicas. ▶ Registros digitalizados de programas de salud longitudinales, que incluyen el ▶ seguimiento del estado de salud y los beneficios para las poblaciones de inmigrantes. ▶ Registros de coordinación asistencial dentro de poblaciones destinatarias específicas, incluida la población de inmigrantes.
---	---	--

Fuente: (OMS, 2022)

- **INTERPRETACION DE IMÁGENES DIAGNOSTICAS**

La interpretación automatizada de imágenes diagnósticos proporciona beneficios en áreas como radiología, dermatología ya patología principalmente como ya se ha explicado previamente.

- **ANALISIS PREDICTIVO**

Estas herramientas ayudan a detectar por ejemplo deterioro de pacientes en UCI o en hospitalización, así como también puede predecirlo desde el hogar del paciente, lo que impacta sobre la prevención de reingresos. Por ejemplo, tras periodos de estancias hospitalarias largas, los pacientes son egresados sin un monitoreo de salud a largo plazo, lo que los deja en riesgo de sufrir eventos adversos y readmisiones hospitalarias que potencialmente podrían haberse evitado de seguir las medidas preventivas adecuadas. El análisis predictivo puede combinar datos de múltiples fuentes, incluidos los registros médicos electrónicos de los hospitales, los colgantes detectores de caídas y el uso histórico de los servicios de alerta médica. Esto le permite comunicarse a los proveedores de atención médica con un adulto mayor incluso antes de que ocurra una caída u otra complicación médica, y evitar readmisiones innecesarias en los hospitales y reducir los costos de transporte, cuidados agudos y rehabilitación (Phillips, 2022).

Gráfica 16 Recomendaciones análisis predictivos

APOYO A LAS DECISIONES DE LOS TRABAJADORES SANITARIOS	Instrumentos de trabajo digitalizados que combinan la información médica de una persona con el conocimiento y los protocolos clínicos del trabajador sanitario para ayudarlo a formular un diagnóstico y a tomar decisiones de tratamiento.	▶ Sistemas de apoyo de decisiones clínicas (CDSS). ▶ Instrumentos de trabajo y herramientas de evaluación que refuerzan la prestación de servicios; pueden o no estar vinculados con una historia clínica digital. ▶ Algoritmos que refuerzan la prestación de servicios en conformidad con protocolos y planes de atención.
--	---	--

Fuentes: (OMS, 2022)

Lo anterior nos permite abrirnos a la posibilidad de una medicina digital con un gran potencial para transformar la forma en que los sistemas de salud logran brindar atención a sus usuarios en los próximos años mediante un diagnóstico más rápido y certero, empoderamiento de los pacientes en su autocuidado y monitoreo remoto que emite estancias hospitalarias y sus riesgos de eventos adversos.

7.4.5 Aspectos éticos, de la IA en salud

La falsa idea de que la tecnología es la solución para todo nos dejó evidencias tangibles durante la pandemia por sarsCov2. Demostrando que es la alianza entre el ser humano, la ética y la tecnología es lo que realmente tiene el potencial de crear soluciones. Los numerosos beneficios que presenta la IA en el sector salud, deben equilibrarse con la afectación ética a los derechos individuales que puedan llegar a afectarse, siempre con el respeto a la dignidad personal. Dado

que el dilema “del dual use” surge en el marco de los escenarios en los que los resultados de una investigación científica bien intencionada pueden usarse tanto para fines buenos como perjudiciales.

- A continuación, se realiza una revisión publicada en el 2021 por la Fundación Merck referente a los aspectos éticos de la IA en salud. (Javier Sanchez-Caro & Abellan, 2014)
- Para Matthias Braun, Hannah Schickl y Peter Dabrock, “el gran reto es alcanzar un escenario en el que sea posible delimitar el razonamiento moral y legal para construir un marco sostenible para la toma de decisiones políticas en curso en la interconexión entre ciencia, tecnología y sociedad”. Motivando el hecho de impulsar la implementación de estas nuevas tecnologías evaluando reflexivamente sus ventajas y riesgos, ante todo. Sin duda cada vez las máquinas toman un papel más importante en nuestras vidas sin dejar de lado que esas herramientas son el producto de la inteligencia humana y por ende debe depender de sus principios éticos. La creación de herramientas de IA se debe diseñar para servir y proteger a los seres humanos y no para hacerles daño cumpliendo con 3 requisitos fundamentales:
- Incluir a todos los seres humanos sin discriminación
- Tener el bien de la humanidad y el bien de cada ser humano
- Ser consciente de la realidad de nuestro ecosistema y comprometerse con el cuidado y protección del planeta.

En el mismo documento de Merck se habla de que el Grupo Europeo de Ética (European Group of Ethics in Sciences and New Technologies) en su Declaración sobre Inteligencia artificial, robótica y sistemas autónomos, de 2018 que en la actualidad se están encaminando los esfuerzos

en orientar la IA hacia el bien común teniendo en cuenta que los seres humanos deben ser capaces de decidir sobre los valores que fundamentan la tecnología y todo lo que debe ser considerado moralmente relevante.

Tabla 10 Principios éticos IA en salud

PRINCIPIO ETICO	CARACTERISTICAS EN IA EN SALUD
Dignidad Humana	Implica que tienen que existir límites (legales) para evitar que se le haga creer a las personas que están tratando con seres humanos, cuando en realidad están tratando con algoritmos y máquinas inteligentes. Asegurando que sean los humanos quienes mantengan el control sobre las herramientas tecnológicas.
Autonomía	Las tecnologías deben respetar los derechos fundamentales de las personas, no deben coaccionar, engañar, manipular o dirigir a los seres humanos. Garantizando la supervisión y el control humanos sobre las mismas. El respeto a la autonomía de los pacientes debe conducir al rechazo de la toma de decisiones basadas exclusivamente en procesos de automatización en la medida.
Prevención del daño	IA no pueden perjudicar a los seres humanos, asegurando la integridad física y mental de los pacientes. Las herramientas deben ser seguras y con sustento técnico atendiendo los escenarios en que se pueden provocar efectos adversos.
Explicabilidad	Las decisiones tienen que poder ser explicadas, pues sin la información no es posible impugnar adecuadamente una

	decisión. El cual va de la mano con el principio de transparencia
Transparencia	Explicación y a la trazabilidad de los sistemas y que permite determinar el razonamiento seguido y explicar las consecuencias alcanzadas. El cual parte de lo establecido por el Reglamento de Protección de Datos de la Unión Europea (RGPD) que obliga al responsable del tratamiento a facilitar información sobre la existencia de decisiones automatizadas.
Imparcialidad	Los datos utilizados para la formación de sistemas de IA deben garantizar la NO discriminación en la medida en que no deben generar resultados sesgados, de manera que deben ser lo más inclusivos posibles, por lo que deben estar representados los diferentes grupos de población.

Fuente: elaboración propia

El gran reto es alcanzar un escenario en el que sea posible delimitar el razonamiento moral y legal para construir un marco sostenible para la toma de decisiones políticas en curso en la interconexión entre ciencia, tecnología y sociedad (Javier Sanchez-Caro & Abellan, 2014)

Atributos de la seguridad de datos clínicos La seguridad se caracteriza en tres aspectos denominados CIA (Confidentiality, Integrity, Availability):

- Confidencialidad: La información y/o el acceso a funcionalidades debe estar protegido de accesos no autorizados.
- Integridad: La información y/o las funcionalidades no pueden ser modificadas por acceso no autorizados.
- Disponibilidad: Garantiza el acceso a la información y/o funciones a los usuarios autorizados bajo diferentes circunstancias, inclusive cuando el sistema se está sometiendo a un ataque (Minsalud, 19).

7.4.6 Regulación de la IA en salud

En cada región del mundo existen entes encargados de crear y regular las políticas referentes a tecnologías aplicadas a sus sistemas de salud. En Europa se encarga la Agencia de Medicina Europea, en Estados Unidos es la FDA (Food and Drug Administration) que cuenta con herramientas para evaluar la credibilidad y exactitud de los algoritmos para fines médicos. Lo manejan con los siguientes parámetros: primero realizan una presentación previa a la comercialización en donde demuestran que la nueva herramienta es segura y eficaz tras estudios de revisión científica y sistematizada. Luego de dar como aprobada la herramienta tecnológica, se crea una clasificación y reglamentación que controle su uso para comercialización. (Academia Nacional de Medicina de Colombia, 2020).

En Colombia, según el Departamento nacional de Planeación en 2019: El Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) aprobó la Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial para aumentar la generación de valor social y económico del uso de tecnologías digitales en el sector público y privado, comprometiéndose a disminuir las barreras para la adopción de la IA y promoviendo la innovación digital en el sector salud. Dado que es fundamental para el desarrollo productivo del país. Para efectos del cumplimiento de los objetivos de esta política, entidades como el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio del Trabajo, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales y la Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital, entre otras gestionarán y priorizarán los recursos para la financiación de las estrategias que se proponen. (CONPES, 2019).

La Ley 215 de 2020 se ha construido el marco normativo para la interoperabilidad de la Historia Clínica Electrónica”[21]”. De acuerdo con esta Ley, todos los prestadores de salud están obligados a diligenciar y disponer los datos, documentos y expedientes de la historia clínica en la plataforma que el Gobierno Nacional indique. Para implementar esta estrategia, cuentan con cinco años a partir de la entrada en vigencia de la Ley.

El Ministerio de Salud y Protección Social, por medio de la Ley 1419 de 2010 establece los lineamientos para el desarrollo de la Telesalud en Colombia, como apoyo al Sistema General de Seguridad Social en Salud, bajo los principios de eficiencia, universalidad, solidaridad, integralidad, unidad, calidad, para lo cual adopta una serie de definiciones y disposiciones sobre su implementación con la ayuda de las tecnologías de la información y telecomunicaciones. Y posteriormente, en la resolución 2654 de 2019, se establecen las disposiciones para Telesalud y parámetros para la práctica de telemedicina en el país (Minsalud, 2019).

7.4.7 Dificultades para la implementación de la IA en salud

No existen muchos estudios en nuestro país acerca de la implementación de estas tecnologías y sus dificultades al momento de llevarlas a cabo. Se toma como ejemplo para futuros estudios, el documento de Merck que se basa en el sistema de salud Español, ya que en general, tanto los sistemas sanitarios nivel global, y por ende las organizaciones sanitarias no están evolucionando al mismo ritmo que las nuevas tecnologías. (Javier Sanchez-Caro & Abellan, 2014)

Tabla 11 Dificultades para implementar IA en salud

Limitaciones estructurales	La mayoría de los servicios de salud, no cuentan con la infraestructura tecnológica adecuada para poder implementar con éxito la IA. Por tanto es difícil tener un rendimiento óptimo que garantice procesar datos de forma rápida y eficiente con la infraestructura actual.
Problemas técnicos	Puesto que las normas que regulan el funcionamiento de la IA dependen del proveedor de servicios, no del usuario y la mayor parte de las veces no es posible modificarlas de forma ágil y sencilla. Se caracteriza por la incertidumbre y la consiguiente necesidad de adaptación.
Dificultades organizacionales	En nuestros sistemas de salud, existen servicios autonómicos sin una política establecida acerca de la digitalización de los datos generados en la atención, lo cual dificulta de manera importante la aplicación de la IA por procesos manuales aun existente.
Escasez de recursos humanos especializados	Uno de los problemas más importantes (sino el mayor) a los que debe enfrentarse cualquier sistema de salud a nivel global en la era digital. El hecho de encontrar profesionales cualificados en áreas digitales, especialmente en las tecnologías emergentes supone un grave problema. La transformación digital en salud general y en la IA, requiere de profesionales que practiquen un liderazgo que desarrolle tanto los nuevos modelos como los requerimientos de los nuevos profesionales.
Curva de aprendizaje prolongada	la adopción de la IA requiere superar ciertas barreras, para después encontrarse con otras que tal vez no habían sido previstas. Esto desanima a muchas organizaciones, en las que se instala la idea de que es mejor dejar pasar el tiempo hasta que otros hayan resuelto estos inconvenientes y no se toma en cuenta que puede significar quedarse atrás de forma competitiva.
Costos	Para conseguir los requisitos técnicos que se requieren, deben hacerse inversiones altas ya sea en investigaciones, dispositivos o equipos digitales. Nadie duda que en el caso de la IA el retorno de la inversión es innegable,

	pero a largo plazo, y en el caso del sector salud se considera en algunos casos intangible por ser resultados clínicos.
Regulación y legislación	Haciendo referencia a la seguridad y privacidad de los datos. Los modelos de IA y el almacenamiento de los datos puedan quedar fuera del control directo del propio usuario generando problemas en cuanto al cumplimiento normativo, especialmente en regiones con regulaciones estrictas, como la nuestra en este tema.
Acceso a la información limitado	Sin datos ni información estas tecnologías no pueden ser desarrolladas. En muchas ocasiones, la información no está centralizada, ni estandarizada, ni integrada, ni compartida.
Falta de visión de las directivas	Cuando se trata de basar las decisiones importantes en las recomendaciones de una aplicación de IA es difícil obtener una opinión favorable por parte de las directivas por falta de confianza en las mejoras que pueda aportar la IA en la organización. No es fácil en nuestro a sociedad que las personas innovadoras y creativas alcancen puestos directivos en las organizaciones sanitarias en las que prima un perfil digamos más conservador que, por defecto, rehúsa la incertidumbre y suele ser contrario a la asunción de riesgos.
Resistencia al cambio	Culturalmente, el sector salud se fundamenta en la Medicina Basada en la Evidencia, con el ensayo clínico como referencia para dar credibilidad y entender la realidad y los resultados en Salud. Esto sumado al temor por parte de la fuerza de trabajo a ser reemplazados por maquinas.

Fuente: elaboración propia

8. Recomendaciones

En términos de salud, el tiempo es una variable fundamental para el pronóstico de los pacientes. Luego es innegable el potencial que implica aplicar machine learning para generar modelos predictivos como herramienta de solución o apoyo a los problemas clínicos a los que se enfrenta el sector salud nivel global. Sin asegurar que un modelo predictivo garantice una mejor atención clínica, porque ni aun siendo el modelo perfecto (si existiera) podría dejar de lado muchos otros factores que influyen en la prestación del servicio y se quedan por fuera del control de la IA.

Los métodos predictivos que ofrece la IA a través del ML contribuyen a reducir subjetividad y a aumentar la precisión en la práctica clínica, a su vez aportan nuevo conocimiento a diversas áreas de la salud. Es por esto, que la recomendación principal para la implementación de estas tecnologías en las organizaciones de nuestro sistema de salud es ajustar los modelos a la población a la cual se le va a aplicar, usando datos locales con el fin de que los modelos sean más eficaces y precisos.

En esta revisión, se compartieron estudios realizados en varias partes del mundo, en especial de España, Londres y Estados Unidos, quienes son pioneros en la investigación relacionada con la implementación de IA en salud, encontrando un gran potencial y múltiples beneficios tras su uso, por lo que se toman como ejemplo para incentivar a nuestro sistema en cuanto a la importancia de avanzar en el desarrollo de este tipo de estudios en nuestro país. Así mismo, se toman como guía para dar a conocer recomendaciones de: cómo prepararse para poder llegar a implementar de forma adecuada las soluciones digitales de forma local, a las

organizaciones de salud de Bogotá, privadas y de alto nivel de complejidad que cuenten con servicios de urgencias habilitados y estén interesados en posicionarse como instituciones reconocidas por brindar el mejor nivel de calidad de servicio para sus usuarios, mantenerse como referente de rentabilidad en el sector, ser una institución atractiva para la fuerza laboral y generar una ventaja competitiva frente a sus similares.

Realizar estudios de predicción de resultados aplicados a problemas clínicos es fundamental actualmente en nuestro sistema, el reto consiste en lograr que los modelos creados sean de fácil aplicación y bajo costo. En el caso puntual de los reingresos a urgencias como indicador de la calidad del servicio, objeto de este proyecto de investigación, la implementación de un modelo de predicción de ML, es un proceso que implica unos prerequisites para que pueda ser efectivo y que toma tiempo, dedicación y esfuerzo por parte de las instituciones. Dado que no estamos preparados ni en tecnología, ni en infraestructura, ni en talento humano para que el primer paso sea crear el modelo.

Los reingresos evitables al servicio de urgencias son un resultado clínico no deseado para cualquier institución de salud. Y tiene la característica de poder ser abordado desde dos áreas: la medicina basada en la evidencia y la ciencia de los datos. Luego las instituciones que realicen trabajos de investigación basados en resultados clínicos de las causas de los reingresos a su institución, tienen gran potencial para avanzar en la aplicación de tecnologías innovadoras como ML que les permitan predecir el riesgo que tiene un paciente de reingresar, de forma temprana y que detecte los factores a intervenir guiando al clínico en la toma de decisiones oportunas y focalizando los recursos en los de mayor riesgo sin incrementar significativamente los costos.

8.1 Registros de salud totalmente electrónicos

A pesar de los avances tecnológicos y en pleno auge de la cuarta revolución industrial, muchas de las instituciones de salud en nuestra ciudad, aun realizan registros de forma física en formatos preimpresos, generando que se pierdan una cantidad de datos que generan valor a la atención, dejando de lado la posibilidad de ser analizados y usados para implementar IA.

En la actualidad la tecnología informática ha potenciado a la Historia clínica convirtiéndose en una nueva rama del conocimiento y abriendo un abanico de posibilidades que permiten la interacción de profesionales en diferentes ubicaciones, la facilidad de generación de datos para análisis estadísticos y para proyectos de investigación (Mugno & Miguel, 2022).

La historia clínica es un registro obligatorio que habla acerca de la atención que recibe un usuario y que por reglamentación debe contener datos personales, demográficos, sociales, de las condiciones de salud y de los procedimientos realizados por el equipo de salud durante la misma. Las instituciones deben garantizar que sea un documento privado y protegido.

Cuando se habla de registros electrónicos se hace referencia a que los datos son cargados a una plataforma informática institucional, permitiendo producir, almacenar o transmitir la información. Con respecto, la historia clínica del paciente es el registro longitudinal de todos los aspectos de atención en salud (clínicos, científicos, técnicos, administrativos), en todas sus fases de atención (promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y paliación), y en sus aspectos biológicos, psicológicos, y sociales, que es creado, mantenido, y utilizado por el personal

de salud para administrar y proveer servicios de salud al individuo. Permitiendo rastrear la trayectoria de la atención a través del curso de su vida. (Minsalud, 19)

8.2 Evaluación de la calidad de registro de historias clínicas

La razón de ser de la auditoria en salud, se basa en una historia clínica que se realiza de forma adecuada y completa, dado que se considera el único documento que contiene los datos derivados de la atención brindada. De igual forma, la ciencia de los datos como su nombre lo indica, trabaja con base en datos, luego si no se cuenta con información de calidad para ser analizados no tiene ningún sentido hacerlo.

La calidad del dato es una característica fundamental de cualquier sistema de información, que garantiza exactitud, completitud, integridad, actualización, coherencia, relevancia, accesibilidad y confiabilidad. Necesarios para lograr un nivel de procesamiento adecuado para el análisis(Minsalud, 19).

Desafortunadamente estudios a nivel mundial registran que a causa diversos factores, el personal de salud, realiza registros clínicos de mala calidad, es decir incompletos, ausentes, o con el uso de siglas o acrónimos no estandarizados. Por ende, es importante empezar por garantizar historias clínicas que arrojen datos de calidad en sus registros electrónicos. Existen diversos métodos utilizados en el proceso de control de los registros de las historias clínicas; uno de ellos es la auditoría. La aplicación de estos métodos trae beneficios en el desempeño del personal a la hora de realizar los registros. Además, la correcta elaboración de las historias clínicas tiene un

beneficio económico, especialmente en las instituciones de salud privadas, en donde se exige una evaluación rigurosa y detallada de las historias como requisito por parte de las aseguradoras en temas de glosas (Matzumura Kasano et al., 2014).

8.3 Aumento la fuerza de trabajo con expertos en manejo de datos y tecnologías de información y capacitación del personal actual en IA

La función de un científico de datos de salud es diseñar herramientas a partir del análisis de datos complejos y asesorar a las organizaciones sanitarias y cuidadores basándose en los resultados de sus análisis. Las instituciones de salud deben invertir en aumentar su fuerza de trabajo con personal capacitado en tecnologías de la información, ya sea ingenieros, científicos de datos entre otros. Dado que son estos profesionales quienes convierten los datos generados en las atenciones clínicas en conocimiento, siendo capaces de describir, analizar y crear modelos para la visualización de los datos de forma fácil y así implementar herramientas de IA que tiene como fin generar cambios positivos que impacten en la de servicios.

Entre las tareas que desempeñan estos profesionales están:

- Análisis de datos
- Desarrollar modelos predictivos
- Crea casos de prueba para validar las herramientas propuestas.
- Solucionar problemas complejos de informática en todos los niveles de la organización.
- Generar conocimientos a partir del uso de los datos clínicos.

De igual forma es de suma importancia capacitar a los colaboradores actuales de la institución de forma continua en la adquisición de conocimientos en medicina digital para realizar un equipo de trabajo encaminado a la consecución de los objetivos.

El área de talento humano debe estar comprometida con el reclutamiento de nuevos colaboradores que tengan conocimiento, entrenamiento o disposición para trabajar bajo esquemas de innovación tecnológica y futurista. Dado que se trata de formar grupos de trabajo en los que estén sincronizados los profesionales de la salud y los expertos en sistemas y ciencia de los datos.

8.4 Impulsar una cultura organizacional con visión hacia la implementación de tecnologías innovadoras

De acuerdo con lo planteado en el documento según la evidencia, una de las dificultades en la implementación de la IA en salud es la falta de visión por parte de las directivas a la hora de implementar IA en sus organizaciones. De aquí radica la importancia de que los directivos estén convencidos de los beneficios y el impacto del uso de las tecnologías en la institución. Demostrando ser coherente con los lineamientos estipulados llevando a cabo constantemente planes de desarrollo académicos.

Tener una cultura organizacional bien definida permite no solo que los trabajadores se alineen a las estrategias y objetivos de la empresa, sino también a detectar rápidamente problemas que se estuviesen originando en grupos de trabajo con la implementación de las herramientas tecnológicas. Una empresa sin una clara visión, misión y valores definidos difícilmente atraerá o retendrá su personal.

8.5 Creación de políticas regulatorias dentro de la institución

Las organizaciones de salud que estén interesadas en implementar IA, están en la obligación de plantear una regulación jurídica en lo referente a la responsabilidad del uso de las mismas, pues toda nueva innovación está sujeta, a lo estipulado por ley. Los sistemas de Inteligencia Artificial pueden crear problemas éticos y jurídicos en tres niveles distintos, pero relacionados: transparencia y responsabilidad algorítmica, control de los sistemas de Inteligencia Artificial y Explicabilidad e inteligibilidad algorítmica.

8.6 Realizar estudios dentro de la institución de causas de reingresos a urgencias

A nivel mundial se han llevado a cabo estudios de investigación en múltiples hospitales acerca de las causas de reingresos a urgencias, arrojando resultados similares, pero con diferencias esperadas dada la localización, cultura, entre muchos otros factores que afectan los resultados. Es la razón por la cual se recomienda que las organizaciones en cabeza de su departamento de Calidad, se proponga realizar un estudio local de las causas de reingreso a su servicio de urgencias basándose en los estudios ya realizados en otras instituciones. Ya con datos propios, el equipo multidisciplinario puede trabajar en la creación de modelos predictivos que indiquen el riesgo que tienen sus usuarios a tener un reingreso usando ML.

8.7 Aplicación de data analytics y machine learning como solución a problemáticas

Su aplicación dependerá de las necesidades y propósitos puntuales planteados por la organización según su equipo interdisciplinario y viabilidad sugerida por su científico de datos. Siempre que se garantice la adhesión a estándares como:

- Considerar el componente emocional humano en el diseño
- Evaluar componentes éticos asociados
- Tener clara la seguridad del uso
- Sostenibilidad económica y medioambiental derivada

8.7.1 Modelos de predicción sistemas de gestión innovadores de seguimiento remoto

Los principales modelos predictivos de aprendizaje automático aplicado en medicina han sido: redes neuronales, support vector machine, árboles de decisión, random-forest, regresiones lineales, modelos bayesianos, y vecinos más cercanos, principalmente.

8.8 Realización de guías de manejo institucionales en implementación de herramientas IA

Documentos de la organización encaminado a ayudar a los profesionales a tomar decisiones en cuanto a la implementación de la IA en su práctica, de la forma más apropiada y

segura. Cuyo contenido es un conjunto de recomendaciones que deben estar basadas en una revisión de la evidencia, previa evaluación de los riesgos, beneficios y alternativas que tiene p objetivo optimizar la atención sanitaria. Finalmente, quienes tienen la ultima palabra en la implementación de la IA en casos individuales son el medico y el paciente.

9. Conclusiones

Es incalculable el potencial que implica aplicar ML para generar modelos predictivos como herramienta de solución o apoyo a los problemas clínicos a los que se enfrenta el sector salud nivel global. Sin asegurar que un modelo predictivo garantice una mejor atención clínica, porque ni aun siendo el modelo perfecto (si existiera) podría dejar de lado muchos otros factores que influyen en la prestación del servicio y se quedan por fuera del control de la IA.

Los métodos predictivos que ofrece la IA a través del ML contribuyen a reducir subjetividad y a aumentar la precisión en la práctica clínica, a su vez aportan nuevo conocimiento a diversas áreas de la salud.

La atención de salud genera un gran volumen de datos, que son difíciles de analizar con las técnicas estadísticas convencionales para el ser humano. En este sentido, las herramientas tecnológicas basadas en ciencia de datos y particularmente en ML resultan un recurso útil para darles valor a estos datos. A pesar de que los algoritmos por buenos que sean, no pueden eliminar la incertidumbre en la toma de decisiones clínicas, pueden lograr mejorar u optimizar la asignación de recursos en la atención médica.

En el sector salud, los modelos predictivos pueden utilizarse para estimar el riesgo de que ocurra un determinado desenlace clínico, partiendo de un conjunto de datos dados o características como: socioeconómicas, de estilos de vida y condiciones de salud del usuario, entre muchas otras. Estos resultados, sumados a la práctica y experticia del personal de salud, y a políticas tanto institucionales como de salud pública, pueden tener un impacto positivo en la reducción de costos que genera la atención y en la efectividad de las intervenciones.

El avance de las estas tecnologías se acerca cada vez más al hecho de asemejarse o acercarse a un “comportamiento humano” de forma casi automática o en tiempo real. No obstante, no hay que dejar de lado que en su base no son más que operaciones matemáticas que no piensan, no sienten, no tiene empatía, ni tienen la interacción como la humana, siendo así, ninguna máquina ha reemplazado ni reemplazará a un profesional de la salud.

Las consideraciones éticas de la aplicación de IA en salud es motivo de polémica y análisis en la comunidad científica y la población general, por cuanto es importante basar toda intención de aplicar estas tecnologías en un estudio que incluya el área ética y regulatoria.

En el caso puntual de los reingresos a urgencias como indicador de la calidad del servicio, objeto de este proyecto de investigación, la implementación de un modelo de predicción de ML, es un proceso que implica unos prerequisites para que pueda ser efectivo que toman tiempo, dedicación y esfuerzo por parte de las instituciones. Dado que no estamos preparados ni en tecnología, ni en infraestructura, ni en talento humano para que el primer paso sea crear el modelo.

10. Referencias

- Academia Nacional de Medicina de Colombia. (2020). *Inteligencia artificial y transformación del sistema de salud*. anmdecolombia. <https://anmdecolombia.org.co/inteligencia-artificial-ia-y-transformacion-del-sistema-de-salud/>
- Arturo Alvarez, & Martinez, R. (2004). *Identificación de errores determinantes del retorno de pacientes dados de alta en urgencias*. Universidad de la Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10703/cp198.pdf?sequence=1>
- Bates, D., & Saria, S. (2014). Big Data in Health Care: Using Analytics to Identify and Manage High-Risk and High-Cost Patients. *Health affairs (Project Hope)*. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.0041>
- Bermúdez Irreño, C. A. (2021). Automatización robótica de procesos. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 8(15), 111-122. <https://doi.org/10.21017/rimci.2021.v8.n15.a97>
- Campalans, J. S. (2018). *5 razones por las que la inteligencia artificial no reemplazará a los médicos*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/5-razones-por-las-que-la-inteligencia-artificial-los-juan/?originalSubdomain=es>
- CONPES. (2019). *Transformación digital promoverá la competitividad del país y la eficiencia del sector público*. <https://www.dnp.gov.co:443/Paginas/CONPES-de-transformacion-digital-promovera-la-competitividad-del-pa%C3%ADs-y-la-eficiencia-del-sector-publico.aspx>

- Datafluencyacademy. (2022). *Ciencia de datos, Machine Learning, Inteligencia Artificial*.
Data Fluency.Academy. <https://datafluency.academy/ciencia-de-datos-machine-learning-inteligencia-artificial-que-es-que/>
- Fernandez, J., Spatharou, A., & Hieronimus, S. (2020). *Transforming healthcare with AI*.
https://eithealth.eu/wp-content/uploads/2020/03/EIT-Health-and-McKinsey_Transforming-Healthcare-with-AI.pdf
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Javier Sanchez-Caro, & Abellan, F. (2014). *Medicina personalizada: Aspectos científicos, bioéticos y jurídicos*. Mediación, Imagen y Comunicación.
https://www.fundacionmercksalud.com/wp-content/uploads/2017/04/Monograf%C3%ADa_Medicina_Personalizada_FINAL_web.pdf
- Jiménez Puente, A., & del Río Mata, J. (2015). Causas de los retornos durante las 72 horas siguientes al alta de urgencias. *Emergencias: Revista de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias*, 27(5), 287-293.
- Luna, J. (2018). *Tipos de aprendizaje automático*. SoldAI. <https://medium.com/soldai/tipos-de-aprendizaje-autom%C3%A1tico-6413e3c615e2>
- Matzumura Kasano, J. P., Gutiérrez Crespo, H., Sotomayor Salas, J., & Pajuelo Carrasco, G. (2014). Evaluación de la calidad de registro de historias clínicas. *Anales de la Facultad de Medicina*, 75(3), 251-257. <https://doi.org/10.15381/anales.v75i3.9781>

- MDconsultinggroup. (2020). *Transformando el Sistema de Salud con Inteligencia Artificial*. MD & CO Consulting Group. <https://www.md-co.org/blog-2/2020/9/19/transformando-el-sistema-de-salud-con-inteligencia-artificial>
- Medicagency. (2021). *¿Por qué necesitamos ayuda de inteligencia artificial cuando se trata de datos de salud?* Medic Agency. <https://medicagency.tech/2021/06/02/por-que-necesitamos-ayuda-de-ia-cuando-se-trata-de-datos-de-salud/>
- Ministerio de Salud y Protección social. (2016). *Decreto número 780*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Decreto%200780%20de%202016.pdf
- Minsalud. (1992). *Decreto 412 Por el cual se reglamenta parcialmente los servicios de urgencias*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Decreto-412-de-1992.pdf>
- Minsalud. (2014). *Aseguramiento al Sistema General de Seguridad Social en Salud*. Imprenta Nacional de Colombia. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VP/DOA/RL/cartillas-de-aseguramiento-al-sistema-general-de-seguridad-social-en-salud.pdf>
- Minsalud. (2015a). *Régimen Jurídico de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Concepto%20Jur%C3%ADdico%20201511201101101%20de%202015.pdf
- Minsalud. (2015b). *Resolución 5596 Criterios técnicos para el Sistema de Selección y Clasificación «Triage»*.

- https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%205596%20de%202015.pdf
- Minsalud. (2016). *Resolución 256/2016*.
- https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%200256%20de%202016.pdf
- Minsalud. (2018). *Normograma SNS - Resolución 1097 de 2018 MSPS*.
- http://normograma.supersalud.gov.co/normograma/docs/resolucion_minsaludps_1097_2018.htm
- Minsalud. (2019). *Resolución 2654 de 2019*.
- https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_2654_2019.htm
- Minsalud. (2022). *Dos años de posicionamiento de la telemedicina en Colombia*. Minsalud.
- <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Dos-anos-de-posicionamiento-de-la-telemedicina-en-Colombia.aspx>
- Minsalud. (19). *Interoperabilidad de Datos de la Historia Clínica en Colombia*.
- <https://www.minsalud.gov.co/ihc/Documentos%20compartidos/ABC-IHC.pdf>
- Mora, J. M. (2022). Modelos predictivos en salud basados en machine learning. *Revista Médica Clínica Las Condes*. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2022.11.002>
- Mugno, M., & Miguel, H. (2022). *Normalización de datos en registros de historia clínica electrónica y aplicación práctica de procesamiento del lenguaje natural para las instituciones de salud colombianas*.
- OMS. (1997). *Informática de la salud y telemedicina*.
- https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/194008/EB99_30_spa.pdf

- OMS. (2019). *Primeras directrices sobre intervenciones de salud digital*. WHO.
<https://www.who.int/es/news/item/17-04-2019-who-releases-first-guideline-on-digital-health-interventions>
- OMS. (2022). *Recomendaciones sobre intervenciones digitales para fortalecer los sistemas de salud*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/354399/9789240046993-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pedrero, V. (2021). Generalidades del Machine Learning y su aplicación en la gestión sanitaria en Servicios de Urgencia. *Revista médica de Chile*, 149(2), 248-254.
<https://doi.org/10.4067/s0034-98872021000200248>
- Phillips. (2022). *Análisis predictivo en la atención médica: Tres ejemplos reales*. Philips.
<https://www.philips.com.co/a-w/about/news/archive/standard/articles/2020/20200604-predictive-analytics-in-healthcare-three-real-world-examples.html>
- Raghupathi, W. (2014). Big data analytics in healthcare: Promise and potential. *Health Information Science and Systems*, 2(1), 3. <https://doi.org/10.1186/2047-2501-2-3>
- Real Academia Española. (2023). *Inteligencia artificial*. Real Academia Española.
<https://dle.rae.es/inteligencia>
- REPS. (2021). *Dirección de Prestación de Servicios y Atención Primaria*. Minsalud.
<https://prestadores.minsalud.gov.co/habilitacion/>
- Ristevski, B. (2018). Big Data Analytics in Medicine and Healthcare. *Journal of Integrative Bioinformatics*, 15. <https://doi.org/10.1515/jib-2017-0030>
- Rodriguez, J., Ruiz, F., & Peñalosa, F. (2009). *Encuesta Nacional de Salud 2007*.
<https://www.minsalud.gov.co/salud/Documents/Bogot%C3%A11.pdf>

- Salud data. (2023a). *Instituciones de salud con servicio de Urgencias en Bogota D.C.* Saludata.
<https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/ofertas-de-servicios-de-salud/ips-urgencias/>
- Salud data. (2023b). *Tipo de prestadores de servicios de salud en Bogota D.C.*
<https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/ofertas-de-servicios-de-salud/tipoprestadores/>
- Saludata. (2022). *Afiliación régimen aseguramiento.* Saludata.
<https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/ofertas-de-servicios-de-salud/afiliacion-regimen/>
- Santamaría-Puerto, G. (2015). Aplicaciones Médicas Móviles: Definiciones, beneficios y riesgos. *Revista Salud Uninorte*, 31(3), 599-607.
- Schwab Klaus. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: What it means and how to respond.* World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Sobradillo, P., & Pozo, F. (2011). Medicina P4: El futuro a la vuelta de la esquina. *Archivos de Bronconeumología*, 47(1), 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2010.09.009>
- Topol Eric. (2019). The Topol Review—NHS Health Education England. *The Topol Review — NHS Health Education England.* <https://topol.hee.nhs.uk/>
- Woolhandler, S., & Himmelstein, D. U. (2014). Administrative work consumes one-sixth of U.S. physicians' working hours and lowers their career satisfaction. *International Journal of Health Services: Planning, Administration, Evaluation*, 44(4), 635-642.
<https://doi.org/10.2190/HS.44.4.a>