

Estado de la Implementación de las Tecnologías Emergentes Aplicadas a la Salud y los Hospitales Inteligentes: Una Revisión De Literatura

Víctor Hugo Capacho-Alfonso¹, Darío Enrique Soto-Durán²,
Jovani Alberto Jiménez Builes³

vcapacho@unal.edu.co; dsoto@tdea.edu.co; jajimen1@unal.edu.co

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA, CGDA), Carrera 20 #28-163, 810001, Arauca, Colombia.

² Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia (TdeA), Cl. 78B #72A-220, 050034, Medellín, Colombia.

³ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Av. 80 #65 – 223, 050036 Medellín, Colombia.

Pages: 372-386

Resumen: El crecimiento de las tecnologías inteligentes en diversas áreas representadas en hardware, software y sistemas de comunicación, han agilizado los procesos administrativos y operativos de las empresas que se apoyan en éstas para su toma de decisiones. La salud no es ajena a esta incorporación de tecnología en sus procesos, es por esto que este trabajo se enfoca en identificar el estado de las implementaciones de tecnologías emergentes aplicadas a los campos de la salud y hospitales inteligentes a través de una revisión sistemática de literatura con el propósito de establecer las áreas de aplicación, tipos y gestión de tecnologías. Se utilizó el protocolo de revisión de literatura que describe tres momentos: planificación, ejecución y resultados. Los resultados permiten establecer tendencias y necesidades predominantes identificando nichos importantes que requieren investigación y profundización que contribuyan al mejoramiento en la adopción y ampliación de infraestructura tecnológica en empresas del área de la salud como hospitales inteligentes.

Palabras-clave: Salud 4.0; hospital inteligente; salud inteligente; hospital 4.0; dispositivos inteligentes.

Status of the Implementation of Emerging Technologies Applied to Health and Smart Hospitals: A Literature Review

Abstract: The growth of intelligent technologies in various areas represented in hardware, software and communication systems, have streamlined the administrative and operational processes of companies that rely on them for their decision making. Health is no stranger to this incorporation of technology in its processes, which is why this work focuses on identifying the state of implementations of emerging technologies applied to the fields of health and smart hospitals through a systematic review of literature with the purpose of establishing the areas of

application, types and management of technologies. We used the literature review protocol that describes three moments: planning, execution and results. The results allow to establish trends and predominant needs identifying important niches that require research and deepening that contribute to the improvement in the adoption and expansion of technological infrastructure in companies in the health area such as smart hospitals.

Keywords: Health 4.0; smart hospital; smart health; hospital 4.0; smart device.

1. Introducción

La incorporación de las tecnologías inteligentes en los hospitales es una necesidad creciente para mejorar la eficiencia, la seguridad del paciente y la calidad de la atención médica. Esto se debe a la constante evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones, que permiten a las empresas, incluyendo hospitales, innovar y articular sus servicios con tecnologías inteligentes. El objetivo de la salud 4.0 es utilizar estas capacidades para impulsar nuevos modelos organizativos y transformar los servicios de salud en inteligentes. La atención médica se vuelve más costosa debido al envejecimiento de la población y el aumento de la esperanza de vida (Thuemmler,2017), por lo que se necesita una solución para enfrentar estos retos. El concepto de hospital inteligente surge como respuesta a esta necesidad y se define como una institución médica que utiliza las TIC para crear nuevo valor y conocimiento sobre la seguridad del paciente, calidad de atención, costo y efectividad (Colegio Oficial de Ingenieros de Madrid,2020).

En este artículo, se presenta una revisión sistemática de literatura para identificar el estado del arte enfocado al concepto de las tecnologías emergentes en hospitales inteligentes. Se utiliza el protocolo de revisión propuesto por Kitchenham (2007) para identificar tendencias y retos de la investigación asociada con la incorporación de las tecnologías inteligentes en salud. El trabajo está organizado en tres secciones: la primera describe el protocolo de revisión de la literatura, la segunda corresponde al análisis y los resultados de las investigaciones seleccionadas, y la última sección presenta las conclusiones.

2. Metodología

Para llevar a cabo la revisión de literatura se utilizó el protocolo de revisión Kitchenham (2007), que consta de tres fases: planificación, ejecución y resultados. En la planificación se definieron las preguntas de investigación, criterios de inclusión y exclusión, fuentes de información, cadena de búsqueda y procedimientos de categorización. En la ejecución se realizó la búsqueda y selección de estudios para extraer y sintetizar los datos. Finalmente, en la fase de resultados se redactó un análisis crítico de los autores en función de las preguntas de investigación planteadas.

3. Desarrollo de la revision sistematica de literatura

Teniendo en cuenta el protocolo de revisión de literatura seleccionado, se estructura la investigación a realizar, desarrollando cada una de fases planteadas así:

3.1. Planificación

Preguntas de investigación y justificación: en la Tabla 1, se presentan las preguntas que se proponen resolver con la revisión de literatura, así como la justificación del por qué se plantean.

No.	Pregunta de Investigación	Justificación de la pregunta
PI1	¿Cuándo y dónde el estudio fue publicado?	Esta pregunta de investigación tiene como propósito conocer y comprender las fuentes de las publicaciones específicas para la temática y cuando han sido publicadas.
PI2	¿Cuáles son las tendencias de investigación asociadas con las tecnologías inteligentes en salud?	Es importante conocer el estado del arte y tendencias tecnologías inteligentes en salud debido al rápido crecimiento de las tecnologías inteligentes hace que, la manera de abordar una buena parte del trabajo sea obsoleta. Lo anterior hace necesario el rediseño de los procesos para realizarlos de una manera eficiente buscando mejorar el manejo y la seguridad del paciente y la de los profesionales de la salud. (Rico et al. 2020).
PI3	¿Qué tecnologías son aplicadas frecuentemente en un Smart hospital?	Toda la información generada en los hospitales se almacena en un formato separado y estructurado para su uso en informes y análisis siempre que sea posible, con el objetivo de un flujo de trabajo automatizado y sin papel (Kwon et al. 2022). De forma similar al interrogante anterior, se formula esta pregunta de investigación para establecer la aplicación de las tecnologías inteligentes en salud.
PI4	¿Cómo evaluar la tecnología en un Smart Hospital?	Identificar modelos de evaluación de tecnologías emergentes en Hospitales inteligentes, con el propósito de establecer los factores que inciden en la implementación.

Tabla 1 – Preguntas de investigación y justificación. Fuente Propia.

Para la selección de artículos, se establecieron criterios de inclusión y exclusión. El criterio de inclusión es la relación con tecnologías emergentes aplicadas en salud y hospitales inteligentes. Los criterios de exclusión incluyen la antigüedad de más de 5 años, publicaciones en idiomas distintos al inglés, duplicados y estudios no relacionados. La búsqueda se centró en Web of Science y Scopus, utilizando palabras clave como Smart Hospital, Hospital 4.0, Smart technologies, Smart health, Health 4.0 y Adoption Smart Technology. Los operadores lógicos AND, OR y NOT se utilizaron para limitar la búsqueda en el campo título. Se eliminaron los registros duplicados y los que no proporcionaron información suficiente para el análisis.

3.2 Ejecución

Se realizó una búsqueda en las bases de datos Scopus y Web of Science utilizando una cadena de búsqueda específica. Se obtuvo un total de 104 artículos en Scopus y 95 en Web of Science. Después de eliminar las publicaciones duplicadas y aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvieron 41 publicaciones relevantes, lo que representa una reducción del 80%. De los 41 artículos, 22 provienen de Web of Science y 19 de Scopus.:

No	ARTICULO	AUTOR	B.D
1	Analysis of factors affecting IoT-based smart hospital design	Uslu et al.(2020)	Scopus
2	Smart hospital emergency system: Via mobile-based requesting services	Al-khafajiy et al. (2019)	Scopus
3	Passive and active brain-computer interfaces for rehabilitation in health 4.0	Angrisani et al. (2021)	Scopus
4	Development of a Smart Hospital Assistant: Integrating artificial intelligence and a voice-user interface for improved surgical outcomes	Kim et al(2021)	Scopus
5	Smart city and Smart-Health framework, challenges and opportunities	Al-Azzam et al (2019)	Scopus
6	Security services for internet of thing smart health care solutions based blockchain technology	Mohammed et al(2022)	Scopus
7	Priority-Based Resource Allocation and Energy Harvesting for WBAN Smart Health	Selvaprabhu et al. (2022)	Scopus
8	IoT-Based Smart Health Monitoring System for COVID-19 Patients	Khan et al. (2022)	Scopus
9	Smart health prediction system with data mining	Wibamanto et al. (2020)	Scopus
10	Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future	Al-Jaroodi et al. (2020)	Scopus
18	An integrated fog and Artificial Intelligence smart health framework to predict and prevent Covid-19	Singh y Kaur (2020)	Scopus
12	Health monitoring using edge cognitive computing based smart health care	Kumavat y Kumar (2019).	Scopus
13	A smart health care applications and benefits using IoT	Apparao Naidu et al. (2019)	Scopus
14	Smart hospitals E-medico management system	Pravinth et al. (2019)	Scopus
15	Smart health informatics system	Nguyen et al.(2019)	Scopus
16	Smart health records	Lestari et al. (2019)	Scopus
17	IoT based sensor fusion algorithm for online smart health monitoring	Vijayalakshmi et al. (2019)	Scopus
18	Smart hospital for heart disease prediction using IoT	Sorte et al.(2019)	Scopus
19	CUIDATS: An RFID–WSN hybrid monitoring system for smart health care environments	Adame et al. (2018)	Scopus
20	Efficient Anomaly Detection for Smart Hospital IoT Systems	Said et al. (2021)	(WoS)
21	Performance and availability evaluation of an smart hospital architecture	Rodrigues et al. (2021)	(WoS)

No	ARTICULO	AUTOR	B.D
22	BIM for Smart Hospital Management during Covid-19 Using MCDM	Lin et al.(2021)	(WoS)
23	A design methodology for matching smart health requirements	Bellandi et al. (2021)	(WoS)
24	Smart Hospital Sensor Network Deployment for Mobile and Remote Healthcare System	Jang et al. (2021)	(WoS)
25	Analytics on Anonymity for Privacy Retention in Smart Health Data	Arca y Hewett (2021)	(WoS)
26	Cost-effective vital signs monitoring system for COVID-19 patients insmart hospital	Atta (2022)	(WoS)
27	Edge Computing for Smart Health: Context-Aware Approaches, Opportunities, and Challenges	Abdellatif et al. (2019)	(WoS)
28	Smart health care system using sensors, IoT device and web portal	S Rao (2019)	(WoS)
29	Smart Health Internet of Thing for Continuous Glucose Monitoring: A Survey	Yusuf et al. (2020)	(WoS)
30	Intermodulation-Based Nonlinear Smart Health Sensing of Human Vital Signs and Location	Mishra et al. (2019)	(WoS)
31	Adaptative vital signs monitoring system based on the early warningscore approach in smart hospital context	Ben et al. (2021)	(WoS)
32	Light weight and Privacy-Aware Fine-Grained Access Control for IoT-Oriented Smart Health	Sun et al (2020).	(WoS)
33	Realizing an Effective COVID-19 Diagnosis System Based on Machine Learning and IoT in Smart Hospital Environment	Abdulkareem et al. (2021)	(WoS)
34	Antecedents for Older Adults' Intention to Use Smart Health Wearable Devices-Technology Anxiety as a Moderator	Jeng et al. (2022)	(WoS)
35	Strengthening Existing Internet of Things System Security: Case Study of Improved Security Structure in Smart Health	Chang y Hung (2021)	(WoS)
36	Older Adults' and Clinicians' Perspectives on a Smart Health Platformfor the Aging Population: Design and Evaluation Study	Cristiano et al. (2022)	(WoS)
37	An Empirical Study of Green Marketing on Perceived Value based on BrandImage in Smart Health Care Industry	Li (2021)	(WoS)
38	The Development of a Smart Health Awareness Message Framework Based onthe Use of Social Media: Quantitative Study	Alsisi et al. (2020)	(WoS)
39	Review of Smart Hospital Services in Real Healthcare Environments	Kwon et al.(2022)	(WoS)

No	ARTICULO	AUTOR	B.D
40	Technologies Trend towards 5G Network for Smart Health-Care Using IoT: A Review	Ahad et al. (2020)	(WoS)
41	Medical Cyber-Physical Systems: A Solution to Smart Health and the Stateof the Art	Chen et al. (2021)	(WoS)

Tabla 2 – Resultado de artículos seleccionados. Fuente propia

3.3. Resultados

Con la recolección de datos efectuada se procede a realizar el análisis de los mismos para resolver los interrogantes de investigación planteados.

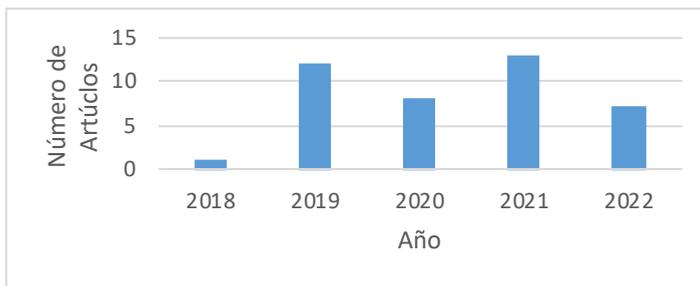


Figura 1 – Años de publicación por artículos. Fuente propia.

¿Cuándo y dónde el estudio fue publicado? (P1)

Para dar respuesta a este interrogante, las publicaciones se caracterizaron teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Año de publicación: En la figura 1, se puede observar que el tema en referencia empezó con un crecimiento desde el 2019 logrando mantenerse en los últimos tres años, presentando aproximadamente un 68% (28 de 41) de las publicaciones en este periodo de tiempo.
- Tipo de fuentes donde se encuentra la publicación. Entre las fuentes de publicación se destacan: Revistas de la IEEE con seis (6) publicaciones, seguida de la revista Sensor con tres (3) publicaciones, con dos (2) publicaciones las revistas Wireless Communications and Mobile, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering y International Journal of Engineering and Advanced Technology.

¿Cuáles son las tendencias de investigación asociadas con las tecnologías inteligentes en salud? (P2)

Los artículos seleccionados inicialmente se clasifican en dos temas Smart Health and Smart Hospital, de los cuales se encuentran distribuidos así: 29 (71%) artículos relacionados con Smart Health y 12 (29%) artículos relacionados con Smart hospital.

Los artículos clasificados como Smart Health están igualmente divididos en investigación asociadas con las tecnologías inteligentes en salud con soluciones en hardware, software, aplicación de tecnologías de gestión del conocimiento y seguridad de la información. Figura 2.



Figura 2 – Investigaciones asociadas con tecnologías inteligentes en salud. Fuente propia

En cuanto a la temática de Salud inteligente relacionadas en soluciones en hardware incluyendo redes de comunicaciones, doce (12) de veintinueve (29) (41%) artículos exploran tópicos que se describen a continuación:

El estudio de Angrisani et al. (2021) investiga las interfaces cerebro-computadora (BCI) pasivas y activas en el marco de Salud 4.0 para rehabilitación personalizada en tiempo real. Los autores Ahad et al. (2020) presentan los requisitos clave para el éxito del despliegue de sistemas de salud inteligentes basados en redes 5G. Khan et al. (2022) desarrollan un sistema de monitoreo de salud basado en IoT para pacientes con Covid-19. Adame et al. (2018) proponen la combinación de RFID y WSN para crear una única red híbrida que brinde ubicación, estado y seguimiento de pacientes activos. S Rao (2019) sugiere un método de monitoreo de los signos vitales para pacientes por un dispositivo IoT y un portal web. Yusuf et al. (2020) destacan el beneficio y desafío de cada método aplicable al monitoreo remoto de la glucosa del paciente. Vijayalakshmi et al. (2019) proponen un algoritmo de fusión de sensores basado en salud remota para mejorar la velocidad de respuesta de dispositivos IoT. Apparao Naidu et al. (2019) proponen aplicaciones y beneficios de atención médica que dependen de IoT, *software y hardware*. Abdellatif et al. (2019) sugiere un enfoque nuevo conocido como acceso múltiple de computación perimetral (MEC) para procesar y almacenar datos en la proximidad de las fuentes de datos. Mishra et al. (2019) proponen un sensor inteligente no lineal que utiliza la intermodulación para rastrear la ubicación y los signos vitales en pacientes. Selvaprabhu et al. (2022) abordan la investigación de un algoritmo no preventivo de programación prioritaria que mitiga el retraso de transmisión y la colisión de datos para redes inalámbricas de área corporal (WBAN). Nguyen et al. (2019) afirman

que el sistema informático de atención médica inteligente basado en IoT tiene tres componentes: tecnología de sensores, red inteligente y computación en la nube. Cuando el sistema obtiene el resultado adecuado de los datos, la información útil se envía a los profesionales de la salud.

En cuanto al software para la salud, se han identificado diez (10) artículos de investigación de un total de veintinueve (29) (34%) que exploran avances en el campo. Entre ellos, destaca el trabajo de Al-khafajiy et al. (2019), cuyo objetivo es mejorar los servicios de emergencia de los hospitales mediante el uso de una aplicación móvil en teléfonos inteligentes para realizar cambios justificados en los procedimientos de los protocolos de respuesta de emergencia. Por otro lado, Al-Jaroodi et al. (2020) analizan las posibles aplicaciones avanzadas de Health 4.0 y las clasifican en cuatro grupos según su beneficiario principal: pacientes, profesionales de la salud, administración de recursos y sistemas de atención médica de alto nivel. Además, Bellandi et al. (2021) proponen una metodología genérica para modelar una plataforma de salud que considere a los tres actores principales involucrados: médicos, técnicos y usuarios finales. Cristiano et al. (2022) verifican los factores que influyen en el uso de dispositivos portátiles inteligentes de salud en adultos mayores, determinando que deben ser simples y fáciles de usar. Li (2021) defiende que los productos y servicios proporcionados por Smart Health deben ser ecológicos y contribuir a la protección del medio ambiente. Por su parte, Alsisi et al. (2020) abordan los factores asociados con la intención de las personas de usar y adoptar las redes sociales en la promoción de la salud. Chen et al. (2021) proponen un sistema ciberfísico médico (MCPS) que combina dispositivos de control de software incorporados, redes y dinámicas fisiológicas complejas de los pacientes. Jeng et al. (2022) desarrollan un estudio sobre la intención de los adultos mayores de usar dispositivos portátiles inteligentes de salud. Lestari et al. (2019) determinan la importancia de los registros médicos digitales para mejorar la efectividad y naturaleza de los servicios de salud y potenciar los beneficios del autocuidado con acceso remoto. Por último, Al-Azzam et al. (2019) describen el surgimiento del concepto de salud inteligente en el contexto de las ciudades y los desafíos y oportunidades para su implementación.

Los artículos que contienen experiencias relacionadas con la gestión del conocimiento como la inteligencia artificial y la minería de datos de los veintinueve (29) revisados tres (3) (10%) cumplen, como es el de Kumavat y Kumar (2019) que presentan un sistema inteligente de salud basado en la computación cognitiva perimetral (Edge-Cognitive-Computing ECC), que es capaz de verificar, distinguir y detectar el estado actual del paciente mediante sensores. Las validaciones muestran que el sistema de salud basado en ECC proporciona un historial de usuarios superior e intenta mejorar los recursos informáticos, así como las tasas de durabilidad de los pacientes en la sala de urgencias. Singh y Kaur (2020) proponen un marco de calidad de servicio basado en internet de las cosas asistido por computación en la nube e inteligencia artificial para prevenir y proteger contra el virus Covid-19. En cuanto al campo de la minería de datos aplicada a la salud (Health-Data-Mining), Wibamanto et al. (2020) abordan este tema desde un enfoque de analítica predictiva de enfermedades para diseñar un sistema inteligente de predicción de la salud. La combinación de varias técnicas de minería de datos puede mejorar los sistemas de predicción de la salud.

En cuanto a la privacidad y protección de datos de los 29 artículos analizados el 17% (4) corresponde a esta temática. A continuación, se describen cada uno de ellos. Mohammed et al. (2022) proponen el uso de tecnología *Blockchain* basada en el Estándar de Encriptación Avanzado y cadenas de bloque cifrados (AES-CBC) para dar a los usuarios un mayor control sobre las transacciones, lo que resulta en servicios de seguridad de IoT más seguros (confidencialidad, integridad y control de acceso). Arca y Hewett (2021) presentan un enfoque centrado en el anonimato para el análisis de datos de salud que protege la privacidad de los datos. Este enfoque es aplicable tanto a los productores como a los consumidores de datos y se basa en hacer los datos anónimos. Sun et al. (2020) desarrollaron un método de cifrado de datos basado en un conjunto de atributos denominados CP-ABE que genera altos niveles de protección de la privacidad para el sistema *Smart Health* orientado a IoT. Finalmente, Chang y Hung (2021) proponen una solución integral de IoT para mejorar la seguridad y protección en el campo de la salud inteligente, que se enfoca en mejorar la gestión de seguridad a través de la implementación de un entorno de red seguro, un sistema confiable de control de acceso y autenticación de dispositivos, y una conexión a Internet más segura.

¿Qué tecnologías son aplicadas frecuentemente en un hospital inteligente (Smart Hospital)?

De acuerdo a la selección de estudios relacionados con Hospitales inteligentes están divididos en investigación asociadas con las tecnologías inteligentes en salud con soluciones en hardware, software y aplicación de tecnologías de gestión del conocimiento.

En cuanto a la temática de Hospitales inteligentes relacionadas en soluciones en hardware incluyendo redes de comunicaciones y computación en la nube se encuentran seleccionados siete (7) de doce (12) (58%) de los artículos que están asociados con la temática informática en nube en hospitales inteligentes (en inglés *Smart Hospital Cloud*). Los cuales se describen a continuación: Jang et al. (2021) proponen un método de punto de acceso a la red hospitalaria para sensores con movilidad y sin movilidad minimizando el tiempo de acceso y costo de operación a través de una red de sensores inteligentes hospitalarios para sistemas de salud móviles y remotos. De la misma forma Atta (2022) desarrolla un método que permitir la integración de diferentes protocolos de redes de sensores WiFi, LoRa (*protocolo inalámbrico de larga distancia y baja velocidad*) y Radio frecuencia (RF). Los autores Ben et al. (2021) proponen una solución soportada en el monitoreo de signos vitales de los pacientes a través de IoT, en el marco de un sistema de alerta temprana inteligente que reduce el retraso de la intervención del personal médico en caso de detección de riesgo. También el IoT como solución a problemas médicos apoyado en *Machine Learning* que se usan para diagnosticar pacientes con Covid-19 (Abdulkareem et al. 2021). Los autores Sorte et al. (2019) implementan un prototipo que realiza la tarea de monitoreo de ECG y también a través de un algoritmo de minería de datos que predicen anomalías cardíacas. En cuanto a la confiabilidad de la información, los autores Said et al. (2021) afirman que la confiabilidad en IoT es un tema vital, la propuesta integra un Sistema de Detección de Anomalías “ADS” para infraestructuras hospitalarias inteligentes con dos módulos: para detección de anomalías y ataques a la red

(denominada IDC por su sigla en inglés) y el segundo para detectar eventos relacionados con la salud electrónica denominada EDC (por los términos en Inglés). Este trabajo integra dos sistemas de detección de anomalías (e-health monitoreo y supervisión de infraestructura) en un solo. Esto tiene la ventaja de mejorar la confiabilidad general del sistema optimizando recursos y proporcionando información para toma de decisiones médicas. Uslu et al. (2020) afirman que los problemas más desafiantes para diseñar un hospital inteligente son: el diseño de un protocolo estándar, los criterios de seguridad y privacidad, la gestión de dispositivos heterogéneos y la optimización de recursos entre ellos el consumo de energía.

Por otra parte, se listan dos (2) de doce (12) (16%) trabajos afines con software, incluyendo portales de servicio y aplicaciones móviles enfocados en Hospitales Inteligente (Smart Hospital), tales como: El caso de Kwon et al.(2022) que plantean una clasificación de los servicios hospitalarios así: servicios basados en reconocimiento de ubicación; tecnología de rastreo que mide y monitorea la información de ubicación de un objeto basado en tecnología de comunicación de corto alcance y comunicación de alta velocidad con servicios soportados en redes basados en nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica; servicios basados en Internet de las cosas que conectan objetos integrados con sensores y funciones de comunicación a internet; salud móvil servicios como teléfonos móviles, tabletas y dispositivos portátiles; los servicios basados en inteligencia artificial para el diagnóstico y predicción de enfermedades; servicios de robot en diversos médicos campos; servicios de realidad extendida que aplican inmersiones hiperrealistas tecnología a la práctica médica y Telesalud usando TIC. Pravinth et al. (2019) plantean una solución para mejorar el sistema de gestión para la hospitalización del paciente monitoreando a el goteo de suministro de solución salina través de mensajes de texto (SMS por sus siglas en inglés).

En cuanto a artículos relacionados con Smart Hospital y aplicación de tecnologías de gestión del conocimiento como inteligencia artificial sólo, uno (1) de los 12 (8 %) es seleccionado como es el caso de Kim et al. (2021) quienes mencionan que la inteligencia artificial sirve de asistente virtual en tareas operativas que habitualmente realiza personal asistencial para que estos profesionales puedan prestar el servicio de salud desde sus unidades o estaciones médicas y así reducir el contacto que incide en la probabilidad de transferencia de gérmenes.

¿Cómo evaluar la tecnología en un Smart Hospital?

Con respecto a la evaluación de tecnología dos (2) de los doce (12) artículos están relacionados con la evaluación tecnológica, los cuales se analizan a continuación: Los autores Lin et al.(2021) presentan un documento donde utilizan el Proceso de Jerarquía Analítica (Analytic Hierarchic Process, AHP) dentro de la Toma de Decisiones de Criterios Múltiples (Multiple criteria decision making, MCDM) para establecer un sistema inteligente de evaluación hospitalaria con criterios y subcriterios de evaluación, que luego se priorizan y asignan a alternativas relacionadas con BIM (*Bussines Intelligent Manager*) para realizar la gestión de información de activos. En cambio, Rodrigues et al. (2021) presentan un documento para evaluar el rendimiento y la disponibilidad de un sistema hospitalario inteligente con redes estocásticas de Petri (SPN por las siglas en inglés) presentando dos modelos. Un modelo SPN para evaluar el rendimiento de

las arquitecturas de computación en hospitales inteligentes y un modelo SPN para evaluar la disponibilidad de arquitecturas informáticas en hospitales inteligentes, con la capacidad de configurar tiempos promedio de falla y recuperación.

4. Conclusiones

La revisión de literatura se enfocó en los avances de las tecnologías emergentes en los últimos cinco años, con el objetivo de delimitar la búsqueda en áreas como el Internet de las cosas, la inteligencia artificial, la minería de datos, el *Big Data* y la computación en la nube. La combinación de estas tecnologías ha dado lugar al término “sistemas inteligentes” o “tecnologías inteligentes”, que supervisan y controlan variables físicas y del entorno. La pandemia de COVID-19 ha aumentado el interés en la investigación, aplicación e implementación de estas tecnologías, ya que las restricciones de contacto físico entre las personas han impulsado el desarrollo de nuevos dispositivos, tecnologías de comunicación y software.

En el área de la salud, el Internet de las cosas médicas (IoMT) es una de las áreas de mayor aplicación y avance, facilitando el monitoreo de variables fisiológicas de pacientes a través de sensores interconectados a internet y redes inalámbricas de área corporal (WBAN). Los hospitales inteligentes, que manejan sensores que supervisan variables como temperatura, iluminación, ventilación, inventarios de medicamentos y exámenes de laboratorio clínico, son el centro de aplicación de estas tecnologías.

Sin embargo, el uso masivo de tecnologías inteligentes exige una interoperabilidad entre dispositivos y software, lo que plantea desafíos para la seguridad de los datos, la velocidad de respuesta ante señales críticas, la infraestructura de red y el tratamiento masivo de datos. En la revisión sistemática de literatura se encontraron tecnologías como *Blockchain* y algoritmos criptográficos, computación perimetral, computación en la nube, computación cognitiva perimetral, grandes volúmenes de datos, inteligencia artificial y *Machine Learning* para abordar estos desafíos.

En conclusión, es indispensable realizar el diseño de un modelo de evaluación tecnológica en el contexto de la industria 4.0 para los hospitales inteligentes, que permita categorizar el nivel de optimización de procesos según las tecnologías adoptadas, realizando un análisis de la aplicación de las tecnologías inteligentes, identificando las herramientas aplicadas e interrelacionando tecnologías, herramientas y procesos impactados. Se necesita más investigación en tecnologías inteligentes en salud en Latinoamérica en comparación con Estados Unidos, los países europeos y asiáticos.

Referencias

- Abdellatif, A., Mohamed, A., Chiasserini, C., and Tlili, M., and Erbad, A (2019). Edge Computing for Smart Health: Context-Aware Approaches, Opportunities, and Challenges. *IEEE NETWORK*, 33,196-203.
- Abdulkareem, K., Mohammed, M., Salim, A., Arif, M., Geman, O., Gupta, D., and Khanna, A. (2021). Realizing an Effective COVID-19 Diagnosis System Based on Machine Learning and IoT in Smart Hospital Environment. *IEEE Internet Of Things Journal*, 8 (21),15919-15928.

- Adame, T., Bel, A., Carreras, A., Melià-Seguí, J., Oliver, M. and Pous, R. (2018). CUIDATS: An RFID–WSN hybrid monitoring system for smart health care environments. *Future Generation Computer Systems*, 78, 602-615.
- Ahad, A., Tahir, M., Sheikh, M., Ahmed, K., Mughees A., and Numani, A. (2020). Technologies Trend towards 5G Network for Smart Health-Care Using IoT: A Review. *Sensors*, 20 (14), 1-22.
- Al-Azzam, M.K. and Alazzam, M.B. (2019). Smart city and Smart-Health framework, challenges and opportunities. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(2),171-176.
- Al-Jaroodi, J., Mohamed, N. and Abukhousa, E (2020). Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future. *IEEE Access*, 8, 211189-211210.
- Al-khafajiy, M., Kolivand, H., Baker, T, Tully, D. and Waraich, A. (2019). Smart hospital emergency system: Via mobile-based requesting services. *Multimedia Tools and Applications*, 78 (14), 200887-20111.
- Alsisi, E.A. and Al-Ashaab, A. and Abualfaraa, W.A. (2020). The Development of a Smart Health Awareness Message Framework Based on the Use of Social Media: Quantitative Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22 (7).
- Angrisani, L., Arpaia, P., Esposito, A., Gargiulo, L., Natalizio, A., Mastrati, G., Moccaldi, N., Parvis, M., Arpaia, P., Esposito, A., Gargiulo, L., Natalizio, A., Mastrati, G., Moccaldi, N. and Parvis, M. (2021) Passive and active brain-computer interfaces for rehabilitation in health 4.0. *Measurement: Sensors*, 18.
- Apparao Naidu, G., Kodati, S. and Jeeva, S. (2019). A smart health care applications and benefits using IoT. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), 7120-7123.
- Arca, S. and Hewett, R. (2021). Analytics on Anonymity for Privacy Retention in Smart Health Data. *Future Internet*, 13(274), 1-20.
- Atta, R. (2022). Cost-effective vital signs monitoring system for COVID-19 patients in smart hospital. *Health and technology*. 12(1),239-253.
- Bellandi, V., Ceravolo, P., Cristiano, A., Damiani, E., Sanna, A., and Trojaniello, D. (2021). A design methodology for matching smart health requirements. *Concurrency and computation-practice and experience*, 2021(33),1-16.
- Ben, I., Balti, M., Chaabane, S and Jemai, A (2021). Adaptative vital signs monitoring system based on the early warningscore approach in smart hospital context. *IET Smart Cities*, 3 (1) 16-28.
- Chang, C. and Hung, W. (2021). Strengthening Existing Internet of Things System Security: Case Study of Improved Security Structure in Smart Health. *Sensors and materials*. 33(42),1257-1272.
- Chen, F., Tang Y., Wang, C., Huang, J., Huang, C. Xie, D., Wnag T. and Zhao C.(2021). Medical Cyber-Physical Systems: A Solution to Smart Health and the State of the Art. *IEEE Transactions On Computational Social Systems*.

- Colegio Oficial de Ingenieros de Madrid (2020). Libro Blanco del Smart Hospital. Madrid: COIM y AIIM; 2020, España.
- Cristiano, A., Musteata, S., De Silvestri, S., Bellandi, V., Ceravolo, P., Cesari, M., Azzolino, D. Sanna, A. and Trojaniello, D. (2022). Older Adults' and Clinicians' Perspectives on a Smart Health Platform for the Aging Population: Design and Evaluation Study. *Jmir Aging*, 5(1).1-17.
- Jang, Y., Ryoo, I., and Kim, S (2021). Smart Hospital Sensor Network Deployment for Mobile and Remote Healthcare System. *Sensors*, 21(16),1-19.
- Jeng, M., Pai, F. and Yeh, T. (2022). Antecedents for Older Adults' Intention to Use Smart Health Wearable Devices-Technology Anxiety as a Moderator. *Behavioral sciences*.12(4), 1-16.
- Khan, M.M. and Mehnaz, S. and Shaha, A. and Nayem, M. and Bourouis, S. (2022) IoT-Based Smart Health Monitoring System for COVID-19 Patients. *Wireless communications & mobile computing*. 2021, Article ID8591036, 11 pages.
- Kim, J.H., Um, R., Liu, J., Patel, J., Curry, E., Aghabaglou, F., Mahapatra, S., Ainechi, A., Tsehay, Y., Ehresman, J., Hwang, B., Tyler, B., Iyer, R., Theodore, N. and Manbachi, A. (2021). Development of a Smart Hospital Assistant: Integrating artificial intelligence and a voice-user interface for improved surgical outcomes. *Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE*. 116010U (15 February 2021).
- Kitchenham, A. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Keele, S. In Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE. Sn
- Kumavat and Kumar (2019). Health monitoring using edge cognitive computing based smart health care. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*,9, Issue-1, 5356-5361.
- Kwon H, An S, H Lee, Chul W, Kim S, Cho M, Kong H (2022) Review of Smart Hospital Service in Real Healthcare Enviroments. *Helthcare Informatics Research*, 10.4258/hir2022.28.1.3.
- Lestari, V.N.S., Rahim, R., Nguyen, P.T., Hashim, W. and Maselena, A. (2019). Smart health records. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*,8 (682),986-989.
- Li, J (2021). An Empirical Study of Green Marketing on Perceived Value based on BrandImage in Smart Health Care Industry. *Revista De Cercetare Si Interventie Sociala*, 72, 149-161
- Lin, Chih-Lung and Chen, James K. C. and Ho, Han-Hsi (2021). *BIM for Smart Hospital Management during COVID-19 Using MCDM*. *Sustainability*,13(11),1-18.
- Mishra, A., McDonnell, W., Wang, J. and Rodriguez (2019). Intermodulation-Based Nonlinear Smart Health Sensing of Human Vital Signs and Location. *IEEE Access*,7,158284-158295.

- Mohammed, A.H. and Hussein, R.M.A. (2022). Security services for internet of thing smart health care solutions based blockchain technology. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 20(4),772-779.
- Nguyen, P.T., Ilayaraja, M., Shankar, K., Hashim, W. and Maseleno, A. (2019). Smart health informatics system. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(682), 4651-4655.
- Pravinth, R., S., Kavitha, N.S., Sheeba Rache, S. and Suganthi, P. (2019). Smart hospitals E-medico management system. *International Journal of Recent Technology and Engineering*,8(3)4651-4655.
- Rico D, Maestre G (2020) Caracterización de la situación actual de las tecnologías inteligentes para una Universidad inteligente en Colombia/latinoamerica. RISTI Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, E27,03/2020, 484-501.
- Rodrigues, L., Gonçalves, I, Fé, I., Endo, P.T. and Silva, F.A. (2021). Performance and availability evaluation of an smart hospital architecture. *Computing*,103(10),2401-2435.
- Rao, S.S (2019). Smart health care system using sensors, IoT device and web portal. *Journal of mechanics of continua and mathematical sciences*, 14(6), 1-11.
- Said, A.M., Yahyaoui, A. and Abdellatif, T. (2021). Efficient Anomaly Detection for Smart Hospital IoT Systems. *Sensors (Switzerland)*, 21(24), 1-24.
- Selvaprabhu, P., Chinnadurai, S., Tamilarasan, I., Venkatesan, R. and Kumaravelu, V.B. (2022). Priority-Based Resource Allocation and Energy Harvesting for WBAN Smart Health. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, Article ID 8294149, 11 pages.
- Singh, P. and Kaur, R. (2020). An integrated fog and Artificial Intelligence smart health framework to predict and prevent COVID-19. *Global Transition*, 2020,283-292
- Sorte, P. and Golande, A. and Yermalkar, A. and Suryawanshi, V. and Wanjare, U. and Satpute, S. (2019). Smart hospital for heart disease prediction using IoT. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(9), 321-326.
- Sun, J., Xiong, H., Liu, X., Zhang, Y., Nie, X and Deng, R. (2020). Light weight and Privacy-Aware Fine-Grained Access Control for IoT-Oriented Smart Health. *IEEE Internet Of Things Journal*, 7(7),6566-6575.
- Uslu, B.Ç., Okay, E. Dursun, E.(2020). Analysis of factors affecting IoT-based smart hospital design. *Journal of Cloud Computing*, 9(67), 1 -23.
- Vijayalakshmi, A. and Ebenezer Abishek, B. and Arul Stephen, C. (2019). IoT based sensor fusion algorithm for online smart health monitoring. *International Journal of Recent Technology and Engineering*.8(2).6040-6046.

- Wibamanto, W., Das, D. and Chelliah, S.A. (2020). Smart health prediction system with data mining. *International Journal of Current Research and Review*, *International Journal of Current Research and Review*, 12,14-19.
- Yusuf, N.,Hamza, A., Muhammad, R., Suleiman M and Abubakar Z (2020). Smart Health Internet of Thing for Continuous Glucose Monitoring: A Survey. *International journal of integrated engineering*, 12(7), 54-61.