



Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

TRABAJO FIN DE GRADO

Reducción de la variabilidad clínica en la atención a pacientes con ictus mediante el uso de la inteligencia artificial

Autor: Alejandro Álvaro Orfila

Director: Raúl González Fabre

Madrid / Octubre de 2024

Resumen

La optimización de los procesos hospitalarios para el tratamiento de ictus mediante el uso de inteligencia artificial (IA) es el tema central de este trabajo. Un ictus requiere de tratamiento inmediato, un tratamiento que consume una gran cantidad de recursos hospitalarios, lo que junto con el número creciente de pacientes que lo sufren y que es una de las principales causas de muerte y discapacidad, lo convierten en un auténtico desafío para los sistemas de la salud. Con este texto se analiza cómo con la ayuda de la IA se puede reducir la variabilidad clínica en la atención a pacientes, estandarizar protocolos y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos por parte de los hospitales.

La optimización de la gestión hospitalaria mediante la implementación de la IA predictiva es uno de los aspectos clave de este trabajo. Se analizará cómo Quirónsalud, que es la empresa que servirá de fuente de información para los datos clínicos, facilita el acceso y manejo de la información médica a los profesionales sanitarios en sus centros mediante el sistema Casiopea, una plataforma de historia clínica electrónica que permite a los médicos acceder a datos clínicos de forma inmediata. La IA contribuye a mejorar la eficiencia al facilitar la automatización de la solicitud de pruebas diagnósticas y tratamientos basados en protocolos predefinidos validados por el consenso médico. Se consigue de esta forma mejorar la eficiencia de funcionamiento, reduciendo el uso de recursos innecesarios y ahorrando tiempo a los profesionales sanitarios.

La IA permite identificar relaciones entre las variables controladas mediante el análisis de los datos históricos y de esta forma determinar cuál es la vía clínica óptima repetida en el mayor número de episodios de ictus. Gracias a los modelos predictivos se logra optimizar el flujo de pacientes, reducir la estancia media en el hospital y aumentar la satisfacción de los pacientes mediante la identificación de las pruebas médicas, los tratamientos farmacológicos y los no farmacológicos óptimos. Con este enfoque Quirónsalud logra establecer una vía clínica estandarizada que aplica en sus hospitales para mejorar la eficiencia, resultado de las conclusiones de un análisis clínico las cuales se explicarán en este trabajo.

Se resaltarán lo importante que es la digitalización y la automatización de los procesos asistenciales pues gracias a la automatización de la recogida de datos y a su posterior análisis, se ha podido desarrollar un sistema de trabajo que permite que los médicos residentes participen en la toma de decisiones clínicas basadas en protocolos validados por los especialistas. De esta forma se consigue el alineamiento entre las decisiones médicas y las mejores prácticas clínicas, garantizando coherencia.

Por último, tras el análisis realizado se concluye que la implementación de la IA en la atención hospitalaria permite la optimización del uso de los recursos hospitalarios, la mejora en la calidad de la atención al paciente y por tanto el aumento de su satisfacción y además reduce los costes asociados con la hospitalización. Por lo tanto, gracias a la IA se mejora la eficiencia operativa, se asegura un tratamiento más efectivo para los pacientes con ictus y se facilita la toma de decisiones médicas informadas.

Palabras clave: Ictus, Inteligencia Artificial (IA), Optimización de procesos hospitalarios, Casiopea, Historia clínica electrónica, Digitalización, Automatización.

ABSTRACT

The optimization of hospital processes for stroke treatment through the use of artificial intelligence (AI) is the central theme of this work. A stroke requires immediate treatment, a treatment that consumes a large amount of hospital resources, which together with the growing number of patients who suffer from it and with the fact that it is one of the main causes of death and disability, makes it a real challenge for health systems. This text analyzes how AI can be used to reduce clinical variability in patient care, standardize protocols and improve efficiency in the use of resources by hospitals.

The optimization of hospital management through the implementation of predictive AI is one of the key aspects of this work. It will analyze how Quirónsalud, which is the company that will serve as the source of information for the clinical data, facilitates access to and management of medical information for healthcare professionals in its centers through the Casiopea system, an electronic medical record platform that allows doctors to access clinical data immediately. AI contributes to improving efficiency by facilitating the automation of the request for diagnostic tests and treatments based on predefined protocols validated by medical consensus. This improves operational efficiency, reducing the use of unnecessary resources and saving time for healthcare professionals.

AI makes it possible to identify relationships between controlled variables by analyzing historical data and determine which is the optimal clinical pathway repeated in the greatest number of stroke episodes. Thanks to predictive models, it is possible to optimize patient flow, reduce the average hospital stay and increase patient satisfaction by identifying the optimal medical tests, pharmacological and non-pharmacological treatments. With this approach, Quirónsalud manages to establish a standardized clinical pathway that it applies in its hospitals to improve efficiency, as a result of the conclusions of a clinical analysis which will be explained in this paper.

The importance of digitalization and automation of care processes will be highlighted, since thanks to the automation of data collection and subsequent analysis, it has been possible to develop a work system that allows residents to participate in clinical decision-making based on protocols validated by specialists. In this way, alignment between medical decisions and best clinical practices is achieved, guaranteeing coherence.

Finally, the analysis concluded that the implementation of AI in hospital care optimizes the use of hospital resources, improves the quality of patient care and therefore increases patient satisfaction, and reduces the costs associated with hospitalization. Therefore, AI improves operational efficiency, ensures more effective treatment for stroke patients and facilitates informed medical decision making.

Keywords: Stroke, Artificial Intelligence (AI), Hospital process optimization, Casiopea, Electronic health record, Digitalization, Automation.

ÍNDICE GENERAL

◆ Capítulo I : Organización del trabajo	7
▪ Introducción	7
▪ Contexto	8
▪ Objetivos	10
▪ Metodología	11
▪ Desarrollo	12
◆ Capítulo II : La IA en el mundo sanitario	13
▪ Evolución de las aplicaciones de la IA en el ámbito sanitario	13
• Primeras aplicaciones de la IA en la sanidad	13
• Desarrollo y expansión de la IA en la medicina durante las últimas décadas	13
▪ Aplicaciones habituales	14
▪ Nuevas funcionalidades	17
◆ Capítulo III : Empresa colaboradora	18
◆ Capítulo IV : Optimización del proceso hospitalario en caso de ictus mediante la IA 23	
▪ Ictus: Definición, Tipos, Incidencia y Prevalencia	23
▪ ¿Por qué “Optimización del Proceso Hospitalario en Caso de ictus mediante IA” ?	27
▪ Digitalización previa de la información	29
▪ Parámetros controlados	31
▪ Proceso de obtención de los datos	33
▪ Análisis de los datos mediante IA predictiva	34
▪ Conclusiones del análisis	37
▪ Medidas implementadas	39
▪ Optimización conseguida	47
◆ Capítulo V : Conclusiones	55
◆ Bibliografía:	57

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Diagrama esquemático de la taxonomía y ejemplos de imágenes del conjunto de prueba. 14
- Figura 2: Proceso de recopilación y análisis de datos en un coach médico virtual, que integra múltiples fuentes de información del individuo para generar recomendaciones personalizadas de salud. 16
- Figura 3: Dr. Publio Cordón, fundador del Grupo Hospitalario Quirón. 18
- Figura 4: Robot quirúrgico Da Vinci en el Hospital Quirónsalud Sagrado Corazón. . 19
- Figura 5: Los 21 especialistas de la Fundación Jiménez Díaz que han sido incluidos en el listado de “Los mejores médicos de España” elaborado por El Confidencial. ... 20
- Figura 6. Poblaciones a las que dan cobertura de asistencia sanitaria cada hospital. ... 20
- Figura 7. Número total de pacientes que han escogido otro centro hospitalario ejerciendo el derecho a la Libre Elección, por hospital escogido, en 2022 en la Comunidad de Madrid 21
- Figura 8. ACV isquémico o ictus isquémico 23
- Figura 9. ACV hemorrágico o ictus hemorrágico 24
- Figura 10. Número de altas hospitalarias por ictus según intervalo de edad. Comunidad de Madrid, 2015. 24
- Figura 11. Posición del ictus en las causas básicas de defunción según CIE-10. Comunidad de Madrid, 2016. 25
- Figura 12. Coste total de nuevos casos de ictus al año. Comunidad de Madrid, 2018. 26
- Figura 13. Hospitalizaciones por ictus, coste medio y coste total. Comunidad de Madrid, 2015. 26

• Figura 14. Servicios asistenciales de ayuda domiciliaria por grupos de población. Comunidad de Madrid, 2017.	28
• Figura 15. Portal del paciente, proyecto CASIOPEA.....	30
• Figura 16. Perfil de Ingreso:	32
• Figura 17. Resumen peticiones automatizadas.	41
• Figura 18. Resumen tratamiento farmacológico automatizado.	44
• Figura 19. Resumen Tratamiento no farmacológico automatizado.	46
• Figura 20. Número total de pacientes con la vía clínica finalizada según el hospital.	47
• Figura 21. Motivo de triaje por el que se filian los pacientes en urgencias, con vía clínica finalizada.	48
• Figura 22. Comparación del número total de pacientes que acuden por el motivo de triaje déficit neurológico focal a la urgencia, según el hospital, atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado y con vía clínica finalizada.	49
• Figura 23. Comparación del nivel de triaje de los pacientes que acuden por el motivo de triaje déficit neurológico focal a la urgencia, atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado y con vía clínica finalizada.....	49
• Figura 24. Comparación de los tiempos en urgencias según el nivel de triaje, de los pacientes que acuden por el motivo de triaje déficit neurológico focal a la urgencia, atendidos siguiendo el protocolo estándar (P.E) no automatizado y con vía clínica finalizada (V.F).	49
• Figura 25. Diagnóstico una vez dado el alta de los pacientes con vía clínica finalizada en los tres hospitales.	52
• Figura 26. Comparación del número de pacientes que fueron dados de alta del servicio de neurología con el diagnóstico de “Oclusión de arterias cerebrales” y su estancia media, atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado y con vía clínica finalizada.	52
• Figura 27. Resultados NPS (Net Promoter Score) por hospital y según el año.	54

◆ Capítulo I : Organización del trabajo

▪ Introducción

La industria médica ha experimentado un cambio significativo debido a la IA en las últimas décadas pues esta ha permitido avances en el diagnóstico, en el tratamiento y en la gestión hospitalaria. A pesar de ello, el manejo de ictus sigue representando un desafío crítico para los sistemas sanitarios, pues sigue siendo una de las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo. Dado que el daño cerebral aumenta con el paso de cada minuto sin tratamiento, los ictus requieren una intervención sanitaria rápida y precisa. Debido a la creciente prevalencia de esta enfermedad y a su impacto en los recursos hospitalarios, encontrar alternativas que optimicen la atención sanitaria y disminuyan los tiempos de respuesta es fundamental. La IA se presenta como una herramienta clave para mejorar la eficiencia del sistema sanitario, optimizar procesos y el uso de recursos a través de la automatización y el análisis predictivo.

Este proyecto examinará las aplicaciones de la IA, centrándose en la atención hospitalaria, y con especial atención en cómo su uso ha permitido estandarizar los protocolos clínicos en los centros de Quirónsalud, la empresa que proporciona los datos clínicos para este trabajo. Los patrones clínicos y las vías de atención más eficientes se han identificado a través del análisis de datos históricos. Esto ha llevado a una mejora en el uso de recursos y la calidad del servicio otorgado.

Este trabajo se centra en la optimización del proceso de hospitalización para el tratamiento del ictus mediante el uso de IA, poniendo especial énfasis en la digitalización de los flujos de trabajo clínico. En los últimos años, la capacidad para analizar grandes volúmenes de datos ha permitido la creación de sistemas que ayudan a los médicos a tomar decisiones y automatizan tareas rutinarias, como solicitar pruebas diagnósticas o elegir tratamientos basados en protocolos clínicos validados. Esto, además de incrementar la eficiencia operativa de los hospitales, contribuye a una atención más rápida, reduce la variabilidad en la atención a pacientes con ictus y hace que las decisiones médicas sean más coherentes y estén alineadas con las mejores prácticas clínicas.

El sistema Casiopea, que se emplea en los hospitales del grupo Quirónsalud, es un ejemplo de esta integración tecnológica. Casiopea permite la automatización de procesos cruciales en la atención a los pacientes con ictus, permitiendo que los médicos, enfermeros y fisioterapeutas accedan y gestionen información médica de manera inmediata. Los hospitales pueden gestionar el flujo de pacientes de forma más eficaz, reducir la estancia hospitalaria media y aumentar la satisfacción de los pacientes con la implementación de este sistema. La IA facilita la identificación de las pruebas y tratamientos médicos más adecuados, lo que conlleva una reducción del número de errores y una mayor eficiencia en el consumo de recursos.

Este estudio pretende mostrar cómo la implantación de la IA en la gestión hospitalaria puede hacer más eficiente la asistencia sanitaria mediante una mejora tanto los resultados clínicos como la eficiencia operativa, lo que se traduce en ventajas tanto para los pacientes como para los profesionales sanitarios.

▪ Contexto

¿Qué es la Inteligencia Artificial?

El desarrollo de la inteligencia artificial (IA) está transformando cómo interactuamos con la tecnología, emergiendo como uno de los campos más dinámicos y prometedores del siglo XXI ha cambiado nuestra percepción acerca del potencial de las máquinas para realizar tareas complejas.

La inteligencia artificial se enfoca en el desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requerirían de la inteligencia humana como el reconocimiento de voz, la toma de decisiones, la resolución de problemas y la comprensión del lenguaje natural, entre otras. Por lo tanto, se puede definir a la IA como el campo de la informática que estudia la capacidad de una máquina para imitar o simular procesos cognitivos humanos, tales como el aprendizaje y la adaptación a nuevas situaciones (Russell & Norving, 2020).

Usos Actuales de la Inteligencia Artificial

La IA es utilizada hoy en día en diversas aplicaciones de sectores muy diferentes. Dentro del ámbito empresarial la IA es empleada por las organizaciones para conseguir mejoras en la eficiencia operativa, en la optimización de la cadena de suministro y en la personalización de la experiencia del cliente mediante sistemas de recomendación (Davenport & Ronanki, 2018).

En el sector financiero, los algoritmos de IA se utilizan para la detección y prevención del fraude, mediante la identificación de patrones anómalos en tiempo real que podrían pasar desapercibidos para los humanos. Además, se emplean en la gestión de riesgos y el análisis predictivo, lo que permite a las instituciones anticiparse a cambios del mercado, optimizar sus estrategias de inversión y tomar decisiones más contrastadas basadas en datos históricos y en las tendencias emergentes (Liu & Anderson, 2024).

En la vida cotidiana, la IA se manifiesta de a través de asistentes virtuales como Siri, Alexa y Google Assistant. Estos dispositivos utilizan tecnologías de procesamiento de lenguaje natural para interactuar de manera intuitiva con los usuarios, responder preguntas, controlar dispositivos inteligentes del hogar y ejecutar tareas como programar alarmas o proporcionar recomendaciones personalizadas de contenidos o productos (Hoy, 2018).

Por otro lado, el impacto de la IA en la medicina ha sido particularmente relevante en áreas como el desarrollo de nuevos medicamentos y la gestión de pacientes. Los sistemas de IA permiten aumentar la precisión diagnóstica, especialmente en campos como la radiología, donde el análisis asistido por IA de imágenes médicas contribuye a una detección más temprana y precisa de enfermedades complejas como el cáncer. Esto no solo mejora la calidad del diagnóstico, sino que también permite a los profesionales médicos tomar decisiones más contrastadas, mejorando así los resultados clínicos y optimizando los recursos sanitarios (Esteve et al., 2017).

Perspectivas Futuras de la Inteligencia Artificial

Se espera que en un futuro próximo la IA se integre en mayor medida en diversas áreas de la vida humana y que permita avances significativos en la automatización, la personalización y la toma de decisiones autónomas. De la misma manera cabe esperar que sea una pieza fundamental en el desarrollo de vehículos capaces de tomar decisiones en tiempo real, denominados autónomos. Se prevé así mejorar la seguridad y la eficiencia del transporte (Bojarski et al., 2016).

En la educación está previsto que la IA transforme el aprendizaje mediante la personalización según las necesidades individuales de los estudiantes (Zawacki-Richter et al., 2019). Todos los avances mencionados implican a su vez desafíos éticos y sociales que requerirán de una regulación adecuada para mitigar riesgos asociados con la privacidad, el empleo, etc (Bostrom y Yudkowsky, 2011).

La automatización avanzada y la toma de decisiones basadas en el análisis de datos a gran escala hará que la IA transforme diversos sectores. Se espera que contribuya al crecimiento económico global gracias a que facilite mejoras en la productividad y que se consiga desarrollar a niveles superiores a la inteligencia humana, lo que podría suponer una transformación de la sociedad (Lund et al., 2021).

Tipos de Inteligencia Artificial

Según la capacidad para replicar la inteligencia humana y según propia su capacidad y funcionalidad diferenciamos distintos tipos de IA.

Los sistemas diseñados para realizar tareas específicas como son el reconocimiento facial, la traducción de idiomas o la clasificación de correos electrónicos reciben la denominación de IA débil o estrecha (*Narrow AI*) y no poseen conciencia ni entendimiento más allá de la tarea asignada.

Los sistemas capaces de realizar toda tarea cognitiva que un ser humano pueda hacer reciben la denominación de IA fuerte o general (*General AI*) sin embargo, este tipo de IA aún no se ha materializado pese a representar el objetivo final para muchos investigadores en el campo.

El nivel de inteligencia que superaría al humano en todos los aspectos y que podría desencadenar transformaciones radicales en la sociedad se denomina superinteligencia. Su desarrollo y sus posibles implicaciones son objeto de debate ético y técnico (Butlin et al., 2023).

El Metaverso y la Inteligencia Artificial Generativa (*GenAI*) son dos desarrollos tecnológicos clave en la transformación digital actual. El Metaverso es un entorno virtual inmersivo que combina elementos de la realidad física con la realidad digital y que gracias a ello ofrece espacios donde los usuarios pueden interactuar con objetos y entre sí en tiempo real. La *GenAI* permite la creación automática de contenido para estos entornos virtuales como pueden ser paisajes, objetos tridimensionales y personajes, facilitando el diseño y la personalización del Metaverso.

Se espera que la combinación de GenAI y el Metaverso tenga un gran impacto en campos como el trabajo y la educación, ofreciendo plataformas virtuales con aplicaciones que permitan la formación corporativa mediante la simulación de escenarios complejos para la resolución de problemas, fomentando la colaboración y el aprendizaje (Chamola et al., 2023).

En resumen, gracias a sus numerosas y novedosas aplicaciones, la Inteligencia Artificial está en el centro de la transformación tecnológica moderna, tiene impacto en sectores clave y el potencial de revolucionar la manera en que vivimos y trabajamos.

Sin embargo, no podemos olvidar que un mayor desarrollo de la IA hace esencial la correcta comprensión de las capacidades, las limitaciones, los diferentes tipos y los desafíos que presenta para la anticipación a sus desarrollos futuros y la preparación de las sociedades para los cambios que estas tecnologías puedan traer. Por lo tanto, el conocimiento de los tipos de IA será de utilidad para poder analizar su desarrollo continuo y sus posibles implicaciones.

▪ Objetivos

Objetivo Principal del TFG:

Documentar y analizar el proceso en curso de Quirónsalud para reducir la variabilidad clínica en la atención a pacientes con ICTUS mediante la estandarización de protocolos clínicos.

Objetivos Secundarios:

1. Identificar las aplicaciones habituales de la IA en la atención sanitaria.
2. Explorar las nuevas funcionalidades de la IA en el ámbito sanitario.
3. Dar visibilidad a la labor de innovación de la empresa Quirónsalud e introducir la fuente principal de información en la que se apoya el trabajo.
4. Analizar cómo la inteligencia artificial puede optimizar el proceso hospitalario en caso de ictus mediante el sistema implementado por Quirónsalud.

▪ Metodología

1. Participar en el equipo que diseña e implementa el proceso de estandarización de protocolos clínicos en caso de ictus.
 - Análisis mediante inteligencia artificial de las bases de datos de años previos sobre los procesos clínicos más prevalentes y estandarizables en los hospitales estudiados.
 - Detallado desglose de las trayectorias asistenciales por proceso, incluyendo los profesionales involucrados en la evaluación, el momento de las evaluaciones, las pruebas diagnósticas realizadas, los medicamentos prescritos y las intervenciones adicionales
 - Caracterización sociodemográfica y clínica integral del paciente, abarcando aspectos como edad, sexo, antecedentes médicos, indicadores clínicos relevantes para el proceso en cuestión, seguimiento actual en especialidades relacionadas y otros datos de interés.
 - Evaluación conjunta con expertos de los resultados y determinación del itinerario asistencial ideal y óptimo para el paciente, basándose en la evidencia disponible y el consenso entre profesionales médicos.
 - Integración en el sistema de historia clínica electrónica el protocolo de actuación automatizado para el tratamiento del ictus, incluyendo la posibilidad de cancelar la vía clínica durante el proceso según el criterio médico.
 - Incorporar la Trayectoria farmacológica óptima.
 - Establecer el canal de comunicación óptimo para el paciente y el cuidador dentro de la trayectoria asistencial (emplear herramientas como el Portal del Paciente y la SmartRoom).
2. Revisión bibliográfica de las aplicaciones de la inteligencia artificial en el mundo sanitario.
3. Entrevistas con miembros del equipo para analizar las dificultades encontradas en el diseño y en la implementación del proceso de estandarización de protocolos clínicos en caso de ictus.

▪ **Desarrollo**

Para proporcionar una visión general, se mencionan los contenidos de cada uno de los diferentes capítulos del trabajo:

Capítulo II: La IA en el mundo sanitario

Este capítulo analiza cómo la IA se está aplicando en el ámbito de la salud, detallando las aplicaciones habituales ya integradas en la práctica clínica como la automatización de diagnósticos y la optimización de tratamientos. Además, con la mirada puesta en una mayor transformación del sector, se analizarán funcionalidades emergentes con potencial para provocar dicho cambio, mejorando la precisión y personalización del tratamiento médico.

Capítulo III: Empresa colaboradora

Se describe el rol de Quirónsalud como fuente de datos clínicos y empresa colaboradora del proyecto, explicando su relevancia para el trabajo. Además, se destacan su infraestructura y las plataformas digitales que ha implementado en su práctica diaria, como Casiopea, que muestran su compromiso con la innovación en la gestión hospitalaria mediante el uso de IA.

Capítulo IV: Optimización del proceso hospitalario en caso de ictus mediante la IA

Se detalla la optimización de los procesos hospitalarios relacionados con el ictus mediante el uso de IA. Se comienza describiendo la digitalización previa de la información, un paso esencial para automatizar la toma de decisiones. A continuación se explican los parámetros que controla el sistema, el proceso de obtención de los datos, y cómo se realiza el análisis predictivo mediante IA. Además, se presentan las conclusiones del análisis, las medidas implementadas para mejorar la eficiencia, y la optimización conseguida en la atención a los pacientes con ictus.

Capítulo V: Conclusiones

Se exponen las conclusiones obtenidas del trabajo, enfatizando cómo la implementación de IA ha mejorado la eficiencia operativa de los hospitales y los resultados clínicos para los pacientes mediante la automatización, la estandarización y la optimización de los protocolos hospitalarios.

◆ Capítulo II : La IA en el mundo sanitario

▪ Evolución de las aplicaciones de la IA en el ámbito sanitario

Diversas áreas de la medicina como el diagnóstico y la administración hospitalaria están siendo transformadas por las aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito sanitario. Los avances en la capacidad de procesamiento de datos y en la sofisticación de los algoritmos empleados están permitiendo una evolución gradual y constante de las aplicaciones de la IA en la sanidad. Se analizarán cuáles fueron las primeras aplicaciones, cómo está integrada la IA en la práctica médica hoy en día y qué desafíos y oportunidades presenta para el futuro de la atención sanitaria.

• **Primeras aplicaciones de la IA en la sanidad**

En la década de 1960 los investigadores comenzaron a explorar el potencial de los sistemas computacionales para mejorar la precisión diagnóstica iniciando el uso de la IA en el ámbito sanitario. El sistema MYCIN, desarrollado en la Universidad de Stanford durante la década de 1970 y diseñado para diagnosticar infecciones bacterianas y recomendar tratamientos antibióticos adecuados (utilizando un enfoque basado en reglas que le permitía realizar inferencias a partir de datos clínicos), es uno de los primeros y más influyentes sistemas de IA en medicina. Este sistema sirvió como un modelo para el desarrollo de futuros sistemas expertos y fue pionero en el uso de IA para la toma de decisiones médicas (Shortliffe, 1976).

Los primeros sistemas contemporáneos enfrentaron limitaciones significativas que restringían la utilidad práctica de estos sistemas a pesar de su innovación, como la falta de digitalización de los registros médicos y la limitada capacidad de procesamiento de los ordenadores de la época (Ledley & Lusted, 1959). La adopción de estas tecnologías se ralentizó pues a estos impedimentos había que sumarle la resistencia de los profesionales de la salud a confiar en sistemas automáticos para la toma de decisiones críticas de diagnóstico y tratamiento (Feigenbaum, 1977).

• **Desarrollo y expansión de la IA en la medicina durante las últimas décadas**

Gracias a los avances tecnológicos en el campo de la informática se lograba una integración más efectiva de la IA en la práctica médica y durante las décadas de 1980 y 1990, gracias a sus nuevas capacidades pudo aplicarse al análisis de grandes volúmenes de datos clínicos, dejando de limitarse al uso de sistemas expertos y dando lugar al desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas (CDSS, por sus siglas en inglés). Estos sistemas permitían el diagnóstico de enfermedades más complejas mediante la combinación de datos de pacientes con conocimientos médicos almacenados en bases de datos y entre ellos destacaron INTERNIST-I y QUICK MEDICAL REFERENCE (Miller et al., 1987).

De forma paralela fueron surgiendo nuevas técnicas que permitieron la creación de modelos predictivos más flexibles y capaces de aprender de datos clínicos sin necesidad de ser programados explícitamente con reglas específicas, gracias a la investigación en redes neuronales y el aprendizaje automático (*Machine Learning*). Se fue entonces preparando el terreno para aplicaciones que hoy en día son comunes en la medicina moderna gracias a este nuevo enfoque más adaptativo que abrió nuevas posibilidades en áreas como la interpretación de imágenes médicas y la predicción de resultados clínicos (McCulloch & Pitts, 1990).

- **Aplicaciones habituales**

Aplicaciones actuales de la IA en la sanidad

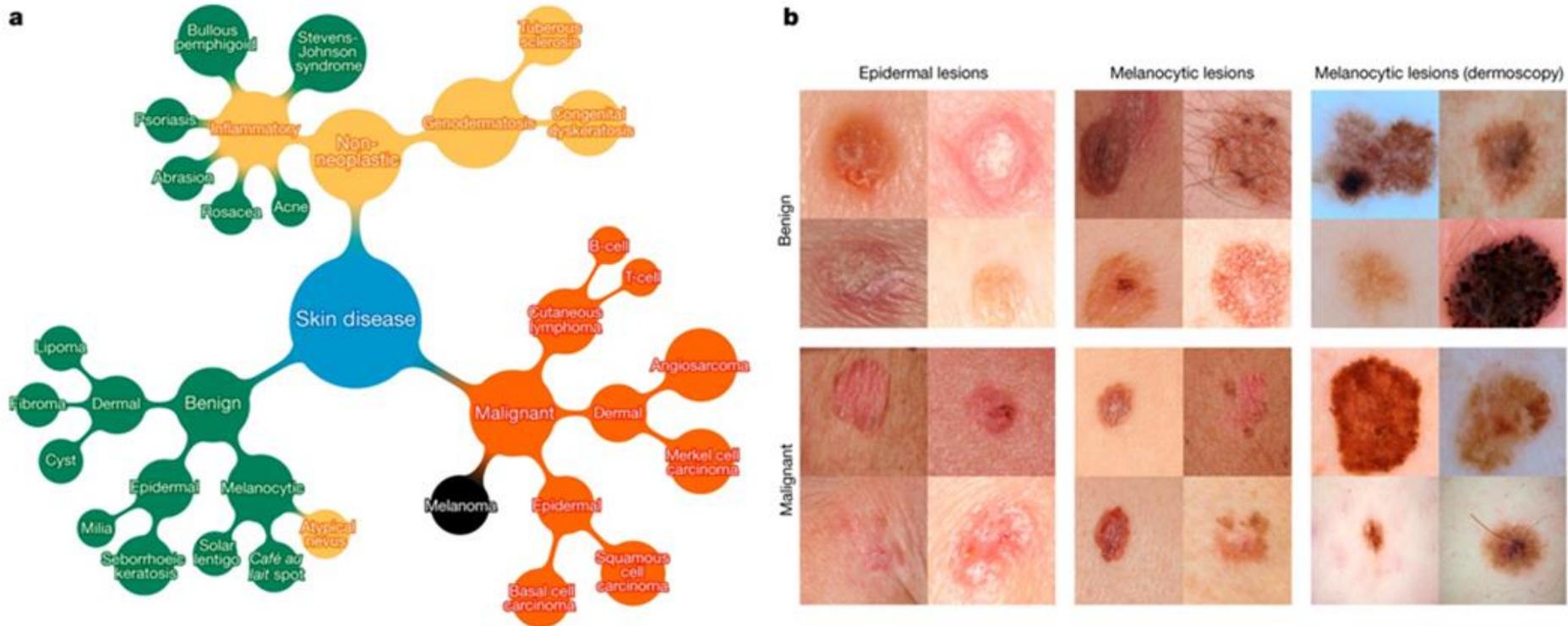
La IA se ha consolidado a día de hoy como una herramienta fundamental en múltiples áreas de la medicina como el campo de la radiología, donde se emplea para interpretar imágenes médicas con una precisión comparable a la de los radiólogos humanos gracias a los algoritmos de aprendizaje profundo que se utilizan.

Especialistas en dermatología e ingenieros demostraron que un sistema de IA basado en redes neuronales profundas denominado "Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks" permite clasificar lesiones cutáneas, determinando si son cancerosas o no cancerosas, con un nivel de precisión similar al de dermatólogos experimentados. Estos sistemas pueden procesar grandes volúmenes de imágenes de manera más rápida y eficiente, mejorando la precisión diagnóstica, algo crucial en sistemas de salud con recursos limitados (Esteve et al., 2017).

Figura 1: Diagrama esquemático de la taxonomía y ejemplos de imágenes del conjunto de prueba.

a) Árbol de enfermedades de la piel. La taxonomía completa abarca 2,032 enfermedades, organizadas según la similitud visual y clínica. El rojo indica enfermedades malignas, el verde enfermedades benignas, el naranja condiciones que pueden ser benignas o malignas, y el negro representa melanoma.

b) Ejemplos de imágenes de enfermedades malignas y benignas de dos clases diferentes. Estas imágenes ilustran la dificultad de discernir entre maligno y benigno en tres tareas de clasificación médica cruciales: lesiones epidérmicas, lesiones melanocíticas y lesiones melanocíticas visualizadas con un dermoscopio.

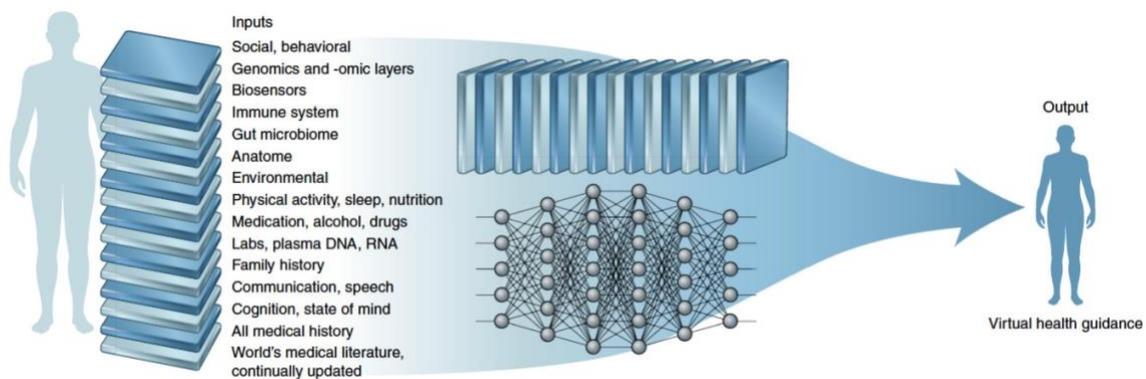


Fuente: Esteva et al. (2017).

Por otro lado, la capacidad de los algoritmos de IA para analizar grandes volúmenes de datos genéticos, clínicos y de estilo de vida ha tenido un impacto significativo en la medicina personalizada, permitiendo desarrollar tratamientos más personalizados y efectivos. Es posible predecir cómo responderán los pacientes a diferentes tratamientos basados en su perfil genético y en la evolución de su enfermedad gracias a los modelos de IA utilizados en oncología, lo que promete mejorar los resultados de los pacientes, y reducir los efectos secundarios gracias a la anticipación al uso de tratamientos innecesarios (Topol, 2019).

Figura 2: Proceso de recopilación y análisis de datos en un coach médico virtual, que integra múltiples fuentes de información del individuo para generar recomendaciones personalizadas de salud.

Entre ellas: Comportamiento social, capas genómicas y -ómicas, biosensores, sistema inmunológico, microbioma intestinal, anatomía, factores ambientales, actividad física, sueño, nutrición, medicación, alcohol, drogas, laboratorios, ADN y ARN plasmáticos, historial familiar, comunicación, habla, cognición, estado mental, todo el historial médico, literatura médica mundial actualizada continuamente, etc.



Fuente: Topol (2019).

Algoritmos de IA están ayudando a gestionar la logística de los hospitales y a optimizar los procesos hospitalarios pues además de su uso en la radiología y la medicina personalizada, sirven de utilidad en la programación de quirófanos, la gestión de inventarios y la asignación de recursos humanos. Gracias a estas aplicaciones los profesionales de la salud pueden dedicar más tiempo a la atención directa al paciente como consecuencia de la mayor eficiencia operativa (Maleki Varnosfaderani & Forouzanfar, 2024).

Los asistentes virtuales impulsados por IA han comenzado a desempeñar un papel en la mejora de la interacción con los pacientes, siendo utilizados para proporcionar información médica personalizada, gestionar citas, realizar un seguimiento de la adherencia a los tratamientos y siempre con el punto de mira en la búsqueda de la satisfacción del paciente y la reducción de la carga de trabajo para el personal administrativo (Razzaki et al., s.f.).

▪ Nuevas funcionalidades

Proyecciones futuras de la IA en la sanidad

Se prevé que el futuro de la inteligencia artificial en el campo de la salud sea disruptivo, con potenciales avances que revolucionarán la manera en que se diagnostican, tratan y previenen las enfermedades. Se espera que la IA desempeñe una función crucial en la personalización de tratamientos en la prometedora área de la medicina de precisión. Pronto será posible que los algoritmos de IA puedan combinar y examinar información compleja de diversas fuentes como genomas completos y fichas médicas electrónicas con el fin de dar sugerencias terapéuticas altamente personalizadas (Ruiz & Velásquez, 2023).

Una aplicación prometedora es el uso de la IA en el estudio de fármacos. En la actualidad, el descubrimiento de nuevos fármacos es un procedimiento largo y caro. Sin embargo, los avances en IA están permitiendo reducir los plazos. Los algoritmos de *Deep Learning* pueden examinar extensas colecciones de compuestos químicos y prever cuáles tienen más posibilidades de ser útiles para combatir determinadas enfermedades, agilizando de esta manera el proceso de investigación y desarrollo. Esto podría resultar en medicamentos más eficaces desarrollados en menos tiempo, con grandes ventajas para la salud pública a nivel mundial (Kim et al., 2021).

La incorporación de aplicaciones móviles como Scribe está transformando significativamente la manera en que los sanitarios registran los expedientes médicos. Las tecnologías de reconocimiento automático de voz que emplean estas herramientas posibilitan la transcripción instantánea de las interacciones entre los médicos y los pacientes en el historial clínico electrónico. Este avance permite que los doctores se enfoquen completamente en la atención y el examen médico del paciente, aumentando la calidad y eficacia del cuidado en la consulta y reduciendo la carga de tareas administrativas del personal sanitario (DeepScribe, s.f.).

De acuerdo con investigaciones recientes, la IA es una herramienta poderosa encaminada a mejorar los resultados sanitarios al posibilitar el diagnóstico precoz de enfermedades. Además, se espera que la inteligencia artificial tenga un papel clave, gracias a los progresos en robótica y en sistemas autónomos, en la automatización de la ejecución de operaciones quirúrgicas, con una precisión que excede las habilidades humanas. Actualmente se emplean robots quirúrgicos para llevar a cabo intervenciones poco invasivas con una precisión de milímetros, y se prevé que en un futuro próximo estos dispositivos se vuelvan más independientes debido a la incorporación de la IA (Gonzalez et al., 2023).

No obstante, a pesar de estas oportunidades, la creciente presencia de la IA en el sector médico también conlleva retos pues la automatización de decisiones médicas plantea interrogantes sobre responsabilidad y transparencia que requerirán avances de la regulación y cuestiones éticas (Walsh, 2024). Por otro lado con respecto a la ciberseguridad, la creciente dependencia de sistemas de inteligencia artificial necesita una infraestructura sólida y segura para proteger la información de los pacientes, lo cual podría suponer un reto importante en cuanto a seguridad informática (Armitage & Tsakiris, 2021).

◆ Capítulo III : Empresa colaboradora

El origen de Quirónsalud, uno de los principales grupos hospitalarios privados de España y Europa, se remonta a la fundación de la Clínica Quirón en Zaragoza en 1961 por el Dr. Publio Cordón, con el objetivo de crear un centro de salud que ofreciera servicios médicos de alta calidad con un enfoque centrado en el paciente (Sanidad Privada, 2011). Partiendo de este pequeño centro de salud, la empresa que ha experimentado un notable crecimiento y evolución a lo largo de las últimas décadas hasta llegar lo que hoy conocemos como Quirónsalud.

Figura 3: Dr. Publio Cordón, fundador del Grupo Hospitalario Quirón.



Fuente: El Mundo (2009)

En la década de 2010 el proceso de crecimiento de Quirónsalud se intensificó con un plan de adquisiciones agresivo que incluyó la compra de varios grupos hospitalarios, entre ellos USP Hospitales y el Grupo Teknon. En el año 2014 Quirónsalud se consolida como el mayor operador hospitalario privado de España gracias a la fusión con IDCsalud, anteriormente conocido como Capiro (Medina, 2018). La empresa no solo limitó este crecimiento al ámbito nacional pues comenzó su expansión internacional con la adquisición de hospitales en América Latina y otros países europeos (Quirónsalud, 2019).

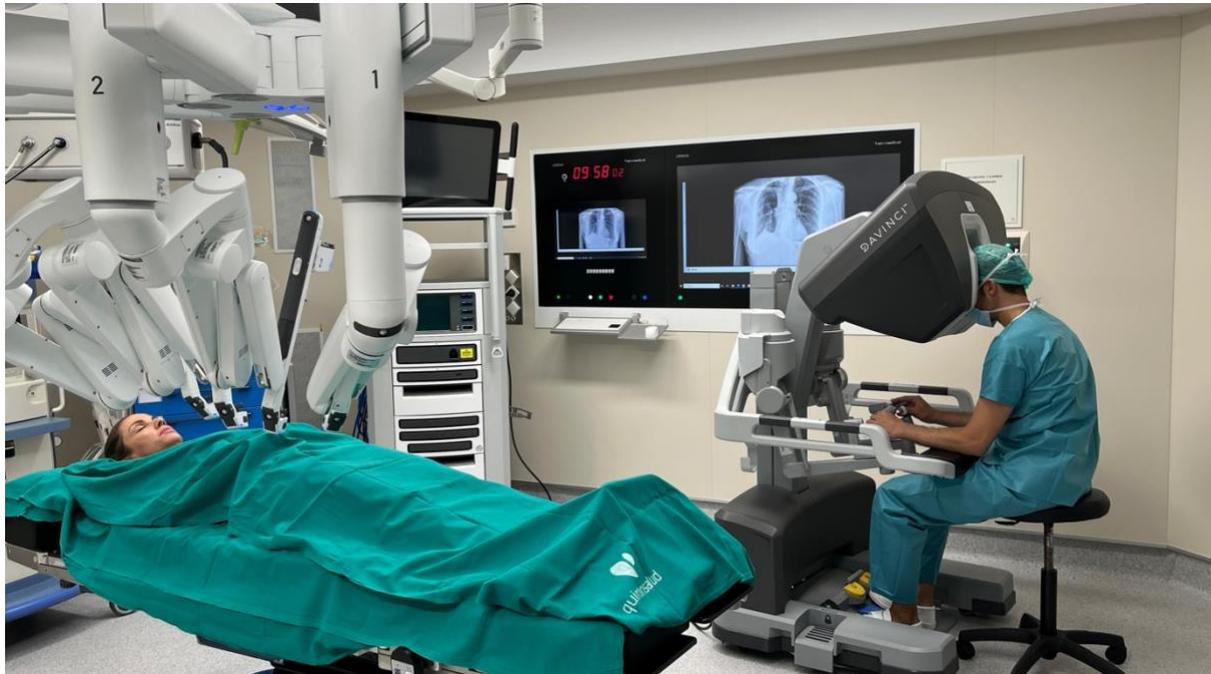
Quirónsalud se ha consolidado como líder en el mercado español y ha extendido su influencia internacional durante los últimos años siguiendo una estrategia de crecimiento que combina nuevas adquisiciones con la integración de nuevas tecnologías. La empresa ha podido de esta forma conseguir una mejora constante en la calidad de sus servicios y mantener su posición competitiva en un sector en constante evolución, en el que ha tenido que enfrentar el envejecimiento de la población, la creciente demanda de servicios de salud especializados y los desafíos del sistema sanitario europeo (Stratesys, 2019).

Quirónsalud recibió el sello dorado de Joint Commission International Enterprise en 2022 como reconocimiento a su capacidad para combinar la calidad asistencial con la eficiencia operativa, convirtiéndose así en el primer grupo hospitalario privado del mundo en obtenerla (Quirónsalud, 2022). Además ha sido reconocido en múltiples ocasiones por su excelencia en la atención sanitaria y varios de sus centros han sido destacados en rankings internacionales. El World's Best Specialized Hospitals de la revista Newsweek incluyó a varios hospitales de Quirónsalud entre los mejores del mundo (Quirónsalud, 2023 -c).

Quirónsalud es uno de los mayores empleadores del sector salud en España que da empleo a más de 45,000 profesionales en sus diferentes centros y unidades en el país (Quirónsalud, 2023 -a). La empresa es capaz de ofrecer una cobertura sanitaria integral y de alta calidad gracias a la distribución de estos trabajadores en más de 50 hospitales y 100 centros de atención especializada en todo el territorio español (Quirónsalud, s.f.-a).

Entre los hospitales más reconocidos de Quirónsalud en la Comunidad de Madrid se encuentran el Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz, el Hospital Quirónsalud Madrid y el Hospital Ruber Internacional y todos ellos destacan por su modernidad y tecnología avanzada; estando cada uno de estos centros equipado con tecnología de última generación en diagnóstico por imagen, quirófanos con alta capacidad tecnológica y unidades especializadas en diversas áreas médicas como oncología, cardiología y neurocirugía (Quirónsalud, s.f.-b).

Figura 4: Robot quirúrgico Da Vinci en el Hospital Quirónsalud Sagrado Corazón.



Fuente: Quirónsalud (2023, 13 de septiembre)

Figura 5: Los 21 especialistas de la Fundación Jiménez Díaz que han sido incluidos en el listado de “Los mejores médicos de España” elaborado por El Confidencial.



Fuente: Quirónsalud (2023 -b)

Los Hospitales Universitarios Rey Juan Carlos (HURJC, Móstoles), Infanta Elena (HUIE, Valdemoro) y General de Villalba (HUGV, Villalba), forman una red de hospitales integrados en la red sanitaria pública madrileña, son gestionados por Quirónsalud y han proporcionado los datos necesarios para el desarrollo del trabajo. Forman parte de la estructura de la Red Pública de la Comunidad de Madrid a través de un mecanismo de gestión capitativo y en base a la población asignada, por el que dan asistencia a dicha población. Para ello, el SERMAS estableció con Quirónsalud tres contratos de gestión con una duración establecida de 30 años por hospital.

Figura 6. Poblaciones a las que dan cobertura de asistencia sanitaria cada hospital.

	HURJC	HUGV	HUIE
Población (31-12-2023)	187.553	127.528	128.245

Fuente: Quirónsalud (Gerencia)

Además de la actividad asistencial especializada vinculada a la demanda de su población asignada, los tres centros realizan actividad añadida para otros ciudadanos con cobertura a través del SERMAS y pertenecientes a un área sanitaria diferente, y que, en el ejercicio del derecho a la Libre Elección que tienen todos los ciudadanos de la Comunidad de Madrid, escogen uno de estos tres hospitales (Ley 6/2009, de 16 de noviembre, de Libertad de Elección en la Sanidad de la Comunidad de Madrid). Según los datos que, en su ejercicio de transparencia, proporciona la Comunidad de Madrid, el número de pacientes de otras zonas que han elegido los hospitales públicos de Quirónsalud para ser atendidos es considerablemente superior al resto de hospitales públicos.

Figura 7. Número total de pacientes que han escogido otro centro hospitalario ejerciendo el derecho a la Libre Elección, por hospital escogido, en 2022 en la Comunidad de Madrid

Entradas por libre elección	Ejercicio 2022
H. Rey Juan Carlos	58.630
H. General de Villalba	32.558
H. Infanta Elena	19.156
H. Fundación Jiménez Díaz	78.128
H. Torrejón	15.677
H. Clínico San Carlos	15.741
H. Gregorio Marañón	11.432
H. Puerta de Hierro Majadahonda	13.088
H. La Paz	11.315
H. 12 de Octubre	10.862
H. Infanta Leonor - Vallecas	6.014
H. Fundación de Alcorcón	12.493
H. de la Princesa	3.972
H. Ramón y Cajal	8.333
H. de Móstoles	6.791
H. Infanta Sofía	7.551
H. Gómez Ulla	5.427
H. de Fuenlabrada	4.715
H. Se Vero Ochoa	2.086
H. de Getafe	4.211
H. del Henares - Coslada	3.455
H. Infanta Cristina	1.453
H. del Sureste - Arganda	1.963
H. Príncipe de Asturias	2.962
H. de El Escorial	2.883
H. del Tajo - Aranjuez	2.245

Fuente: Quirónsalud (Gerencia)

La modalidad de financiación de los tres hospitales queda definida en el contrato es a través de una Prima per cápita (persona/año) dirigida a la prestación del servicio público de atención sanitaria especializada a la población protegida, a la que hay que añadir la facturación intercentros consistente en la variación entre la valoración económica de la actividad realizada a población protegida del hospital realizada en otros hospitales públicos y la valoración de la actividad realizada por el hospital a pacientes que ejercieron la libre elección.

Estos tres centros hospitalarios trabajan bajo una estrategia común basada en tres ejes que son compartidos con los profesionales y equipos directivos, evaluados mediante diferentes indicadores y objetivos de seguimiento permanente de mejora:

- Salud de la Población.
- Experiencia de los Pacientes.
- Eficiencia (uso responsable de los recursos; sostenibilidad del sistema).

Estos tres centros cuentan con una historia de más de 15 años de trabajo en red para poder ofrecer la mejor asistencia a sus pacientes y en la búsqueda permanente de la excelencia en la atención y la innovación con alto peso del componente digital en la transformación de la práctica clínica. Toda la estrategia se traduce en el desarrollo de una historia clínica propia (Casiopea) y con una App como herramienta de comunicación propia con los pacientes (Portal del Paciente), siendo la App sanitaria más utilizada en España y que cuenta con más de 7 millones de usuarios. Su estrategia, herramientas y equipo humano han sido las palancas de un claro posicionamiento con alto nivel de reconocimiento reputacional. La madurez cultural y digital de este modelo en la actualidad ha hecho que se haya convertido en la Estrategia del Grupo Quironsalud.

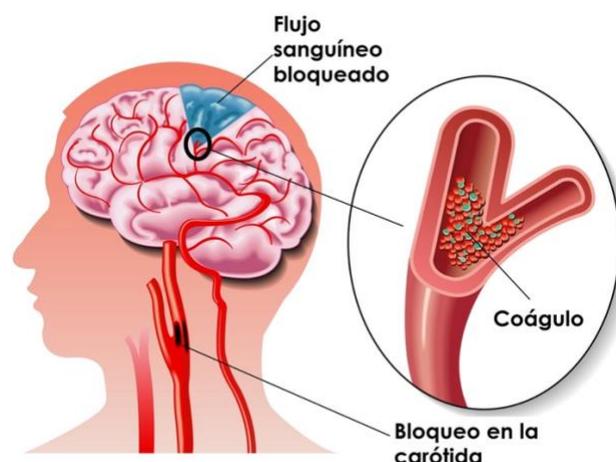
◆ Capítulo IV : Optimización del proceso hospitalario en caso de ictus mediante la IA

▪ Ictus: Definición, Tipos, Incidencia y Prevalencia

El ictus es una emergencia médica que se manifiesta como un corte repentino en el suministro de sangre a una zona del cerebro, es decir, una interrupción del flujo sanguíneo que puede resultar en lesiones neuronales y en la disminución de las capacidades cerebrales. Este trastorno, comúnmente denominado accidente cerebrovascular (ACV), deja una huella profunda en la calidad de vida de quienes lo sufren y causa lesiones que pueden llegar a ser irreversibles; es uno de los principales responsables de accidentes mortales y discapacidades a nivel mundial. El ictus se clasifica según el tipo de evento cerebrovascular que afecta y se categorizan dos tipos principales, ictus isquémico si se ha bloqueado una arteria, o ictus hemorrágico si ha sido consecuencia de una ruptura de un vaso sanguíneo. Cada uno tiene sus propios mecanismos fisiopatológicos y enfoques terapéuticos:

El ictus isquémico se desencadena cuando un coágulo sanguíneo obstruye o estrecha una de las arterias del cerebro impidiendo que el oxígeno y los nutrientes vitales alcancen las células cerebrales. Es el tipo de accidente cerebrovascular más común pues representa alrededor del 85% de todas las manifestaciones del ictus y puede causar la muerte en cuestión de minutos. Los coágulos pueden surgir en el interior de las arterias cerebrales (trombosis cerebral) o viajar desde otras partes del cuerpo (embolia cerebral). Esta segunda complicación es frecuente en aquellos que padecen afecciones cardíacas como la fibrilación auricular.

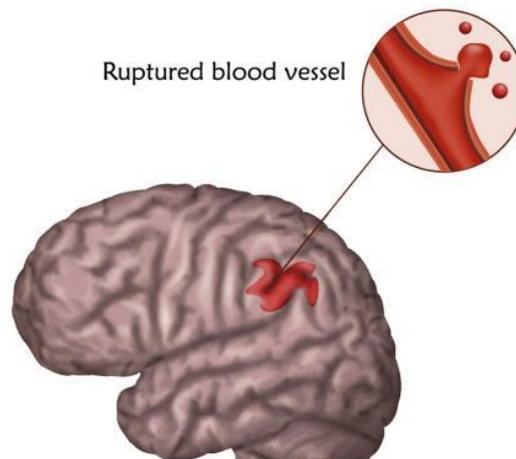
Figura 8. ACV isquémico o ictus isquémico



Fuente: Asociación Granadina de Familias para la Rehabilitación del Daño Cerebral (s.f.).

El ictus hemorrágico ocurre cuando un vaso sanguíneo en el cerebro se rompe y desencadena una dolorosa hemorragia cerebral. La fractura puede tener múltiples causas como la hipertensión arterial (HTA), una malformación arteriovenosa o la presencia de un aneurisma cerebral. Constituye el 15% restante de todos los casos y a pesar de que no es tan frecuente como el ictus isquémico, el ictus hemorrágico suele ser más severo y se vincula a un mayor riesgo de mortalidad y discapacidad (Arboix, Díaz, Pérez-Sempere, & Álvarez Sabin, 2006).

Figura 9. ACV hemorrágico o ictus hemorrágico



Fuente: Bupa (2020).

El ictus es un fenómeno que afecta a un número alarmante de personas en España, con una tasa aproximada de 187 casos por cada 100,000 habitantes cada año. Este problema de salud, que varía según la edad, el género y la presencia de otras enfermedades, se ha convertido en una de las principales razones de discapacidad entre adultos, además de ser la segunda causa de mortalidad en nuestro país. Aunque el accidente cerebrovascular no se limita solo a la población más envejecida, ya que también puede impactar enormemente a aquellos individuos más jóvenes, el riesgo de sufrir un ictus se eleva considerablemente con la edad, afectando principalmente a aquellos mayores de 65 años.

Figura 10. Número de altas hospitalarias por ictus según intervalo de edad. Comunidad de Madrid, 2015.

ZONA GEOGRÁFICA	Nº DE ALTAS	% <65 AÑOS	% ≥65 AÑOS
Comunidad de Madrid	10.572	27,8%	72,2%

Fuente: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Conjunto Mínimo Básico de Datos - Hospitalizaciones²⁴.

Fuente: Sociedad Española de Neurología (2020).

Esta peligrosa condición afecta una parte considerable de la población en el tiempo pues se estima que una de cada seis personas experimentará un ictus. Cabe destacar el impacto positivo de los avances en el tratamiento inmediato y en el cuidado subsiguiente que han contribuido a elevar las tasas de supervivencia, aunque los pacientes no dejan de enfrentarse a las secuelas con una nueva perspectiva de vida. Como consecuencia a que cada vez más personas afectadas por este trastorno sobreviven al accidente cerebrovascular, un número creciente de supervivientes precisa atención médica constante y procesos de rehabilitación, lo que a su vez intensifica la presión sobre los sistemas de salud. El ictus inspira muchas iniciativas dedicadas a perfeccionar su prevención, diagnóstico y tratamiento pues es un desafío para la salud pública (Sociedad Española de Neurología [SEN], 2020).

Figura 11. Posición del ictus en las causas básicas de defunción según CIE-10. Comunidad de Madrid, 2016.

	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Todas las causas	45.066	22.056	23.010
067 Otras enfermedades del sistema respiratorio	3.177	1.346	1.831
018 Tumor maligno de la tráquea, de los bronquios y del pulmón	2.597	1.943	654
059 Enfermedades cerebrovasculares	2.362	973	1.389
058 Otras enfermedades del corazón	2.203	852	1.351
057 Insuficiencia cardíaca	1.856	653	1.203
046 Trastornos mentales orgánicos, senil y presenil	1.836	566	1.270
055 Infarto agudo de miocardio	1.724	971	753
064 Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (excepto asma)	1.483	1.094	389
056 Otras enfermedades isquémicas del corazón	1.481	874	607
051 Enfermedad de Alzheimer	1.435	386	1.049

Fuente: Instituto Nacional de Estadística¹⁹.

Fuente: Sociedad Española de Neurología (2020).

El ictus trunca vidas, deja cicatrices en aquellos que se ven afectados por esta enfermedad y acarrea una pesada carga económica debido a los enormes y variados gastos asociados a su tratamiento. Entre estos encontramos la atención hospitalaria aguda (es una de las principales causas de ingreso hospitalario), las intervenciones quirúrgicas necesarias, la prolongada rehabilitación y los costes indirectos que surgen de las pérdidas de productividad y la demanda de cuidados a largo plazo.

Figura 12. Coste total de nuevos casos de ictus al año. Comunidad de Madrid, 2018.

NUEVOS CASOS DE ICTUS	COSTE (M€)
9.983	276,65 M€

Fuente: Elaboración propia a partir de Díaz-Guzmán et al.⁵, INE¹⁷ y Alvarez-Sabín et al.²³.

Fuente: Sociedad Española de Neurología (2020).

Figura 13. Hospitalizaciones por ictus, coste medio y coste total. Comunidad de Madrid, 2015.

NÚMERO TOTAL DE HOSPITALIZACIONES	COSTE POR CADA HOSPITALIZACIÓN	COSTE TOTAL (M€)
10.572	7.610,27 €	80,46 €

Fuente: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Conjunto Mínimo Básico de Datos – Hospitalizaciones²⁴.

Fuente: Sociedad Española de Neurología (2020).

El envejecimiento, la presencia de factores de riesgo modificables como la hipertensión, la diabetes tipo II, el tabaquismo, la obesidad y la carencia de actividad física son problemas comunes en nuestra sociedad que subrayan la urgente necesidad de implementar estrategias de prevención y atención más eficaces. Todos estos factores elevan la probabilidad de sufrir un ictus y juegan un papel crucial en el perturbador aumento de casos en los últimos años.

Múltiples campañas de concienciación pública y programas de intervención temprana han sido implementadas para dar respuesta a este desafío y con el objetivo de reducir la incidencia de ictus y mejorar los resultados de salud para aquellos que lo sufren.

La introducción de tratamientos como la trombólisis intravenosa y la trombectomía mecánica han permitido avances significativos en el abordaje terapéutico del ictus, demostrando ser efectivos en la reducción de la mortalidad y la discapacidad cuando se aplican de manera temprana. Es esencial conseguir mejorar la atención del ictus y los resultados en salud para lo que están resultando fundamentales herramientas como la optimización de los procesos hospitalarios, el desarrollo de rutas clínicas eficientes y la implementación de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (Venketasubramanian, 2023).

- **¿Por qué “Optimización del Proceso Hospitalario en Caso de ictus mediante IA” ?**

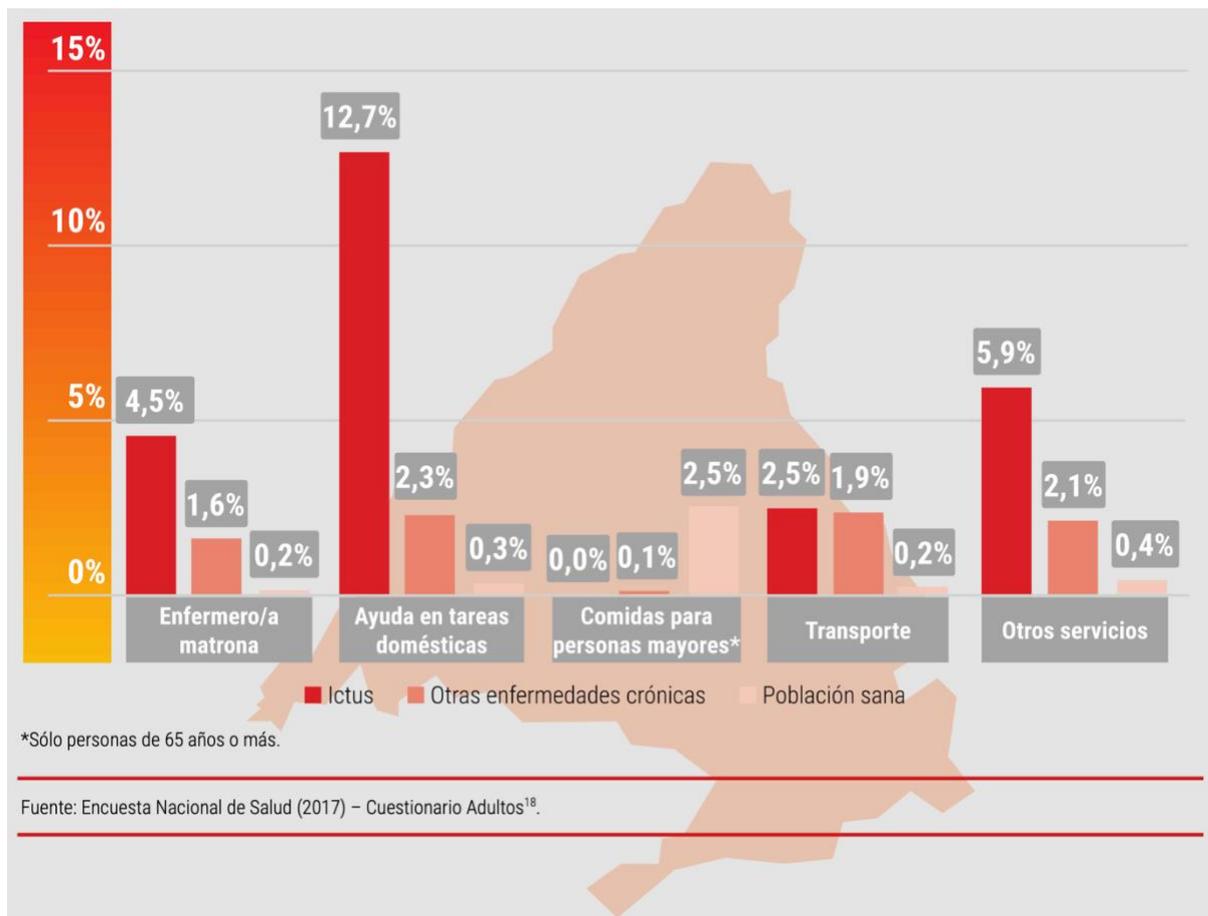
Diversas razones de relevancia clínica y social motivan la elección de un Trabajo de Fin de Grado (TFG) enfocado en la optimización del proceso hospitalario en caso de ictus mediante el uso de inteligencia artificial (IA). Entre ellas cabe destacar las inmensas implicaciones económicas y de impacto sanitario del ictus, que es responsable de una parte significativa del gasto en salud por los costes directos relacionados con la atención aguda y la hospitalización y por los costes a largo plazo asociados con la rehabilitación, el manejo de discapacidades crónicas y la pérdida de productividad (SEN, 2020).

El ictus a menudo resulta en una discapacidad significativa que puede limitar la capacidad de una persona para trabajar y realizar actividades diarias generando una carga económica adicional tanto para las familias como para la sociedad, motivo por el que los costes indirectos son igualmente importantes. Es de vital importancia mejorar la eficiencia en la atención y adoptar medidas que puedan reducir los costes anuales asociados al ictus que se estiman en miles de millones de euros en España. Reducir los tiempos de hospitalización, minimizar las complicaciones y mejorar la eficiencia del sistema de salud son objetivos que deben perseguirse mediante la optimización de los procesos hospitalarios.

El sistema de salud en el momento actual está sufriendo una presión sin precedentes debido a varios factores interrelacionados, entre los que destaca la escasez de médicos en áreas clave como las urgencias neurológicas, que se ha visto incrementada por la jubilación de un gran número de profesionales en los últimos años y la insuficiente incorporación de nuevos médicos capacitados. Este momento es particularmente crítico, siendo un verdadero desafío para la gestión hospitalaria debido al déficit de especialistas que afecta a la calidad de la atención y aumenta los tiempos de espera, lo que es especialmente problemático en el caso del ictus, donde cada minuto cuenta para prevenir daños cerebrales irreversibles (Serrano Alba, 2024).

La transformación de las necesidades de salud de la población, conocida como la transición epidemiológica, debido a la cronicidad de las enfermedades y el envejecimiento poblacional, es otro factor crucial que ha llevado a un aumento en la prevalencia de enfermedades crónicas y ha incrementado la demanda de servicios de salud sobre un sistema sanitario ya sobrecargado. Un número creciente de personas requerirá atención médica continua, lo que incrementa el gasto sanitario y ejerce una presión adicional sobre los recursos disponibles (SEN, 2020).

Figura 14. Servicios asistenciales de ayuda domiciliaria por grupos de población. Comunidad de Madrid, 2017.



Fuente: Sociedad Española de Neurología (2020).

La inteligencia artificial permite la mejora en la rapidez y precisión del diagnóstico del ictus y la optimización de la gestión hospitalaria. La reducción en los tiempos de espera y la mejora de los resultados clínicos hacen que la IA se presente como una herramienta prometedora para abordar los desafíos previamente mencionados, mejorando la eficiencia y la efectividad del sistema de salud.

La IA puede ayudar a identificar patrones complejos en los datos de los pacientes, automatizar tareas rutinarias permitiendo a los profesionales de la salud centrarse en los casos más complejos y urgentes, prever complicaciones y personalizar los tratamientos en función de las características individuales de cada paciente. En el caso del ictus esto mejora los resultados clínicos y reduce los costes asociados con el tratamiento y la rehabilitación.

▪ **Digitalización previa de la información**

Como se explicó previamente en la información relativa a la empresa colaboradora, los tres centros de los que se han extraído los datos para preparar la base de soporte a las decisiones clínicas cuentan con una historia previa de más de 15 años de trabajo en red. Se ha realizado un importante trabajo previo en la transformación de la práctica clínica con alto peso del componente digital.

El Grupo Quirónsalud ha estado a la vanguardia de la revolución tecnológica en España que ha supuesto la digitalización de las historias clínicas, un elemento central en la transformación de los sistemas sanitarios en todo el mundo. Gracias a esta transformación digital cuyo corazón es la historia clínica electrónica (HCE), se han optimizado los procesos internos de los centros de salud y se han mejorado tanto la experiencia del paciente como la calidad de la atención médica. La HCE se ha convertido en una herramienta indispensable para la gestión de la información médica.

Quirónsalud incorpora la historia clínica electrónica a través de su plataforma Casiopea, la cual ha transformado la gestión y el acceso a los datos de los pacientes permitiendo a los profesionales sanitarios la posibilidad de registrar, consultar y actualizar la información médica de manera inmediata desde cualquier dispositivo con conexión. Esta ventaja tecnológica ha mejorado la accesibilidad, ha eliminado la dependencia de los registros en papel y ha permitido una atención en tiempo real y con mayor precisión, especialmente útil en casos de emergencia.

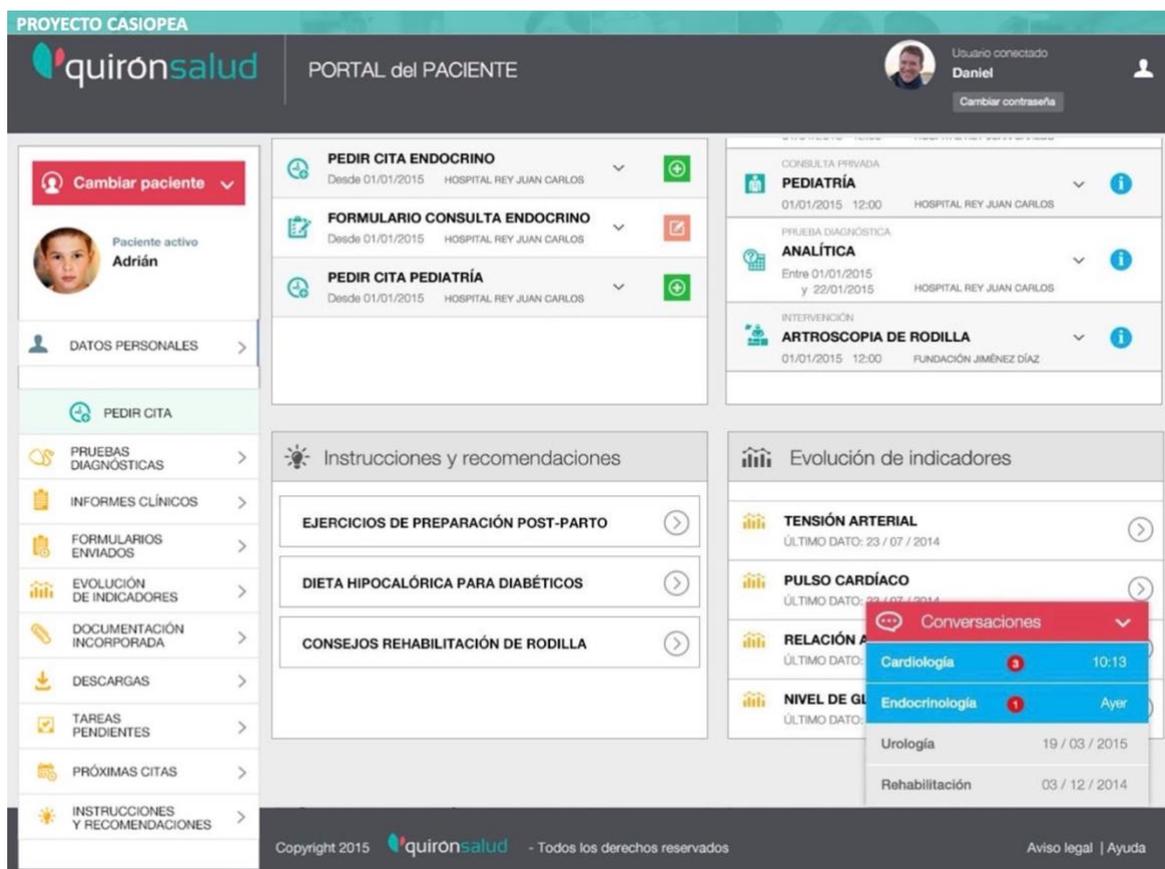
Casiopea está diseñada para ofrecer flexibilidad, permitiendo a los profesionales documentar la evolución del paciente, solicitar pruebas diagnósticas, prescribir medicación y visualizar resultados. Todo ello es posible desde la cabecera del paciente lo que incrementa la eficiencia del proceso asistencial. Este sistema es ampliamente utilizado en los hospitales del grupo puesto que los propios médicos han considerado estas capacidades como especialmente valiosas. Además, esta plataforma digital evoluciona constantemente gracias a nuevas actualizaciones, asegurando su utilidad a medida que las necesidades de los pacientes cambian.

Un ejemplo claro de la importancia de la digitalización de las historias clínicas para la gestión hospitalaria y especialmente para los casos de emergencia es la pandemia de COVID-19. Entonces gracias a Casiopea, los profesionales sanitarios pudieron continuar brindando atención médica sin necesidad de establecer contacto físico gracias a la capacidad de acceder de manera remota a la información médica. Esto fue clave en el contexto en que se encontraba la sociedad para garantizar la continuidad de los tratamientos y seguimientos médicos durante este periodo de crisis.

Además de Casiopea, Quirónsalud ha complementado su proceso de digitalización junto con la plataforma Mi Quirónsalud, la cual otorga las riendas al paciente, facilitando el acceso a su historial clínico desde su propio dispositivo. Esta herramienta permite a los pacientes consultar resultados de pruebas diagnósticas, modificar citas y comunicarse con los médicos sin tener que desplazarse al hospital, lo que ha empoderado a los usuarios al fomentar su participación en la gestión de su salud.

Una ventaja importante de transformar las historias clínicas en formato digital es la protección de la información. Casiopea resguarda la información del paciente en un sistema centralizado que opera bajo rigurosos estándares de seguridad, salvaguardando los datos sensibles contra accesos no permitidos. A su vez, los médicos autorizados pueden acceder de manera ágil a la información, facilitando así la toma de decisiones clínicas informadas. Asimismo, la digitalización permite que los datos médicos fluyan sin barreras entre los distintos miembros del equipo de salud, fomentando una sinergia interdisciplinaria que optimiza tanto el diagnóstico como el tratamiento del paciente.

Figura 15. Portal del paciente, proyecto CASIOPEA



Fuente: Quirón Salud (2016).

Quirónsalud puede realizar un seguimiento detallado del estado de salud de sus pacientes contribuyendo a un tratamiento más preventivo gracias a la historia clínica electrónica, pues esta facilita el acceso a registros de salud completos, desde antecedentes médicos hasta resultados recientes de pruebas. Esta digitalización combinada con tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y el análisis de datos, que están comenzando a integrarse en la HCE, permite a los médicos detectar posibles patrones de enfermedad o necesidades de seguimiento antes de que el paciente desarrolle síntomas graves, es decir la identificación de riesgos de salud basados en el historial médico de los pacientes.

▪ **Parámetros controlados**

El procesamiento de datos comienza con la identificación de las tablas del HIS (Sistema de Información Hospitalaria) corporativo donde se aloja la información de valor para el proyecto de los ámbitos de Urgencias y Hospitalización, que consta de variables demográficas, administrativas y clínicas.

En caso de tratarse de información no normalizada, como parte de este proceso de extracción de datos, se incorporan procesos de estructuración de variables que las mapean a la clasificación y formato necesarios.

Estas variables están compuestas por información demográfica, administrativa y clínica entre la que podemos destacar:

- Fecha de nacimiento, sexo e información administrativa sobre los contactos de los pacientes con Urgencias y Hospitalización.
- Antecedentes normalizados de los pacientes extraídos de su historia clínica completa.
- Diagnósticos asociados a los episodios de los pacientes que se normalizan empleando CIE-19ES (clasificación internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud décima revisión) y se agrupan mediante su GRD (Grupos Relacionados por el Diagnóstico).
- Peticiones de pruebas diagnósticas.
- Tratamiento farmacológico y no farmacológico.

Figura 16. Perfil de Ingreso:

Hemograma	Bioquímica	Coagulación
Número total leucocitos	Glucosa	Tiempo de Protrombina
Numero total hematíes	Urea	Indice de Quick
Hemoglobina	BUN (Nitrógeno ureico)	INR
Hematocrito	Creatinina	Fibrinógeno derivado
Volumen corpuscular medio sangre	Bilirrubina total	
Hemoglobina corpuscular media	Bilirrubina directa	
CHCM	Acido Úrico	
RDW	Calcio	
Número total plaquetas	Filtrado glomerular (CKD-EPI)	
Volumen plaquetar medio	Enzimas	
Formula	ASAT (GOT)	
Velocidad de sedimentación	ALAT (GPT)	
	Gamma-GT	
	LDH	
	Iones	
	Sodio	
	Potasio	
	Cloro	
	Metabolismo Lipídico	
	Colesterol total	
	Triglicéridos	
	HDL Colesterol	
	Colesterol de LDL (Formula de Friedewald	
	Estudio de Proteinas en suero	
	Albúmina	
	Proteinas	
	Proteína C reactiva	
	Perfil Tiroideo	
	TSH	
	Vitaminas	
	Vitamina B12	
	Otras determinaciones	
	Hemoglobina A1c	
	Folico	

serologias	trombofilia
opcional	opcional

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

▪ Proceso de obtención de los datos

Gracias a la herramienta clave dentro del Grupo Quirónsalud, el procedimiento que siguen los profesionales sanitarios para introducir la información de los pacientes en las historias clínicas completamente digitales está diseñado para ser eficiente.

1. Registro de datos clínicos:

A través de Casiopea, plataforma a la que los profesionales sanitarios pueden acceder desde una aplicación móvil o una interfaz de escritorio, los médicos introducen en tiempo real los datos relevantes del paciente, tales como constantes vitales, historial de alergias, medicación en curso y diagnósticos. Esta información se ingresa durante la consulta o la estancia hospitalaria y se actualiza constantemente para reflejar cualquier cambio en el estado del paciente de forma que la historia clínica digital se mantiene actualizada y accesible para todo el equipo de salud.

2. Comunicación y coordinación:

Casiopea permite que los médicos puedan dictar notas, solicitar pruebas diagnósticas, modificar tratamientos y enviar alertas al personal de enfermería o a otros departamentos, todo desde la misma plataforma la cual almacena la información clínica y mejora la comunicación entre los diferentes profesionales. Se garantiza por tanto que todos los involucrados en el tratamiento estén al tanto de los cambios en tiempo real, pues las órdenes y actualizaciones se registran inmediatamente en la historia clínica del paciente.

3. Automatización y seguridad:

Cuando un médico prescribe un tratamiento o solicita pruebas, el sistema Casiopea envía notificaciones al personal correspondiente para asegurarse de que las acciones se ejecuten a tiempo, minimizando errores humanos mediante funciones automáticas. Se refuerza la seguridad del proceso clínico gracias a la posibilidad de acceder a los datos desde cualquier dispositivo móvil, permitiendo a los profesionales hacer doble verificación de los datos del paciente.

4. Integración de datos y toma de decisiones:

El flujo de información que se consigue gracias a la digitalización mediante Casiopea facilita la toma de decisiones médicas más informadas y oportunas, pues permite que los datos del paciente, como resultados de laboratorio o pruebas de imagen, se integren automáticamente en su historial clínico. Para analizar y presentar la información más relevante en función de las necesidades del personal médico en cada momento Casiopea utiliza algoritmos de Big Data.

5. Reducción de la burocracia:

Toda la documentación relevante está almacenada en un solo lugar y es accesible por todos los departamentos del hospital, consiguiendo así centralizar toda la información en formato digital y optimizar el flujo de trabajo reduciendo las posibilidades de errores.

Se facilita la labor diaria de los profesionales sanitarios y se mejora la calidad de la atención al paciente con un enfoque digitalizado al hacer que la información crítica esté disponible de manera inmediata y precisa.

▪ **Análisis de los datos mediante IA predictiva**

Se ha realizado un estudio para analizar los diferentes diagnósticos de alta de hospitalización y la trazabilidad del proceso completo de actuación ante un ictus para poder unificarlo todo en una vía clínica. Para ello se ha llevado a cabo un proceso de extracción y análisis de datos para preparar la base de soporte a las decisiones clínicas.

La metodología de análisis de datos del proyecto consta de varias fases que tienen el objetivo de identificar la información clave, estructurarla en caso de ser necesario y añadirla a un modelo de datos creado ad hoc, sobre el que se construye una capa de análisis basada en un cuadro de mando que permite al equipo clínico explorar los datos de actividad asistencial y tomar decisiones de optimización de procesos. Las tecnologías empleadas son SQL, Python, Power Query y PowerBI y las fases son las siguientes:

1. Identificación de las tablas del HIS:

El procesamiento de datos comienza con la identificación de las tablas del HIS (Sistema de Información Hospitalaria) corporativo (Casiopea) donde se aloja la información de valor para el proyecto de los ámbitos de Urgencias y Hospitalización, que consta de variables demográficas, administrativas y clínicas. En caso de tratarse de información no normalizada, como parte de este proceso de extracción de datos, se incorporan procesos de estructuración de variables que las mapean a la clasificación y formato necesarios.

2. Carga en modelo de datos y relaciones entre variables:

Esta información se carga en un modelo de datos creado de manera específica para el proyecto donde se establecen las relaciones necesarias entre variables, siendo el paciente la entidad central y haciendo hincapié en la variable temporal, que será uno de los indicadores a optimizar.

3. Estudio analítico con cuadro de mando y entrenamiento de modelos predictivos:

Sobre este modelo de datos se construye una capa analítica que muestra la siguiente información:

- Agrupación de variables para obtener conocimiento estadístico.
- Estudio de relaciones entre variables para la identificación de patrones de peticiones y abordaje terapéutico.
- Cálculo de los días de estancia, relación con la situación clínica de los pacientes y las peticiones realizadas.

Esta información se muestra a través de un cuadro de mando que incluye filtros para hacer una exploración detallada de la información mostrada, permitiendo al experto clínico identificar cuáles son los patrones más habituales en función de la situación clínica del paciente y, de esta manera, llegar a conclusiones que permitan optimizar las vías clínicas y mejorar el uso de recurso y de tiempos de espera.

Este proceso de extracción, transformación y representación de datos queda automatizado dentro del sistema de información del hospital y permite monitorizar de una manera prospectiva los resultados de las mejoras realizadas en los procesos asistenciales, garantizando el seguimiento y la calidad de los cambios implementados.

Se realiza un análisis de datos mediante un sistema basado en IA predictiva que permite identificar patrones ocultos en los datos utilizando los datos extraídos del Sistema de Información Hospitalaria (HIS), recogidos en Casiopea y previamente estructurados en un modelo para analizar:

- Estancia media
- Número de ingresos
- Flujo de pacientes
- El tratamiento en el momento agudo
- Tiempo del profesional de guardia en gestionar pruebas complementarias

Este proceso de análisis implica llevar a cabo el entrenamiento de modelos predictivos sobre la base de datos previamente estructurada, utilizando variables clave como los antecedentes médicos de los pacientes, las pruebas y las intervenciones realizadas y la evolución temporal de su estado clínico.

Los modelos se entrenan utilizando datos históricos de pacientes con el objetivo de identificar patrones de relación entre variables que permiten a la IA predictiva generar recomendaciones clínicas proactivas. Se encuentran relaciones entre variables como los días de estancia y el día de la semana en el que se hospitalizaron los pacientes y se hacen estimaciones como la predicción de la carga de trabajo hospitalaria en función de los ingresos y altas esperadas.

Las secuencias de eventos clínicos son esenciales para entender la evolución de los procesos a lo largo del tiempo por lo que la estructura de los datos está pensada para que la variable temporal sea la optimizada, lo que proporciona una base ideal para la implementación de modelos predictivos.

La IA predictiva se alimenta de patrones para hacer inferencias sobre el futuro comportamiento de las variables. Es por este motivo que la agrupación de variables para obtener conocimiento estadístico y el estudio de las relaciones entre ellas para identificar patrones sean fundamentales en la creación de modelos predictivos. Se consigue generar valor añadido al análisis mediante la anticipación de tendencias y resultados. La identificación de patrones de peticiones de pruebas clínicas y su relación con los días de estancia puede ser empleada para predecir la duración de la hospitalización y los recursos necesarios para optimizar el uso de camas y personal médico.

La información se presenta a través de un cuadro de mando con filtros para explorar los datos que permite un enfoque dinámico y que se beneficia del análisis realizado mediante la integración de la IA.

4. Utilidad del análisis:

La automatización de los procesos de hospitalización junto con la escalabilidad del análisis predictivo garantiza que las decisiones clínicas estén siempre informadas por la información más actualizada y relevante, mejorando la calidad del seguimiento y la implementación de cambios en los procesos asistenciales.

Mediante la creación de modelos que analicen las relaciones entre las variables de estudio la IA predictiva puede mejorar el uso de los recursos y los tiempos de espera de alta hospitalaria prediciendo cuál es la mejor vía clínica para que el paciente esté listo para ser dado de alta en el menor tiempo posible. De esta manera se consigue optimizar el flujo de pacientes, reducir los tiempos de espera y mejorar la asignación de recursos hospitalarios. La IA apoya la toma de decisiones y se convierte en una herramienta para la planificación a largo plazo dentro de las vías clínicas.

Gracias a esta estrategia se maximiza la utilidad de los datos disponibles y se asegura que el equipo clínico pueda tomar decisiones informadas y proactivas, garantizando un mejor uso de los recursos hospitalarios y una mejora continua de los procesos asistenciales. El análisis mediante IA predictiva complementa y eleva el proceso de análisis de datos clínicos y contribuye a una atención médica más eficiente, efectiva y sostenible.

▪ Conclusiones del análisis

Las conclusiones obtenidas del análisis (previo a la optimización del proceso, realizado a lo largo del año 2022 para poner en marcha el protocolo automatizado desde 2023) realizado sobre los diferentes centros hospitalarios en relación con la estancia media de los pacientes, el número creciente de ingresos, la falta de especialistas de manera presencial (se da soporte telemático) en algunos hospitales y la carga de trabajo del personal de guardia, son:

- Estancia media prolongada y variable según el centro.
- Nº ingresos creciente, con necesidad de altas hospitalarias precoces para acelerar flujo de pacientes.
- Ausencia de Neurólogo de guardia presencial en HGV (Hospital Universitario General de Villalba) y HUIE (Hospital Universitario Infanta Elena) que implica errores en tratamiento en el momento agudo.
- El profesional de guardia invierte demasiado tiempo en gestionar pruebas complementarias.

Se revelan por tanto varias áreas críticas que pueden ser optimizadas para mejorar la eficiencia y calidad de la atención médica. A continuación, se desarrolla cada conclusión de manera más detallada, proporcionando un análisis exhaustivo de sus implicaciones y posibles soluciones.

Estancia media prolongada y variable según el centro

La estancia hospitalaria de los pacientes es un factor clave en la eficiencia del sistema de salud y varía significativamente entre los diferentes centros debido a múltiples factores como las diferencias en los protocolos de atención, la disponibilidad de recursos, y los perfiles demográficos de los pacientes atendidos. Una estancia media prolongada genera un mayor consumo de recursos hospitalarios (camas, personal médico, etc) y afecta la capacidad del hospital para gestionar el flujo de nuevos pacientes.

La introducción de modelos predictivos basados en inteligencia artificial (IA) es una solución clave para abordar esta problemática puesto que la prolongación de la estancia media está relacionada con procesos asistenciales no optimizados y la estandarización de las vías clínicas entre los diferentes centros contribuiría a minimizar la variabilidad en la estancia media, asegurando una atención más uniforme y eficiente.

La utilización de IA predictiva y la mejora de la gestión hospitalaria deben tener como objetivo encontrar un equilibrio entre la reducción de la estancia y la garantía de que los pacientes son dados de alta en condiciones seguras y óptimas. Es importante destacar que la reducción de la estancia hospitalaria no debe comprometer la calidad de la atención médica.

Nº de ingresos creciente, con necesidad de altas hospitalarias precoces para acelerar el flujo de pacientes

Otro reto importante identificado en el análisis que puede saturar los recursos disponibles, afectando tanto la calidad de la atención como a los tiempos de espera, es el crecimiento del número de ingresos. Para enfrentar un incremento en la demanda de atención hospitalaria, se hace evidente la necesidad de acelerar el flujo de pacientes, lo que implica enfrentar el desafío de altas hospitalarias más tempranas. Esta necesidad debe gestionarse cuidadosamente para evitar que las altas precoces afecten negativamente la recuperación del paciente o aumenten las tasas de reingreso.

Una solución eficaz para acelerar el flujo de pacientes, reducir el riesgo de altas prematuras inapropiadas y optimizar el uso de las camas hospitalarias es la implementación de la estandarización de la vía clínica en caso de ictus mediante el análisis de datos históricos. Estos sistemas proporcionarían una herramienta adicional a los profesionales sanitarios en caso de ser integrados en el cuadro de mando clínico que facilitaría la toma de decisiones más informadas.

La planificación adecuada, con antelación, mejoraría el flujo de pacientes, reduciría los tiempos de espera en urgencias y en el proceso de hospitalización y permitiría maximizar el uso de los recursos disponibles.

Ausencia de Neurólogo de guardia presencial en HGV y HUIE que implica errores en tratamiento en el momento agudo

Una de las conclusiones más preocupantes del análisis es que la falta de neurólogos de guardia presencial en dos centros clave como lo son el Hospital Universitario General de Villalba (HGV) y el Hospital Universitario Infanta Elena (HUIE) tiene un impacto directo en la capacidad de estos hospitales para gestionar de manera adecuada los casos agudos que requieren atención neurológica. Esto a su vez puede derivar en errores en el tratamiento durante los momentos críticos de la evolución de la enfermedad.

En situaciones de emergencia como lo son el tratamiento de condiciones neurológicas agudas como el ictus y las crisis epilépticas, la intervención temprana y especializada es crucial para evitar complicaciones graves y secuelas permanentes. La falta de un neurólogo de guardia presencial puede retrasar la toma de decisiones críticas y afectar negativamente a los resultados clínicos.

Para solucionar este problema se ha implementado la telemedicina. Este sistema permite a los neurólogos ofrecer consultas remotas en tiempo real a través de tecnologías de videoconferencia y hace posible la evaluación de los pacientes en momentos agudos y el guiado por parte de los especialistas al personal de guardia en la toma de decisiones. Sin embargo, la implementación de la estandarización de la vía clínica en caso de ictus serviría para reducir aún más los tiempos de actuación en los momentos críticos.

El profesional de guardia invierte demasiado tiempo en gestionar pruebas complementarias

En el análisis se ha observado que un problema recurrente en muchos hospitales es que los profesionales de guardia dedican una cantidad excesiva de tiempo a gestionar pruebas complementarias teniendo consecuencias negativas. La sobrecarga administrativa reduce el tiempo que los médicos pueden dedicar a la atención directa al paciente y provoca retrasos en la toma de decisiones, especialmente en situaciones críticas donde la rapidez es esencial para asegurar el mejor resultado clínico posible.

El análisis de los datos permite determinar qué pruebas son necesarias en la gran mayoría de los episodios de ictus tratados. Gracias a ello una posible solución a este problema es la automatización del proceso de solicitud y gestión de pruebas mediante la estandarización de la vía clínica, de manera que estas sean pedidas por el sistema de manera automática ante un nuevo episodio y se reduzca así el tiempo que el médico invierte en este proceso. La automatización puede optimizar el flujo de trabajo entre los diferentes departamentos del hospital y asegurar que las pruebas se realicen y procesen lo más rápido posible.

- **Medidas implementadas**

Peticiones :

El siguiente procedimiento de actuación, fundamentado en un exhaustivo análisis de datos clínicos, estandarizado y automatizado, es el resultado del consenso alcanzado entre los especialistas. Gracias al uso de herramientas de inteligencia artificial predictiva se han podido identificar los patrones que optimizan tanto los tiempos de diagnóstico como la coordinación entre los distintos profesionales implicados y por tanto los más efectivos en el manejo de pacientes con ictus. El análisis de datos históricos y la trazabilidad de los tratamientos han permitido crear un protocolo que mejora los resultados clínicos, automatiza ciertos aspectos clave del proceso y que garantiza una atención uniforme y eficiente en los momentos críticos de atención al paciente.

Teniendo presente que el manejo de un paciente con ictus requiere una intervención rápida y precisa para minimizar el daño cerebral y optimizar las posibilidades de recuperación, se ha diseñado el siguiente procedimiento que detalla los pasos a seguir desde el momento del ingreso del paciente en el hospital. Se ha prestado especial atención a la temporalidad de las pruebas diagnósticas, las interconsultas con otros especialistas y la realización de procedimientos complementarios.

Este plan está diseñado para guiar a los profesionales de la salud en la atención del paciente en un período crítico para el pronóstico del ictus como son las primeras 48 horas.

1. A la hora del ingreso:

Las primeras horas de un posible paciente con ictus son cruciales. En el momento de la llegada al hospital se deben realizar varias pruebas diagnósticas, interconsultas y procedimientos complementarios para poder confirmar el diagnóstico y comenzar el tratamiento adecuado cuanto antes.

Pruebas de imagen:

- **Cerebro y angio-RM:** Una resonancia magnética cerebral (RM) y una angio-RM son pruebas esenciales para analizar el área afectada del cerebro mediante una visualización detallada del flujo sanguíneo cerebral y determinar si hay una obstrucción en los vasos sanguíneos que pueda estar causando el ictus, por ello se deben realizar con la mayor brevedad posible.
- **Dúplex de TSA (Troncos Supraaórticos):** Es importante detectar si hay estrechamientos o bloqueos en las arterias que llevan sangre al cerebro que podrían haber desencadenado el ictus. Para ello se debe realizar de inmediato esta prueba que es una ecografía que evalúa el flujo sanguíneo en las arterias del cuello, particularmente las arterias carótidas y permite determinar la necesidad de tratamiento intervencionista o quirúrgico.

Otro procedimiento:

- **Ecocardiografía transtorácica (ETT):** Es recomendable especialmente en pacientes con antecedentes de arritmias o valvulopatías realizar en las primeras horas del ingreso una ecocardiografía transtorácica para evaluar la función cardíaca y descartar la presencia de una embolia cardíaca como causa del ictus. Además, el ecocardiograma también permite detectar la presencia de un foramen oval permeable, el cual podría ser otra posible causa del ictus.

2. A las 24 horas del ingreso:

Durante el segundo día de hospitalización es fundamental la incorporación de otros especialistas que ayudan a manejar las secuelas inmediatas del ictus y comienzan a trabajar en la rehabilitación del paciente, siendo clave la intervención multidisciplinar.

Interconsultas:

- **Rehabilitación:** La intervención temprana de fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales es crucial para maximizar la recuperación funcional, es fundamental que un equipo de rehabilitación comience a evaluar al paciente para desarrollar un plan de recuperación motora a las 24 horas del ingreso que incluya ejercicios pasivos y activos y la implementación de técnicas para prevenir la atrofia muscular y otros problemas derivados de la inmovilidad.

- **ORL (Otorrinolaringología) - Disfagia:** La disfagia, o dificultad para tragar, es uno de los riesgos más importantes tras un ictus que puede llevar a complicaciones como la neumonía por aspiración y por lo tanto es esencial la evaluación temprana por el equipo de otorrinolaringología (ORL) para diagnosticar y manejar esta complicación. El especialista recomendará cambios en la dieta o incluso la colocación de una sonda de alimentación si fuera necesario, tras la evaluación de la capacidad de deglución del paciente.

3. A las 48 horas del ingreso:

Para incluir la evaluación del estado general del paciente el enfoque se amplía a las 48 horas de manera que la intervención de otros especialistas pueda abordar problemas subyacentes o contribuir a la estabilización del paciente a largo plazo.

Interconsultas:

- **Trabajo Social:** Es necesario involucrar a un trabajador social a las 48 horas del ingreso para coordinar el apoyo que el paciente y su familia puedan necesitar una vez dado de alta mediante la planificación de la rehabilitación a largo plazo, la gestión de recursos económicos y la evaluación de la necesidad de cuidados domiciliarios o institucionales.
- **Endocrino y Nutrición:** Dado que muchos pacientes post-ictus pueden tener dificultades para alimentarse de manera adecuada es esencial realizar una evaluación nutricional completa. El equipo de endocrinología y nutrición debe ser consultado para evaluar el estado metabólico del paciente y el control de factores de riesgo, como la diabetes o el colesterol alto, que pueden haber contribuido al ictus.

Figura 17. Resumen peticiones automatizadas.

	A la hora del ingreso	A las 24 horas del ingreso	A las 48 horas del ingreso
Pruebas de imagen	Cerebro y AngioRM / Duplex TSA neuro		
Interconsultas		Rehabilitación /ORL Disfagia	Trabajo Social/Endocrino y Nutrición
Otro	Ecocardiografía transtorácica HOS		

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO :

A continuación se detallará un protocolo que prioriza la estabilización del paciente abordando los aspectos sintomáticos y las complicaciones potenciales del ictus. El tratamiento estandarizado para pacientes con ictus es un plan terapéutico con las posologías y momentos clave de administración que se basa en una serie de fármacos administrados de manera controlada, ajustada a la evolución del paciente y a sus necesidades durante las primeras horas tras el ingreso.

1. Paracetamol:

- Posología: 1 gramo cada 8 horas si el paciente presenta dolor o fiebre.
- Administración: Se administra vía intravenosa en el momento del ingreso si el paciente lo necesita para controlar el malestar o la fiebre.
- Comentarios: En pacientes con ictus es crucial mantener el bienestar general sin afectar la presión arterial y para ello se utiliza el paracetamol como antipirético y analgésico.

2. Suero Salino (SSF 0,9%):

- Posología: 500 cc de solución salina fisiológica (SSF) al 0,9% cada 8 horas.
- Administración: Para mantener la hidratación y garantizar un adecuado volumen plasmático se inicia la administración en el momento del ingreso del paciente y este tratamiento sigue con el mismo ritmo durante el tiempo hospitalario. A las 24 horas se mantiene con un catéter separado (CLK).
- Comentarios: Se utiliza para evitar la deshidratación, estabilizar los electrolitos del paciente, y contribuir a un entorno hemodinámico adecuado.

3. Glucosado:

- Posología: No debe ser administrado.
- Comentarios: Los niveles de glucosa deben ser cuidadosamente controlados en pacientes con ictus puesto que la hiperglucemia puede empeorar el pronóstico neurológico y por ello el tratamiento no incluye la administración de soluciones glucosadas.

4. Urapidilo:

- Posología: 25 mg cada 4 horas si fuera necesario.
- Administración: Este fármaco es antihipertensivo, permite controlar la presión arterial en diferentes tipos de ictus y se administra solo en caso de ser necesario:
 - Si se trata de un ictus hemorrágico se administrará en caso de que la presión arterial (TA) sea $\geq 150/90$ mmHg.
 - Si se trata de un ictus isquémico se empleará para controlar la presión antes y después del tratamiento de reperfusión (restaurar flujo sanguíneo a un tejido).

- Antes de la reperfusión: si la TA es $>185/110$ mmHg.
- Después de la reperfusión: si la TA es $>180/105$ mmHg.
- Comentarios: Debido a que una presión demasiado elevada puede agravar el daño cerebral, es esencial un riguroso control de la presión arterial en el manejo del ictus.

5. Atorvastatina:

- Posología: 80 mg mediante vía oral durante la cena.
- Administración: La atorvastatina no se administra en el momento del ingreso, se inicia su administración a las 24 horas de dicho momento.
- Comentarios: La prevención secundaria del ictus isquémico se consigue gracias a las estatinas, como la atorvastatina. Gracias a ellas se consiguen reducir los niveles de colesterol, estabilizar las placas ateroscleróticas y por tanto disminuir el riesgo de futuros eventos vasculares.

6. Omeprazol:

- Posología: 20 mg con el desayuno.
- Administración: Es administrado en el ingreso para proteger la mucosa gástrica, previniendo complicaciones gastrointestinales asociadas al uso de múltiples fármacos.
- Comentarios: El omeprazol permite prevenir úlceras gástricas o hemorragias lo que es especialmente importante en aquellos pacientes que podrían estar expuestos a un mayor riesgo debido al tratamiento con anticoagulantes.

7. Bemiparina:

- Posología: 3.500 UI subcutáneas durante la cena.
- Administración: No debe administrarse en el ingreso sino que se introduce en el protocolo a las 24 horas mediante una inyección subcutánea.
- Comentarios: La bemiparina es un fármaco que se administra de forma preventiva en pacientes que tienen un riesgo elevado de eventos tromboembólicos pues es un anticoagulante de bajo peso molecular que se utiliza para prevenir la trombosis venosa profunda, una complicación frecuente en pacientes inmovilizados por un ictus.

8. Adiro (Ácido Acetilsalicílico):

- Posología: 100 mg con la comida.
- Administración: En este caso se siguen los protocolos estándar para pacientes con ictus isquémico, no se administra en el ingreso sino que se da una dosis de 100 mg durante la comida.
- Comentarios: El Adiro, o también conocido como ácido acetilsalicílico, es crucial para prevenir futuros episodios al ser un antiagregante plaquetario que reduce el riesgo de formación de coágulos y futuros ictus en pacientes con ictus isquémico.

Figura 18. Resumen tratamiento farmacológico automatizado.

TRATAMIENTO	POSOLOGÍA	al ingreso		a las 24 horas
Paracetamol	1 gr cada 8 horas si precisa dolor o fiebre	x		
Salino	500 cc SSF 0,9% cada 8 horas	x	CLK separado	
Glucosado	0	x		
Urapidilo	25 mg cada 4 horas si precisa (tratar si TA \geq 150/90 ictus hemorrágico; tratar si TA $>$ 185/110 antes de tratamiento reperfusor, y tratar si $>$ 180/105 después de tratamiento reperfusor en ictus isquémico)			
Atorvastatina	0	x		80 mg cena oral
Omeprazol	20 mg desayuno	x		
Bemiparina	0	x		3500 UI subcutáneas cena
Adiro	100 mg en la comida			

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

TRATAMIENTO NO FARMACOLÓGICO :

En el manejo del ictus cada aspecto del tratamiento juega un papel crucial en la estabilización y recuperación del paciente, por ello se requiere de una intervención multidisciplinar y altamente coordinada, que esté diseñada para garantizar que el paciente reciba el tratamiento adecuado, se minimicen las complicaciones y se facilite la intervención temprana en caso de haberlas. Con estos objetivos en mente se ha diseñado un procedimiento de actuación detallando desde el momento del ingreso del paciente hasta las 24 horas posteriores el manejo específico en términos de dieta, constantes vitales, monitorización y control de glucemia.

1. Dieta:

- Al ingresar: En el momento del ingreso se busca evitar complicaciones como la aspiración mediante dieta absoluta, evitando la ingesta de alimentos y líquidos pues existe un riesgo significativo en pacientes con ictus de sufrirla debido a la posible afectación de los reflejos de deglución. La imposibilidad de evaluar de manera precisa la capacidad de deglución del paciente en las primeras horas hacen que la dieta absoluta sea la mejor manera de prevenir el riesgo de neumonía por aspiración, una de las complicaciones más graves en estos pacientes.

- A las 24 horas: Es esencial determinar si el paciente puede comenzar a ingerir alimentos o líquidos de manera segura. Para poder tomar una decisión al respecto y para comprobar si existe la necesidad de interconsultas con especialistas como otorrinolaringología o logopedia que realicen una evaluación más exhaustiva y diseñen un plan de rehabilitación de la deglución se realiza un cribado de disfagia por el equipo especializado de la Unidad de ictus a las 24 horas del ingreso. En caso de que se detecte disfagia se adaptará la alimentación del paciente mediante la introducción de una dieta específica, la modificación de la textura de los alimentos, o incluso la colocación de una sonda nasogástrica si fuera necesario.

2. Constantes Vitales:

- Al ingreso: Para la monitorización de las constantes vitales se sigue el protocolo de la Unidad de ictus. Se toma medida de forma regular y detallada de datos que son esenciales para evaluar la estabilidad hemodinámica del paciente y detectar posibles complicaciones tempranas que pueden empeorar el daño cerebral, como la hipertensión o la hipoxia. Estos parámetros son la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal.
- Comentarios: En los pacientes con ictus es fundamental el control continuo de las constantes pues los cambios en estos parámetros pueden reflejar una evolución desfavorable o la aparición de complicaciones como edemas cerebrales, crisis hipertensivas o infecciones.

3. Monitorización:

- Al ingreso y las primeras 24 horas: Se debe monitorizar al paciente de forma constante, utilizando equipos que permitan la observación en tiempo real de su ritmo cardíaco, presión arterial, saturación de oxígeno, y otros parámetros hemodinámicos. En el caso de pacientes con ictus isquémico la monitorización continua es más importante todavía pues reciben tratamiento de reperfusión (como trombolisis) y es clave detectar y tratar complicaciones derivadas del tratamiento, como la hemorragia intracranial o la inestabilidad hemodinámica. Como ya se mencionó previamente, es una parte crítica del manejo de los pacientes con ictus para asegurar que cualquier cambio brusco o deterioro clínico sea detectado de manera inmediata y haya una intervención rápida.
- Comentarios: De manera análoga, en el ictus hemorrágico la monitorización también es esencial pues un aumento repentino de la presión arterial o signos de deterioro neurológico pueden indicar la expansión del hematoma o un aumento de la presión intracranial exigiendo una intervención urgente.

4. Control de Glucemia:

- Al ingreso: El control estricto de los niveles de glucosa en sangre es de vital importancia para evitar complicaciones adicionales y por ello desde el momento del ingreso es necesario realizar controles de glucemia regulares cada 8 horas. La hiperglucemia es un factor de mal pronóstico en pacientes con ictus, si el paciente la presenta se debe administrar el tratamiento adecuado para mantener los niveles de glucosa dentro de los rangos seguros (generalmente entre 140 y 180 mg/dL) ya que de no hacerlo pueden aumentar los daños cerebrales, exacerbar el estrés oxidativo y empeorar la inflamación.
- Comentarios: La hipoglucemia es menos frecuente en el contexto del ictus pero aun así debe ser vigilada pues puede causar síntomas neurológicos similares a los del ictus y complicar el cuadro clínico. La frecuencia de las mediciones garantiza que se pueda intervenir rápidamente si hay descompensaciones.

Figura 19. Resumen Tratamiento no farmacológico automatizado.

TRATAMIENTO	POSOLOGÍA	Al ingreso	A las 24 horas
Dieta		absoluta	Cribado de disfagia Enf Unidad de ictus
Costantes		protocolo unidad	
Monitorización		continua	
Glucemia		cada 8 horas	

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

Este plan de actuación se implementa a través del sistema interno del hospital Casiopea y actúa de manera automatizada en cuanto un médico registra a un paciente que ha sufrido un episodio de ictus organizando y solicitando las pruebas necesarias de forma automática, reduciendo significativamente la carga administrativa y permitiendo que el proceso sea más ágil. El plan de actuación ante un ictus está diseñado para optimizar el tiempo y los recursos médicos, mejorando la eficiencia y la calidad de la atención.

Por lo tanto, las pruebas se solicitan de forma automatizada basándose en protocolos preestablecidos, evitando solicitudes innecesarias y generando un ahorro económico significativo, de manera que cuando el médico llega al hospital al comienzo de su turno, se encuentra con que las pruebas pertinentes ya han sido solicitadas y en muchos casos incluso ya han sido realizadas.

Otro aspecto clave de esta automatización es que facilita la práctica diaria de los residentes, pues asegura que las decisiones que toman están alineadas con los protocolos establecidos por los especialistas. Además, a los médicos experimentados les libera de tareas administrativas y les permite dedicar más tiempo a la atención directa del paciente. Al estar respaldadas por un consenso médico generalizado, las decisiones clínicas tomadas a través del sistema Casiopea aseguran que las pruebas y los tratamientos solicitados son los más adecuados para cada paciente, basándose en los datos más recientes y las mejores prácticas clínicas.

▪ Optimización conseguida

Para el siguiente análisis se denominará paciente con vía clínica finalizada a aquellos que han sido tratados siguiendo el procedimiento de actuación que se ha explicado en el apartado anterior. Por otro lado, se emplearán datos de pacientes atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado para realizar una comparación.

Para la correcta comprensión de los datos, cabe mencionar que el nivel de triaje es un sistema utilizado en los servicios de urgencias para priorizar la atención de los pacientes en función de la gravedad de su condición. El objetivo principal del triaje es garantizar que los pacientes más graves reciban atención médica lo antes posible, priorizando sus cuidados frente a los de aquellos con condiciones menos urgentes y que por lo tanto pueden esperar más tiempo.

Cuando un paciente llega a urgencias, un profesional sanitario que suele ser una enfermera especializada realiza una evaluación rápida de su estado para determinar el nivel de urgencia con el que necesita ser atendido. En Europa a cada paciente se le asigna un nivel de triaje a elegir de entre cinco categorías, siendo la categoría uno en la que se incluyen a los pacientes más críticos y que requieren la más rápida atención (esto puede variar según el país).

Figura 20. Número total de pacientes con la vía clínica finalizada según el hospital.

	2023	2024 (hasta septiembre)	Total general
HUGV	24	8	32
HUIE	21	11	32
HURJC	84	42	126
Total general	129	61	190

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

Figura 21. Motivo de triaje por el que se filian los pacientes en urgencias, con vía clínica finalizada.

Motivo de triaje (pacientes con vía clínica finalizada):	Pacientes
Absceso (cualquier localización, incluido sinus)	4
Alteraciones del comportamiento / conducta	2
Cefalea	2
Código ictus	5
Confusión o desorientación	2
Déficit neurológico focal (incluye trastornos del lenguaje)	131
Deterioro del estado general, malestar, decaimiento	12
Disminución de agudeza visual	1
Disminución del nivel de conciencia	1
Dolor articular (cualquier localización)	5
Dolor generalizado	2
Dolor ocular	1
Dolor Torácico	2
Edemas (incluido inflamación unilateral en una extremidad)	1
Hospital digital residencias	1
Hta, crisis/emergencia hipertensiva	8
Intoxicación aguda (incluyendo etílica y/o por drogas de abuso) accidental o voluntaria	1
Mareo	5
Negación a la ingesta	1
Síncope	1
Traumatismo craneoencefálico (tce)	1
Vómitos / náuseas	1
Total general	190

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

A continuación se cogerán los datos de todos los pacientes atendidos en los tres hospitales con el motivo de triaje más frecuente de los que tuvieron la vía clínica finalizada (pues es con mucha diferencia el más representativo y por tanto el que es más interesante de automatizar) y se compararán. Dicho motivo de triaje es el déficit neurológico focal (incluyendo trastornos del lenguaje) como se ha resaltado en la figura veintiuno.

Se aclara que los datos empleados corresponden a los años 2023 y 2024, estando los datos del primer año completos en su totalidad y los del segundo hasta el 18 de septiembre.

Figura 22. Comparación del número total de pacientes que acuden por el motivo de triaje déficit neurológico focal a la urgencia, según el hospital, atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado y con vía clínica finalizada.

Hospital	Total general protocolo estándar	Total general con vía clínica finalizada
HUGV	805	14
HUIE	854	19
HURJC	2323	98
Total general	3982	131

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

Figura 23. Comparación del nivel de triaje de los pacientes que acuden por el motivo de triaje déficit neurológico focal a la urgencia, atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado y con vía clínica finalizada.

Nivel de triaje	Total general protocolo estándar	Total general con vía clínica finalizada
1	27	2
2	1353	80
3	2164	44
4	427	5
5	11	0
Total general	3982	131

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

Figura 24. Comparación de los tiempos en urgencias según el nivel de triaje, de los pacientes que acuden por el motivo de triaje déficit neurológico focal a la urgencia, atendidos siguiendo el protocolo estándar (P.E) no automatizado y con vía clínica finalizada (V.F).

Nivel de triaje	Tiempo triaje (promedio min) con P.E	Tiempo primera valoración (promedio min) con P.E	Tiempo triaje (promedio min) con V.F	Tiempo primera valoración (promedio min) Con V.F
1	3	11	1	9
2	7	27	5	22
3	8	46	7	31
4	9	65	6	46
5	10	76	0	0
Total general	8	41	6	26

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

Conclusiones de la comparación del conjunto de datos:

1. Reducción de tiempos de atención:

Comparando los datos se puede observar una notable disminución en los tiempos de atención de los pacientes que siguieron la vía clínica automatizada con respecto a los que no. Esta optimización en el consumo de tiempo es particularmente relevante para el motivo de triaje más frecuente, el déficit neurológico focal, donde la automatización permitió una reducción de tiempo en todos los niveles de triaje, indicando un proceso de atención claramente más eficiente y rápido.

- En los niveles de triaje 1 y 2, el tiempo de primera valoración se redujo de 11 minutos a 9 minutos y de 27 minutos a 22 minutos respectivamente, lo que representa en ambos casos una mejora superior al 18,2%.
- Para el nivel de triaje 3, la reducción fue aún más notable, pasando de 46 minutos a 31 minutos, lo que implica un 33% menos de tiempo de espera.
- En el nivel de triaje 4, el tiempo de primera valoración se redujo de 76 minutos a 46 minutos, representando una mejora del 39,5%, la mayor de todas.

Estas reducciones mejoran la calidad de la atención al ofrecer un servicio de atención más rápido y facilitar la atención de un mayor número de pacientes en menos tiempo. Se profundizará más en sus consecuencias en el tercer punto de las conclusiones.

2. Impacto económico derivado de la reducción de tiempos:

- La disminución en los tiempos de atención tiene un efecto directo en la reducción de los costes hospitalarios. Menos tiempo en urgencias implica un uso más eficiente de los recursos, el personal médico y la infraestructura hospitalaria. La automatización contribuye así a un sistema más sostenible económicamente, al mismo tiempo que se optimiza la calidad del servicio. Si se asume que cada minuto de atención en urgencias tiene un coste asociado, se puede inferir que la implementación del sistema automatizado permite una disminución de gastos en términos operativos.
- Tomando como referencia la reducción global del tiempo de valoración de 41 minutos (en el protocolo estándar) a 26 minutos (en la vía clínica finalizada), se consigue una mejora del 36,6% en eficiencia de tiempo. Este ahorro de tiempo, multiplicado por el número de pacientes atendidos cada año, representa un ahorro significativo en costes anuales.

3. Impacto en la calidad de la atención y la experiencia del paciente:

En una enfermedad como el ictus cada minuto desde que el paciente sufre el ataque hasta que recibe el tratamiento es fundamental por lo que aumentar la velocidad de atención permite mejorar los pronósticos futuros y las secuelas posteriores.

Por otro lado, la implementación de la vía clínica automatizada optimiza el tiempo pero además mejora la calidad de la atención al permitir a los profesionales de salud dedicar mayor atención a la evaluación clínica en lugar de a la gestión administrativa. Esto se traduce en una mejor experiencia para el personal sanitario y para los pacientes, que reciben una atención más rápida y personal.

4. Optimización en el uso del triaje:

- La priorización de pacientes críticos es esencial para la gestión de urgencias. En este sentido, los datos reflejan que el sistema automatizado facilita una mejor clasificación y priorización de pacientes según su nivel de urgencia, evidenciada en la reducción de tiempos en los pacientes más críticos.
- El sistema automatizado facilita que el personal de urgencias identifique con más precisión y rapidez a los pacientes que necesitan atención inmediata (niveles 1 y 2), lo que sugiere que la herramienta ayuda a minimizar errores en la clasificación inicial del triaje.
- Esto es fundamental no solo para reducir costes, sino también para mejorar los resultados clínicos y reducir la mortalidad en urgencias.

5. Aumentar la proporción de pacientes con vía clínica finalizada es una prioridad:

- Aumentar el porcentaje de pacientes tratados con la vía clínica finalizada es un objetivo fundamental, pues ha quedado demostrado que mejora la eficiencia del sistema. De los datos disponibles se observa que el motivo de triaje más representativo es el déficit neurológico focal, con un total de 131 pacientes atendidos con la vía clínica finalizada frente a 3982 pacientes atendidos con el protocolo estándar.
- Esto sugiere un amplio margen de mejora en la implementación de la vía clínica finalizada, especialmente en este tipo de patologías. Aumentar este porcentaje debería ser una prioridad dado que los resultados indican que la atención bajo este sistema es más eficiente y eficaz.
- El objetivo a largo plazo debe ser incrementar el porcentaje de pacientes que reciben atención mediante la vía clínica finalizada. Esto maximizaría los beneficios observados, extendiendo la eficiencia y los ahorros de costes a un mayor número de pacientes (enfoque estratégico hacia patologías con alta incidencia para maximizar el impacto positivo del sistema automatizado).

Figura 25. Diagnóstico una vez dado el alta de los pacientes con vía clínica finalizada en los tres hospitales.

Diagnóstico	Pacientes	EM (días)
Embolia cerebral con infarto cerebral	1	1,5
Epilepsia no especificada	1	4,0
Hemorragia intracerebral	1	7,4
Lumbago	1	3,4
Oclusión de arteria cerebral no especificada con infarto cerebral	1	4,6
Oclusión de arterias cerebrales	179	5,6
Otra mielopatía	1	6,5
Síncope y colapso	1	14,2
Traumatismo de cabeza, sin especificar	1	6,0
Vértigo y mareos	1	4,5
Accidente isquémico transitorio	2	4,8
Total general	190	5,6

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

El diagnóstico marcado representa el 94% de los pacientes por lo que será el que se emplee para la comparativa con el total de pacientes que fueron dados de alta del servicio de neurología con el diagnóstico de “Oclusión de arterias cerebrales” habiendo sido atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado.

Se reitera que los datos empleados corresponden a los años 2023 y 2024, estando los datos del primer año completos en su totalidad y los del segundo hasta el 18 de septiembre.

Figura 26. Comparación del número de pacientes que fueron dados de alta del servicio de neurología con el diagnóstico de “Oclusión de arterias cerebrales” y su estancia media, atendidos siguiendo el protocolo estándar no automatizado y con vía clínica finalizada.

Hospital	Promedio Total Pacientes con P.E	Total EM (promedio días) con P.E	Promedio Total Pacientes con V.F	Total EM (promedio días) con V.F
HUGV	108	6,9	25	6,1
HURJC	360	5,5	108	5,4
HUIE	92	6,3	22	4,3
Total general	560	5,9	155	5,4

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

Conclusiones de la comparación del conjunto de datos de hospitalización:

1. Optimización de la estancia media con la vía clínica finalizada:

- El sistema automatizado mediante Casiopea ha logrado una reducción significativa en la estancia media hospitalaria para los pacientes con vía clínica finalizada en comparación con aquellos que siguieron el protocolo estándar no automatizado.
- De acuerdo con los datos, la estancia media para pacientes con diagnóstico de "Oclusión de arterias cerebrales" (categoría en la que se concentran la gran mayoría de diagnósticos) fue de 5,9 días en los protocolos no automatizados y de 5,4 días en los protocolos automatizados, reflejando una disminución media de 0,5 días por paciente.
- Si se hubieran aplicado estos protocolos automatizados en la totalidad de los casos, se habrían ahorrado 280 días en total, considerando que en los tres hospitales fueron atendidos 560 pacientes con este diagnóstico bajo el protocolo estándar.

2. Reducción de tiempos por hospital:

- En el Hospital de Collado Villalba (HCV), la estancia media para el protocolo automatizado bajó de 6,9 a 6,1 días, lo que representa una reducción de 0,8 días por paciente. Con un total de 108 pacientes, esto equivale a un ahorro de 86,4 días.
- En el Hospital Rey Juan Carlos (HRJC), la estancia media se redujo de 5,5 a 5,4 días, con 360 pacientes atendidos, ahorrando 36 días.
- En el Hospital Infanta Elena (HIE), la estancia se redujo de 6,3 a 4,3 días, una disminución de 2 días por paciente. Con 92 pacientes, esto supone un ahorro de 184 días.

Estas cifras evidencian que la implementación del protocolo automatizado no solo reduce la carga sobre los recursos hospitalarios, sino que permite una mejor asignación de camas para otros pacientes.

3. Análisis de costes hospitalarios y eficiencia:

- La reducción en la estancia media tiene una traducción directa en la disminución de costes operativos. Con una reducción potencial global de 280 días entre los tres hospitales gracias a la vía clínica finalizada, es evidente que los costes asociados a la ocupación de camas, medicamentos, y personal se reducirían.
- Además, la reducción de tiempos de hospitalización facilita el acceso a recursos para otros pacientes, optimizando la capacidad de respuesta del hospital ante nuevas urgencias o ingresos necesarios.

Por último, con respecto a la fidelización y satisfacción del paciente, evaluada por los propios usuarios de los servicios hospitalarios:

Figura 27. Resultados NPS (Net Promoter Score) por hospital y según el año.

NPS (Net Promoter Score)	2022	2023	2024
HRJC	63,65	67,45	70,44
HGV	63,52	70,32	71,50
HUIE	72,21	73,01	75,00

Fuente: Quirónsalud (Gerencia).

El NPS (Net Promoter Score) es un indicador utilizado para medir la satisfacción y lealtad del cliente hacia un producto, servicio o empresa. Se basa en una pregunta clave: ¿Cuál es la probabilidad de que usted recomiende nuestro servicio a sus allegados, medida en una escala del 0 al 100? Una puntuación más alta indica mayor satisfacción y fidelidad del cliente.

Los datos reflejan una tendencia al alza en las puntuaciones de NPS desde la introducción del sistema automatizado en 2023, lo que sugiere un incremento en la fidelización y satisfacción del paciente. Esta tendencia es evidente al comparar los resultados de 2022 con los de 2023 y 2024, donde casi todas las puntuaciones son superiores.

Por ejemplo, en el hospital HRJC, la puntuación total pasó de 63,65 en 2022 a 67,45 en 2023 y 70,44 en 2024, lo que refleja un crecimiento constante. Este patrón de mejora se repite en los otros dos hospitales HGV y HUIE, lo que sugiere que el sistema automatizado ha tenido un impacto positivo en la experiencia del paciente.

En conclusión, la implementación del sistema automatizado en 2023 ha mejorado las percepciones de los pacientes, reflejado en un NPS consistentemente más alto en 2023 y 2024, en comparación con 2022. La disminución de la estancia media incrementa la percepción de una atención rápida y eficaz, siendo un factor clave para la lealtad del paciente hacia la institución hospitalaria.

◆ Capítulo V : Conclusiones

El ictus representa una de las patologías con mayor carga económica y social debido a los elevados costes en cuidados agudos, rehabilitación y pérdida de productividad. Por lo tanto, optimizar los procesos que agilicen su diagnóstico y tratamiento permite abordar de forma directa estos retos, potenciando un sistema de salud más efectivo y sostenible. La optimización del proceso hospitalario en caso de ictus mediante inteligencia artificial (IA) constituye un avance crucial para mejorar la eficiencia, reducir costes y elevar la calidad de la atención médica.

Uno de los principales beneficios de la IA en el contexto hospitalario es su capacidad para reducir tiempos de atención. Los datos analizados en el estudio demuestran que la implementación de un protocolo automatizado en el tratamiento del ictus reduce los tiempos triaje, de primera valoración y de hospitalización. Esta disminución es crítica, ya que cada minuto ganado reduce el riesgo de daños irreversibles en el cerebro, mejorando significativamente el pronóstico del paciente. El tiempo empleado en el triaje mejoró en todos los niveles con disminuciones comprendidas entre el 18 % y el 40%, el tiempo de global de valoración disminuyó en un 36,6% y la estancia media en la hospitalización se redujo en 0,5 días por paciente, reflejando una mejora considerable en eficiencia operativa.

La optimización de los tiempos tiene un impacto económico positivo, pues reducir la estancia en urgencias y en hospitalización de cada paciente implica un uso más eficiente de los recursos. El ahorro de costes operativos asociado al tiempo que los pacientes pasan en el hospital es significativo cuando se multiplica por la cantidad de pacientes atendidos anualmente. En los centros evaluados, se observó que el tratamiento mediante la vía clínica finalizada permitió liberar camas para otros pacientes mejorando la capacidad de respuesta ante la creciente demanda de atención médica.

El análisis también resalta cómo la IA permite que los profesionales de la salud reduzcan el tiempo invertido en tareas administrativas y gestión de pruebas. Automatizar estas gestiones optimiza el flujo de trabajo y permite a los médicos centrar sus esfuerzos en el paciente. Esto no solo mejora la experiencia del personal médico, sino que también eleva la satisfacción del paciente, quien recibe una atención más personalizada y rápida. El impacto positivo de esta mejora se reflejó en el aumento del Net Promoter Score (NPS) de los hospitales participantes desde la implementación del sistema automatizado en 2023, indicador de una percepción positiva y fidelización hacia los centros de salud.

En resumen, la implementación de un sistema automatizado basado en IA para la gestión hospitalaria en casos de ictus ha demostrado ser un paso adelante hacia la modernización y optimización del sistema sanitario. La reducción en tiempos de atención, la disminución de costes hospitalarios, el incremento en la eficiencia del triaje y la mejora en la experiencia del paciente son logros que subrayan el potencial de la IA como una herramienta estratégica en la medicina moderna.

Por último, es importante resaltar que a pesar de que los resultados obtenidos en este estudio son prometedores, se deben considerar algunas posibles limitaciones como son la dependencia tecnológica generada, pudiendo afectar a la continuidad del servicio en caso de fallos técnicos o ciberataques, o factores como la aceptación del sistema por parte del personal sanitario y su curva de aprendizaje. Además, la implementación del sistema automatizado basado en IA se llevó a cabo en un número limitado de centros hospitalarios, dificultando la generalización a otros entornos con diferentes recursos, infraestructura o volumen de pacientes. Futuras investigaciones podrían centrarse en ampliar la muestra de centros evaluados y realizar estudios longitudinales para medir el impacto sostenido en la eficiencia hospitalaria.

◆ **Bibliografía:**

1. Arboix, A., Díaz, J., Pérez-Sempere, A., & Álvarez Sabin, J. (2006). Ictus: tipos etiológicos y criterios diagnósticos. En E. Díez Tejedor (Ed.), Guía oficial para el diagnóstico y tratamiento del ictus (pp. 1-24). Sociedad Española de Neurología. https://www.sen.es/pdf/guias/Guia_oficial_para_el_diagnostico_y_tratamiento_del_ictus_2006.pdf
2. Armitage, H., & Tsakiris, M. (2021). Privacy and artificial intelligence: challenges for protecting health information in a new era. BMC Medical Ethics, 22(1), 1-9. <https://bmcmmedethics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12910-021-00687-3>
3. Asociación Granadina de Familias para la Rehabilitación del Daño Cerebral (AGREDACE). (s.f.). Ictus: Información y prevención. <https://agredace.es/ictus>
4. Bojarski, M., Testa, D., Dworakowski, D., Firner, B., Flepp, B., Goyal, P., ... & Zieba, K. (2016). End to end learning for self-driving cars. Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org/reader/0e3cc46583217ec81e87045a4f9ae3478a008227>
5. Bostrom, N., & Yudkowsky, E. (2011). The ethics of artificial intelligence. In K. Frankish & W. M. Ramsey (Eds.), The Cambridge handbook of artificial intelligence. Cambridge University Press. <https://nickbostrom.com/ethics/artificial-intelligence.pdf>
6. Bupa. (2020). ACV hemorrágico: cómo reconocer el ictus hemorrágico. Bupa Salud. <https://www.bupasalud.com/salud/acv-accidente-cerebrovascular-hemorragico>
7. Butlin, M., Wiles, J., Boles, K., & Aggarwal, S. (2023). Levels of AGI: Operationalizing Progress on the Path to AGI. arXiv. <https://ar5iv.labs.arxiv.org/html/2311.02462>
8. Chamola, V., Bansal, G., Das, T. K., Hassija, V., Reddy, N. S. S., Wang, J., Zeadally, S., Hussain, A., Yu, R., Guizani, M., & Niyato, D. (2023). Beyond Reality: The Pivotal Role of Generative AI in the Metaverse. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/373116373_Beyond_Reality_The_Pivotal_Role_of_Generative_AI_in_the_Metaverse
9. Davenport, T., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. Harvard Business Review. <https://blockqai.com/wp-content/uploads/2021/01/analytics-hbr-ai-for-the-real-world.pdf>
10. DeepScribe. (s.f.). AI Medical Scribe. DeepScribe. <https://www.deepscribe.ai>
11. El Mundo. (2009). El hombre que se hizo a sí mismo. El Mundo. <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/02/24/espana/1235479449.html>

12. Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115-118. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8382232/>
13. Feigenbaum, E. A. (1977). The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering. In Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence. <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA046289.pdf>
14. Gonzalez, C., Martinez, J., & Lopez, R. (2023). Increasing trends of artificial intelligence with robotic process automation in health care. *Cureus*. <https://www.cureus.com/articles/285919-increasing-trends-of-artificial-intelligence-with-robotic-process-automation-in-health-care-a-narrative-review#!/>
15. Hoy, M. B. (2018). Alexa, Siri, Cortana, and more: An introduction to voice assistants. *Medical Reference Services Quarterly*, 37(1), 81-88. <https://acortar.link/jlceT4>
16. Kim, J., Park, S., Min, D., & Kim, W. (2021). Comprehensive survey of recent drug discovery using deep learning. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 9983. <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/18/9983>
17. Ledley, R. S., & Lusted, L. B. (1959). Reasoning foundations of medical diagnosis; symbolic logic, probability, and value theory aid our understanding of how physicians reason. *Science*, 130(3366), 9-21. <https://www.cs.tufts.edu/comp/150AIH/pdf/LedleyLu59.pdf>
18. Ley 6/2009, de 16 de noviembre, de Libertad de Elección en la Sanidad de la Comunidad de Madrid. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 274, 18 de noviembre de 2009. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 37, 11 de febrero de 2010. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2010/BOE-A-2010-2187-consolidado.pdf>
19. Liu, C., & Anderson, J. (2024). Artificial intelligence in financial services: Risk management and decision making (EasyChair Preprint No. 13357). EasyChair. <https://easychair.org/publications/preprint/zHL1>
20. Lund, S., Madgavkar, A., Manyika, J., Smit, S., Ellingrud, K., & Robinson, O. (2021). The future of work after COVID-19. McKinsey Global Institute. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19>
21. Maleki Varnosfaderani, S., & Forouzanfar, M. (2024). The role of AI in hospitals and clinics: Transforming healthcare in the 21st century. *Frontiers in Public Health*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11047988/>

22. McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1990). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biology*, 52(1/2), 99-115. <https://www.cs.cmu.edu/~epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf>
23. Medina, A. (2018). Quiénes son los dueños de los hospitales en España. *Expansión*. <https://www.expansion.com/empresas/2018/01/12/5a57d5b946163f045e8b460e.html>
24. Miller, R. A., McNeil, M. A., Challinor, S. M., Masarie, F. E., Jr., & Myers, J. D. (1987). The INTERNIST-1/Quick Medical Reference project: Status report. *Western Journal of Medicine*. <https://acortar.link/BPxFyV>
25. Quirónsalud. (2016). Portal del Paciente. *Telecos Aragón*. <https://www.telecosaragon.es/historico/congreso2016/presentaciones/QUIRON.pdf>
26. Quirónsalud. (2019). Quirónsalud amplía su presencia en Latinoamérica. <https://www.quironsalud.com/idcsalud-client/cm/quironsalud/tkContent?idContent=313610&locale=en>
27. Quirónsalud. (2022). Quirónsalud, primer grupo hospitalario privado del mundo en obtener la acreditación Joint Commission International Enterprise. <https://www.quironsalud.com/es/comunicacion/actualidad/quironsalud-primer-grupo-hospitalario-privado-mundo-obtener>
28. Quirónsalud. (2023 -a). Quirónsalud obtiene la certificación Top Employer en España por segundo año consecutivo. *Quirónsalud*. <https://www.quironsalud.com/es/comunicacion/actualidad/quironsalud-obtiene-certificacion-top-employer-espana-segun>
29. Quirónsalud. (2023 -b). 21 especialistas de la Fundación Jiménez Díaz, entre “Los mejores médicos de España”, según el ranking de *El Confidencial*. <https://www.quironsalud.com/es/comunicacion/actualidad/21-especialistas-fundacion-jimenez-diaz-mejores-medicos-esp>
30. Quirónsalud. (2023 -c). Quirónsalud incorpora en Sevilla el robot quirúrgico Da Vinci para realizar cirugías complejas con alta precisión. <https://www.quironsalud.com/es/comunicacion/actualidad/quironsalud-incorpora-sevilla-robot-quirurgico-da-vinci-rea>
31. Quirónsalud. (2023 -d). Cinco hospitales Quirónsalud, entre los mejores del mundo en siete especialidades. <https://www.quironsalud.com/es/comunicacion/actualidad/cinco-hospitales-quironsalud-mejores-mundo-siete-especialid#:~:text=El%20Hospital%20Universitario%20Fundación%20Jiménez,Hospitals%202024%2C%20que%20recoge%20los>

32. Quirónsalud. (s.f.-a). Grupo Quirónsalud. Recuperado el 17 de agosto de 2024, de <https://internacional.quironsalud.com/es/grupo-quironsalud#:~:text=Nuestra%20red%20está%20compuesta%20por,generales%2C%208%20de%20ellos%20universitarios.>
33. Quirónsalud. (s.f.-b). Centros en Madrid. https://www.quironsalud.com/es/red-centros.buscar?search=Buscar&searchType=0&sortIndex=801&formName=searchForm&S_PROVINCIA_min=Madrid
34. Razzaki, S., Baker, A., Perov, Y., Middleton, K., Baxter, J., Mullarkey, D., ... & Johri, S. (s.f.). A comparative study of artificial intelligence and human doctors for the purpose of triage and diagnosis. Stanford Medicine. <https://med.stanford.edu/content/dam/sm/frontieroficare/documents/Presenters/Baker%2C%20Adam.pdf>
35. Ruiz, R. B., & Velásquez, J. D. (2023). Inteligencia artificial al servicio de la salud del futuro. Revista Médica Clínica Las Condes, 34(1), 84-91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864023000032?via%3Dihub>
36. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson. <https://dl.ebooksworld.ir/books/Artificial.Intelligence.A.Modern.Approach.4th.Edition.Peter.Norvig.%20Stuart.Russell.Pearson.9780134610993.EBooksWorld.ir.pdf>
37. Sanidad Privada. (2011). Quirón Zaragoza conmemora su 50 aniversario. Sanidad Privada. <https://sanidadprivada.publicacionmedica.com/noticia/quiron-zaragoza-conmemora-su-50-aniversario>
38. Serrano Alba, F. (2024). EME alerta de las listas de espera en neurología: unos 130 días de media. Gaceta Médica. <https://gacetamedica.com/profesion/eme-alerta-de-las-listas-de-espera-en-neurologia-unos-130-dias-de-media/>
39. Shortliffe, E. H. (1976). Computer-based medical consultations: MYCIN. Elsevier. <https://www.shortliffe.net/Shortliffe-1976/MYCIN%20thesis%20Book.htm>
40. Sociedad Española de Neurología. (2020). El Atlas del ictus. <https://www.sen.es/component/content/article/91-articulos/2617-el-atlas-del-ictus?Itemid=437>
41. Stratesys. (2019). Casos de éxito: Grupo Quirónsalud impulsa la transformación digital en colaboración con Stratesys. Stratesys. <https://www.stratesys-ts.com/es/grupo-quironsalud-impulsa-la-transformacion-digital-colaboracion-stratesys/>

42. Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*.
https://www.sbra.be/sites/default/files/1_topol_j_e_high-performance_medicine_the_convergence_of_human_and_artificial_intelligence_nature_medicine_volume_25_january_2019.pdf
43. Venketasubramanian, N. (2023). Ischemic stroke: New insights from risk factors, mechanisms and outcomes. *J. Cardiovasc. Dev. Dis.*, 10(12), 472. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2308-3425/10/12/472>
44. Walsh, D. (2024). Who's at fault when AI fails in health care? Stanford University. Recuperado de <https://hai.stanford.edu/news/whos-fault-when-ai-fails-health-care>
45. Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 252(Part A), 124167. <https://acortar.link/I9Bskq>
46. Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*.
<https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s41239-019-0171-0.pdf>