

# ARTÍCULO DE REVISIÓN

## Tecnologías de la industria 4.0 en el sector de la salud

*León Martínez Fernando Mauricio<sup>1</sup>, Cabezas Aquino Gilbert Eduardo<sup>1</sup>, Castillo Condoy María Stefany<sup>1</sup>, Encarnación Campoverde Helen Milena<sup>1</sup>, Merchán Arica Joseph Alexander<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>. Universidad Católica de Cuenca. Carrera de Medicina. Cuenca-Ecuador.

**Correspondencia:**

**Nombre:**

León Martínez Fernando Mauricio

**Correo electrónico:**

fleon@ucacue.edu.ec

**Código postal:** EC 010107

**Teléfono:** (593) 998271798

**Fecha de recepción:** 20-04-2020

**Fecha de aceptación:** 20-05-2020

**Fecha de publicación:** 30-06-2020

**Membrete bibliográfico:** León M. FM, Cabezas A.GE, Castillo C. MS, Encarnación C. HM, Merchán A. JA. Tecnologías de la industria 4.0 en el sector de la salud. Rev Médica Ateneo, 26. (1), pag. 98-113

**Artículo acceso abierto.**

## RESUMEN

**Introducción:** Las tecnologías 4.0 han logrado la obtención de información en tiempo real sobre los pacientes, el personal médico ha podido tomar decisiones basadas en datos científicos, además de lograr de manera más eficiente el ahorro de tiempo y recursos.

**Objetivo:** Explorar el desarrollo y la implementación de las tecnologías 4.0 en el sector de la salud, determinando sus principales beneficios y dificultades, para de esta manera tener una mayor aproximación teórica a este fenómeno industrial.

**Metodología:** Revisión bibliográfica sistemática de artículos científicos en español e inglés desde 2021 a 2023. Se analizaron

más de 20 artículos de bases de datos como SCOPUS, Redalyc, Science Direct, incluyendo artículos originales y estudios de caso, observacionales y descriptivos.

**Resultados:** varios análisis médicos realizados por IAs demostraron eficiencia en detección de afecciones, como metástasis pulmonares y de cáncer de mama, también al momento de crear algoritmos de predicción como muertes por sobredosis.

**Conclusiones:** La aplicación de tecnologías 4.0 en el sector de la salud ha sido evidencia del gran avance científico, las inteligencias artificiales; han mejorado el proceso de intervencionismo médico, en emisión de diagnósticos, medidas preventivas y planes de tratamiento.

**Palabras Clave:** Industria 4.0, Tecnologías 4.0 en medicina, Inteligencia artificial en salud.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** 4.0 technologies have managed to obtain real-time information from patients, medical staff have been able to make decisions based on scientific data, in addition to saving time and resources more efficiently.

**Objective:** To explore 4.0 technologies' development and implementation in healthcare sector, determining its main benefits and drawbacks, in order to have a greater theoretical approach to this industrial phenomenon.

**Methods:** Systematic bibliographic review of scientific articles in spanish and english from 2021 to 2023. More than 20 articles from databases such as SCOPUS, Redalyc, Science Direct were analyzed, including original articles and case, observational, and descriptive studies.

**Results:** several medical analyzes carried out by AIs demonstrated efficiency in detecting pathological conditions, such as lung metastases and breast cancer, also in creating prediction algorithms such as overdose deaths.

**Conclusion:** 4.0 technologies' application in healthcare sector has been evidence of a great scientific advance, artificial intelligences have improved the

process of medical interventionism, in issuing diagnoses, preventive measures and treatment plans.

**Keywords:** 4.0 Industry, 4.0 Technologies in medicine, Artificial Intelligence in healthcare

## INTRODUCCIÓN

La industria 4.0 hace énfasis al surgimiento de nuevas tecnologías que permiten la generación de una amplia gama de productos y servicios para atender las necesidades humanas (1,2). La medicina es una ciencia que no se encuentra alejada de este fenómeno industrial, debido que esta industria se ha encargado de potenciar los tratamientos, prevenir enfermedades, mejorar los diagnósticos y brindar información en tiempo real al personal médico y a los pacientes, permitiendo tomar decisiones basadas en datos actualizados (1,3).

La cuarta generación industrial es un proceso que incorpora, la manufactura, el internet de las cosas, blockchain, ERM, realidad aumentada, cómputo móvil, la nube, el big data, dispositivos móviles, etc. Algunas de estas tecnologías ya se vienen utilizando tiempo atrás de forma aislada, sin embargo, es gracias a esta nueva revolución que estas herramientas se han potencializado sus capacidades e integrado a diversos tipos de servicios y programas, para de esta manera mejorar la eficiencia y desempeño de los sistemas operativos médicos (1,3–5).

Las innovaciones que ha experimentado la salud están dirigidas a ahorrar tiempo y recursos (1,4). En muchos países se vienen realizando esfuerzos políticos, para fomentar el uso de estas tecnologías (2,6–8). Aspecto que se evidencio en Canadá, en donde en los últimos 5 años el gobierno atrajo nuevas industrias para la repotenciación de la salud, lo cual disminuyo en un 5,8% la probabilidad de dar un mal diagnóstico, aumentó la adherencia a tratamientos en un 7% y mejoró el proceso de cobertura médica en zonas rurales permitiendo prestar servicios hasta en más de 5000 hogares (5,9,10).

En Latinoamérica se han venido implementando políticas, que han atraído innovaciones a países como Colombia, Argentina y Chile, los cuales con la ayuda de Alemania esperan implementar nuevas medidas tecnológicas en sus sistemas de salud, dentro de las implementaciones se encuentran; la tecnología

de la nube, Big Data, inteligencia artificial, robótica, realidad virtual, realidad aumentada y blockchain. Sin embargo, en muchos países de la región, se ha visto afectado este proceso de revolución industrial debido a las crisis financieras, política, económicas y sociales (1,2,4,10).

Resulta importante estudiar el desarrollo de las tecnologías de la revolución 4.0 en el sector sanitario, debido a que son las responsables de impulsar la transformación de los cuidados médicos, desde el uso de aplicaciones médicas móviles y software que ayuden a los médicos a tomar decisiones clínicas basadas en inteligencia artificial (2,3,11-13). Motivo por el cual el objetivo principal de la presente investigación es explorar el desarrollo y la implementación de las tecnologías 4.0 en el sector de la salud, para determinar los principales beneficios y dificultades en su implementación.

## **METODOLOGÍA**

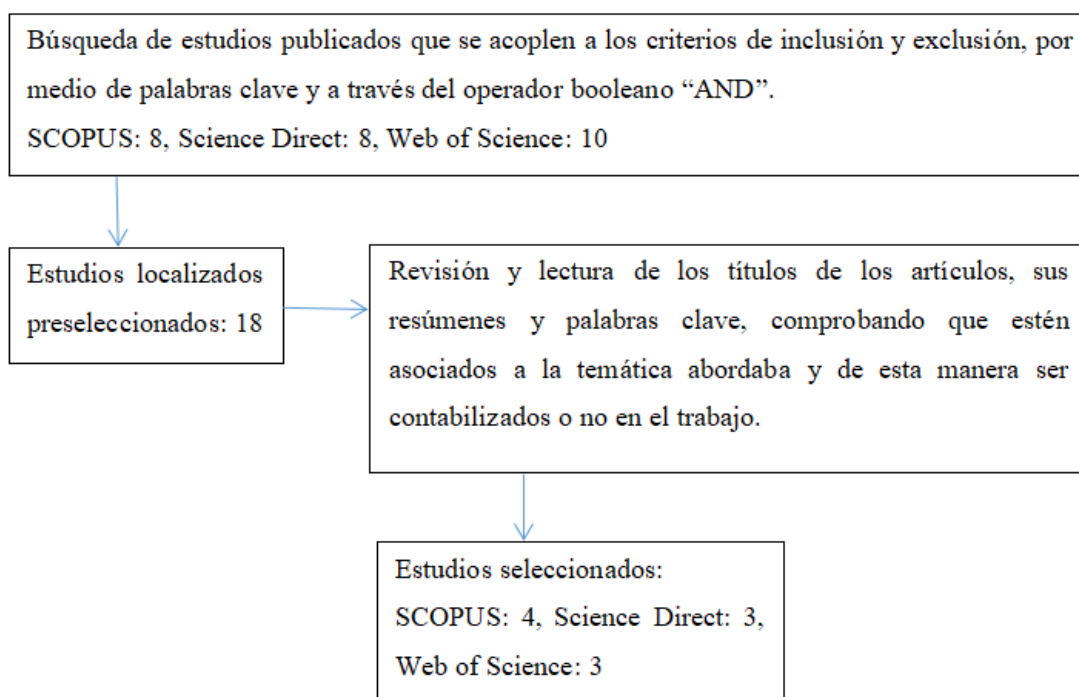
Se optó por emplear una revisión bibliográfica sistemática para analizar el contenido de artículos científicos publicados en revistas reconocidas, publicados desde 2021 a 2023, que estén relacionados a la industria 4.0 en el sector de la salud.

Se utilizó la estrategia de búsqueda con palabras clave conectadas a través del operador booleano AND, estas palabras clave fueron “industria 4.0”, “tecnologías 4.0 en medicina” e “inteligencia artificial en salud”. Por consiguiente, se procedió a la investigación y búsqueda de artículos referidos de las palabras clave, publicados en español e inglés, en bases de datos como SCOPUS, Science Direct, Web of Science, Redalyc, ELSEVIER, durante el periodo de abril – junio del año 2023.

Se procedió a la identificación y revisión de artículos científicos y revistas, que presenten relación entre la medicina y las tecnologías 4.0, como el uso de inteligencias artificiales, dispositivos electrónicos desarrollados para el tratamiento o detección de patologías, entre otros; posteriormente se determinaron aquellos criterios que ayuden a obtener resultados sobre tecnologías e inteligencias artificiales en el ámbito de la salud.

Los criterios de inclusión tomados en cuenta para la selección de artículos fueron los siguientes: artículos científicos, últimos 5 años, publicaciones en revista científica, población de estudio, instrumento de medición, resultados relevantes. Los criterios de exclusión se basaron en publicaciones que no sean de revistas científicas y en donde no se haya realizado un estudio de comprobación de las tecnologías o IAs de las cuales se hablaban.

Luego de haber identificado y seleccionado previamente a aquellos estudios considerados como relevantes, se procedió con la lectura de los mismos, sus títulos, resúmenes y palabras clave, comprobando así la pertinencia de estos artículos y que se encuentren directamente relacionados con la temática que se aborda en este trabajo. El enfoque metodológico se muestra a continuación en el siguiente diagrama de flujo.



## RESULTADOS

En el siguiente apartado se verificará cómo el desarrollo de las tecnologías de la industria 4.0 ha influido en el área de salud, mediante una ardua revisión bibliográfica, mencionando los resultados más relevantes encontrados. En primera instancia se analizó un estudio en el cual la inteligencia artificial buscó

identificar la carga tumoral de las metástasis pulmonares de estadificación inicial en pacientes con cáncer de mama.

Para dicho estudio, se examinaron dos grupos, en el primero se determinó el total y el tamaño metástasis pulmonares en una tomografía computarizada torácica normal, misma que, requirió mucho tiempo de exposición, mientras que, en el segundo grupo se usó un nuevo modelo de inteligencia artificial que permite la detección automatizada, determinación del tamaño y la cuantificación del número de metástasis pulmonares en la TC torácica en pacientes con esta afectación, misma que requirió menor tiempo de exposición (14).

Como resultado el programa de IA permitió la identificación de 752 nódulos pulmonares, de los cuales 689 se identificaron en 168 pacientes con metástasis pulmonares confirmadas (Lmet<sup>+</sup>), mientras que, 63 se presentaron en 58 pacientes sin confirmar (Lmet<sup>-</sup>). Por lo tanto, se deduce que, en comparación con la evaluación del lector, la IA tuvo mayor sensibilidad y especificidad al realizar los análisis y así mismo permitió un diagnóstico precoz y eficaz asociándose a una menor tasa de mortalidad, pues se evidenció que esta fue cuatro veces mayor en el primer grupo en comparación al segundo grupo ( $p = 1/4$  0.002), esto gracias a la eficacia del estudio (14).

Por otra parte, también se analizó un estudio cualitativo en el que se explora la aceptabilidad de los chatbots en pacientes que requieren servicios genéticos, para verificar sus preferencias y opiniones sobre su uso en el proceso de realización de pruebas genéticas, desde la consulta inicial hasta la obtención de los resultados. Este estudio fue realizado en base a 30 entrevistas, cuyos datos obtenidos indican que los pacientes consideraron que los chatbots son beneficiosos y eficaces para otorgar servicios genéticos y el proceso de prueba otorga un servicio óptimo, siempre que haya una red de seguridad disponible según sea necesario, es decir acceso médico para las necesidades que el sistema no otorgue (15).

Consecutivamente, otro estudio realizado sobre la IA en el cuidado de la salud busca indicar las oportunidades y riesgos para el futuro de la misma, de tal manera que se determinó que su aplicación mejorará el diagnóstico, la

prevención y el tratamiento de los pacientes, aumentando la rentabilidad y la equidad e igualdad en los servicios de salud, así mismo, aumenta la eficiencia y eficacia del servicio. Sin embargo, representa múltiples desafíos, dentro de los más relevantes se encuentra que no hay adopción de IA en el sector público, lo cual genera limitaciones en la accesibilidad de la misma (16).

Por otra parte, un estudio realizado para medir el impacto de la IA en la prevención de muerte fetal buscó identificar la verificación de la calculadora perteneciente a la Fundación de Medicina Fetal para tamiz de preeclampsia, realizado una medición en 1078 embarazadas, presentándose en las mismas una incidencia de preeclampsia de 54 casos (5.0%. IC95%: 3.8-6.2). Además, identificaron 147 (13.6%) nacimientos anteriores a las 37 semanas, de los cuales fueron 29 de 54 (53.7%) por preeclampsia y sin preeclampsia 118 de 1024 (11.5%) ( $p < 0.001$ , exacta de Fisher) (17).

De tal manera que el estudio permitió determinar una incidencia de preeclampsia en los nacimientos prematuros de 29 por cada 147 nacimientos (19.7%. IC95%: 13.9-25.6). Estos resultados dejan en evidencia que la calculadora FMF 4.0 adaptada y empleada resultó una herramienta válida, prestando una alta sensibilidad (17).

Así, también se implementó el uso de las Industrias 4.0 en pandemia por Covid-19 en Shanghái, para verificar la información y el apoyo de la misma en las experiencias de gestión de un hospital pediátrico de dicha ciudad. Estos hospitales construidos propiamente para atender la crisis de Covid, se apoyaron de la IA para facilitar la accesibilidad, organización y cribaje de pacientes para la atención precoz conforme a su gravedad, se basó en tecnologías de reconocimiento facial en pacientes ambulatorios, sistema de advertencia de enfermedades críticas y sistema de registro médico electrónico de pacientes hospitalizados. Lográndose disminuir la tasa de mortalidad, realizando una comparación con los meses anteriores (18).

Adicionalmente, realizado a estudiantes de medicina, para identificar su aceptación por las IA, permitió identificar que la mayoría considera que esta puede facilitar la información a los médicos (85,8 %) y la atención al paciente

(76,7 %), además de reducir costos y errores (70,5 %). Sin embargo, es importante mencionar que al (44,9%) de los encuestados les resulta preocupante que se reduzcan los servicios médicos, generando desempleo (44,9%), además de que se manifiesta que su implementación podría afectar negativamente la relación médico-paciente (42,7 %) (19).

Conjuntamente, se analizó un estudio sobre la aplicación la IA Basada en Multi-Omics para el Diagnóstico no invasivo de la enfermedad inflamatoria intestinal mediante la recolección de muestras de heces, para ello, se analizaron 299 estudios de cohortes clínicas, incluidas 86 personas sanas, 140 pacientes que presentaban enfermedad de Crohn (EC) y 73 pacientes con colitis ulcerosa (CU), para determinar la efectividad de un modelo para el diagnóstico y multclasificación de la EII (20).

Como resultado del estudio se obtuvo mayor precisión del diagnóstico hasta en un 90,97%, en comparación con el grupo sin EII, sus biomarcadores de características seleccionadas están regulados en pacientes con CU y EC, lo que permite mayor asertividad en el diagnóstico, por lo tanto, puede ser aplicado en la práctica clínica (20).

Un estudio adicional se enfocaba en la predicción de metástasis a distancia en pacientes con cáncer de mama, mediante la recolección de cifras de resonancia magnética y ecografía, detectando las características de esta patología y con el uso de una inteligencia artificial conocida como Nomograma se planeaba encontrar metástasis distantes para un mejor manejo de la profilaxis.

A partir de esto, se crearon en total 3 modelos Nomograma de predicción para la metástasis a distancia, metástasis ósea y metástasis visceral, se analizó a un total de 6703 pacientes durante el periodo de enero de 2011 y diciembre de 2016, validando la importancia clínica de metástasis sola y órgano-específica, con resultados favorables al momento de detectar metástasis distante metacrónica en aproximadamente un 80% de los pacientes seleccionados y también al realizar una implementación de terapia individualizada en el cáncer de mama (21).

También se analizó un estudio que abordaba a una proyección de personas que morirían por el consumo de opiáceos por medio de un análisis realizado por una IA llamada TrOP que, revisada el algoritmo del lenguaje utilizado en las redes sociales como Twitter, de esta forma se analizaron perfiles un total de 2041 usuarios de Twitter con más de 30 publicaciones relacionadas con el consumo de opioides. También se analizó contenido de la base de datos del County Tweet Lexical en más de 100 usuarios con publicaciones relacionadas, contando un total de 2041 datos relevantes, y así la IA crearía un patrón de tendencias del consumo de drogas en las comunidades y estimar un número aproximado de muertes por sobredosis (22).

En donde finalmente se obtuvo un resultado con un porcentaje de error de 3%, siendo mucho menor que otros modelos de predicción convencionales, en donde se obtuvo un margen de error de 7%, como en el modelo de autoregresión lineal y recolección de datos, finalmente se planea seguir usando a TrOP en análisis futuros debido al constante cambio en los datos epidemiológicos (22).

Finalmente se abordó un estudio que hablaba sobre la implementación clínica de un algoritmo de inteligencia artificial para la resonancia magnética del volumen renal total (TVK) en autosoma poliquistosis renal dominante en 170 pacientes, con el fin de evaluar su rendimiento, el estudio incluyó a 170 pacientes adultos con diagnóstico de afección renal, atendidos por un nefrólogo entre noviembre de 2019 y enero de 2021, en total 33 nefrólogos solicitaron imágenes de resonancias magnéticas para calcular el TVK basado en la inteligencia artificial (23).

Se obtuvo una aplicación clínica satisfactoria, la segmentación basada en algoritmos de IA mostró altos niveles de concordancia y no fue inferior a la variabilidad realizada por los observadores, hubieron casos editados manualmente y otros realizados por la IA, se calculó una diferencia final de volumen de 3.3%, aceptando y aprobando los resultados de segmentación basada en la IA en 86 casos de los 170 totales, mientras que 84 casos se editaron manualmente, por lo tanto se consideró que El rendimiento de un algoritmo de IA en la práctica clínica real puede preservarse si hay desarrollo y

validación cuidadosos y si el entorno de aplicación se asemeja mucho a las condiciones de desarrollo (23).

## **DISCUSIÓN**

Las grandes tecnologías de la industria 4.0 han revolucionado a nivel mundial en los diferentes sectores, especialmente en el área de la salud, en la cual se han visto múltiples beneficios que han permitido el diagnóstico precoz de patologías con alta tasa de mortalidad, así como el tratamiento oportuno de las mismas, sin embargo las dificultades que se siguen presentando tienen que ver con la falta de tecnología en las zonas rurales del país, falta de capacitación a los profesionales de la salud y los bajos presupuestos en los hospitales para adquirir estos nuevos sistemas.

En nuestra revisión identificamos un programa que demostró la presencia de 752 nódulos pulmonares, a un menor tiempo y rango de exposición en comparación a una TC torácica; lo que indica que esta IA tiene mayor sensibilidad y especificidad para este tipo de patología. Por otra parte, un estudio denominado “eRx” realizado en Perú por un grupo de especialistas permitió la captura de imágenes radiológicas de pacientes establecidos en un centro de salud, las cuales se recolectaron y transmitieron hacia una App instalada en el teléfono móvil, permitiendo así la detección de diferentes anomalías pulmonares y con una sensibilidad del 95% para diagnosticar tuberculosis (24).

Otra rama de la medicina que ha sido beneficiada por estas tecnologías es la dermatología; con su primer programa de IA diseñado para la psoriasis en el año 2014, este sistema utilizó perfiles de expresión genética basados en microarrays de 2 conjuntos de datos, obteniendo finalmente una precisión global del 99,81%. Sin embargo, realizaron una nueva modificación utilizando redes neuronales convolucionales (CNN), que les permitió evaluar el color, textura y espectros de orden superior de las lesiones; alcanzando una sensibilidad del 99,76 % y una especificidad del 99,99% (25-27).

Para Ávila, et al. (26) los algoritmos informáticos cuentan con una alta precisión para prevenir el cáncer de cérvix, por medio del software de machine learning en la identificación del virus del papiloma humano. Sin embargo, existen distintos

tipos de software que se podrán implementar para otras enfermedades como: MYCIN/MYCIN II para patologías infecciosas, PIP para afecciones renales, CASNET para oftalmología, etc. La empresa FDNA por medio de su software “Face2Gene” ha logrado diagnosticar más de 8 mil enfermedades raras, con buenos resultados en un estudio clínico en Japón.

Por otra parte, una de las problemáticas que mencionan los autores Gómez y Bravo en su estudio es que la detección de los pólipos colorrectales en una colonoscopia es demasiado compleja, ya que se pueden presentar varias fuentes de ruido que pueden ocultar las lesiones, dando así un diagnóstico incorrecto. Por lo que, implementaron en su lugar una nueva aplicación a base de redes neuronales convolucionales, las cuales detectan pólipos de distintos tamaños en tiempo real con una sensibilidad del 95%. A pesar de esto, una de las mayores limitaciones que tienen es que requieren de una gran cantidad de datos (27-29).

Los resultados obtenidos en el estudio, mostraron que el programa Nomograma permitía identificar las metástasis distales dando una mejor profilaxis, lo cual se corrobora en la investigación de Borja, et al. (28) donde mencionan que este nuevo sistema tiene una sensibilidad del 97% y una especificidad del 99%, también señalan que las CNN juegan un papel fundamental en la detección temprana de melanoma, utilizando 3 técnicas: la primera añadiendo metadatos sobre la edad, sexo y tamaño del melanoma; la segunda insertando imágenes solamente del melanoma y la última con 2.000 imágenes sin pre procesamiento de 300x300 píxeles, dando como resultado una precisión del 77,50%.

La IA llamada TrOP se enfocó en las personas que consumían opiáceos, por medio de un algoritmo del lenguaje utilizado en las redes sociales, además analizó el contenido de la base de datos del County Tweet Lexical, obteniendo un patrón de tendencias del consumo de drogas; esto puede ser beneficioso para todas las edades, en especial para los jóvenes adultos, ya que pertenecen al grupo más vulnerable de la sociedad, con esto se espera dar atención psicológica inmediata y tratamiento farmacológico en casos de abstinencia (29).

Dentro de cinco años más las aplicaciones asociadas a la inteligencia artificial, serán capaces de predecir la fibrilación auricular, interpretar pruebas de función

pulmonar, monitorear en tiempo real la glucemia, predecir la tasa de filtrado glomerular en pacientes con poliquistosis renal y utilizar redes neuronales convolucionales para el procesamiento inmediato de estudios imagenológicos y la detección precoz de masas anormales. Según Walter, et al. (24) estos sistemas ligados a la IA pueden ser de gran utilidad en un futuro para los países de medianos y bajos ingresos, donde suelen existir una serie de limitaciones en relación al personal sanitario.

## **CONCLUSIONES**

La aplicación de las tecnologías 4.0 en el sector de la salud. en países del primer mundo es un hecho irreversible, debido al gran avance científico que poseen estas potencias mundiales, lo que las hace consolidarse como un ejemplo para el resto de las naciones, en países como USA, Canadá, Alemania, etc. Han logrado mejorar y repotenciar sus servicios de salud, implementando tecnologías de la industria 4.0 como la tecnología de la nube, Big Data, inteligencia artificial, robótica, realidad virtual, realidad aumentada y blockchain, motivo por el cual han logrado mejorar el proceso de intervencionismo médico, compenetrando el potencial tecnológico con el conocimiento de los médicos.

Dentro de los beneficios que trae el uso de las tecnologías 4.0 se logró evidenciar disminución de malos diagnósticos, aumento de la efectividad a tratamientos farmacológicos, aumento de la cobertura médica en zonas rurales, prestación de nuevos servicios médicos, entre otras cosas. Sin embargo, en Latinoamérica aún no existe una gran cobertura de estos servicios, debido a las dificultades socioeconómicas, políticas y de seguridad que atraviesa la región, la implementación de estos servicios en la salud no es una tarea fácil, pero es la pieza clave para mejorar los cuidados en salud de los países en vías de desarrollo.

### **Contribución del autor (s)**

León M. FM; Cabezas A. G, Castillo C. ME, Encarnación C.HM, Merchán A. JA: Concepción y diseño del autor. Recolección de datos, revisión bibliográfica, escritura y análisis del artículo con lectura y aprobación de la versión fina.

### **Información del autor (s)**

**Fernando Mauricio León Martínez:** MSc. Docente de la Facultad de Medicina Especialista en Bioestadística. Profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca - Ecuador. Maestría en Educación Superior, Ciencias de la Computación, Doctorante de

Ciencias de la Comunicación. Universidad de la Habana Cuba.

**Gilbert Eduardo Cabezas Aquino:** Estudiante de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca -Ecuador.

María Stefany Castillo Condoy: Estudiante de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca -Ecuador.

**Helen Milena Encarnación Campoverde:** Estudiante de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca -Ecuador.

**Joseph Alexander Merchán Arica:** Estudiante de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca -Ecuador.

#### Disponibilidad de datos

Los datos fueron recolectados de revistas y bibliotecas virtuales y está a disposición.

#### Declaración de intereses

El autor no reporta conflicto de intereses.

#### Autorización de publicación

El autor autoriza su publicación en la revista Ateneo. El autor enviará firmado un formulario que será entregado por el Editor.

#### Consentimiento informado

El autor (s) deberán enviar al Editor, el consentimiento informado firmado por el paciente o sus representantes, previo a su publicación, en caso de investigación en seres humanos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Antonio J, García T, Ferreira CP, Carlos J, Romero R. Industria 4.0 y transformación digital: nuevas formas de organización del trabajo. Revista de Trabajo y Seguridad Social CEF [Internet]. 2019 May 7 [cited 2023 Jun 17];27–54. Available from: <https://revistas.cef.udima.es/index.php/rtss/article/view/1430>
2. Cortés Y, Berenice C, Landeta I, Manuel J, Chacón B, Guadalupe J, et al. El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. 2017 [cited 2023 Jun 16]; Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>
3. Haleem A, Javaid M, Pratap Singh R, Suman R. Medical 4.0 technologies for healthcare: Features, capabilities, and applications. Internet of Things and Cyber-Physical Systems. 2022 Jan 1;2:12–30.
4. Jamwal A, Agrawal R, Sharma M, Kumar V, Kumar S. Developing A sustainability framework for Industry 4.0. Procedia CIRP. 2021 Jan 1;98:430–5.

5. Rojas Navarrete FE, Yovany N, Cabrera R. El panorama de la industria 4.0 en el marco de la formación profesional del talento humano en salud. REDIIS / Revista de Investigación e Innovación en Salud [Internet]. 2019 May 15 [cited 2023 Jun 17];2:99–111. Available from: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/rediis/article/view/2081>
6. Rudrapati R. Using industrial 4.0 technologies to combat the COVID-19 pandemic. *Annals of Medicine and Surgery*. 2022 Jun 1;78:103811.
7. Sohrabi C, Alsafi Z, O'Neill N, Khan M, Kerwan A, Al-Jabir A, et al. World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *International Journal of Surgery*. 2020 Apr 1;76:71–6.
8. Qadir FI, Kakamad FH, Abdullah IY, Abdulla BA, Mohammed SH, Salih RQ, et al. The relationship between CT severity infections and oxygen saturation in patients infected with COVID-19, a cohort study. *Annals of Medicine and Surgery*. 2022 Apr 1;76.
9. Iyanna S, Kaur P, Ractham P, Talwar S, Islam AKMN. Digital transformation of healthcare sector. What is impeding adoption and continued usage of technology-driven innovations by end-users? *J Bus Res* [Internet]. 2022 [cited 2023 Jun 17];153:150–61. Available from: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
10. Francisco D, Daube O. El efecto global de la actual revolución tecnológica 4ª revolución industrial y la industria 4.0 en acción. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios)* [Internet]. 2020 Aug 4 [cited 2023 Jun 17];7(2):1–24. Available from: <https://revistageon.unillanos.edu.co/index.php/geon/article/view/194>
11. Marques C, Ramos V, Peixoto H, Machado J. Pervasive Monitoring System for Services and Servers in Healthcare Environment. *Procedia Comput Sci*. 2022 Jan 1;201(C):720–5.
12. Verma D, Singh KR, Yadav AK, Nayak V, Singh J, Solanki PR, et al. Internet of things (IoT) in nano-integrated wearable biosensor devices for healthcare applications. *Biosens Bioelectron X*. 2022 Sep 1;11:100153.
13. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Suman R. Medical 4.0 technologies for healthcare: Features, capabilities, and applications. 2022 [cited 2023 Jun 17]; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2022.04.001>

14. Kocher M, Chamberlin J, Waltz J, Snoddy M, Stringer N, Stephenson J, et al. Tumor burden of lung metastases at initial staging in breast cancer patients detected by artificial intelligence as a prognostic tool for precision medicine. *Heliyon* [Internet]. 2022;8(2):e08962. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240584402200250X>
15. Luca S, Clausen M, Shaw A, Lee W, Krishnapillai S, Adi-Wauran E, et al. Finding the sweet spot: a qualitative study exploring patients' acceptability of chatbots in genetic service delivery. *Hum Genet* [Internet]. 2023;142(3):321–30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00439-022-02512-2>
16. Sunarti S, Fadzulul Rahman F, Naufal M, Risky M, Febriyanto K, Masnina R. Artificial intelligence in healthcare: opportunities and risk for future. *Gac Sanit* [Internet]. 2021;35 Suppl 1:S67–70. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.019>
17. Ginecología y Obstetricia de México. Validación de la calculadora de la Fundación de Medicina Fetal para tamiz de preeclampsia adaptada a población mexicana [Internet]. Vol. 89. Nieto Editores; 2021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.24245/gom.v89i10.5807>
18. Shi Y, Fu J, Zeng M, Ge Y, Wang X, Xia A, et al. Information technology and artificial intelligence support in management experiences of the pediatric designated hospital during the COVID-19 epidemic in 2022 in Shanghai. *Intell Med* [Internet]. 2023;3(1):16–21. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.imed.2022.08.002>
19. Civaner M, Uncu Y, Bulut F, Chalil E, Tatli A. Artificial intelligence in medical education: a cross-sectional needs assessment. *BMC Med Educ* [Internet]. 2022; [cited 2023 Jun 17] 22(1):772. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-022-03852-3>
20. Oviedo-Cruz H, Carrasco-Blancas ER, Valenzuela-Muhech YL, Cervantes-Ricaud AJ, Cortes-Martínez MA. Validation of the Fetal Medicine Foundation calculator for pre-eclampsia screening test adapted to a Mexican population. *Ginecol Obstet Mex* 2021;89(10):779-789.
21. Zhang C, Qi L, Cai J, Wu H, Xu Y, Lin Y, et al. Clinicomics-guided distant metastasis prediction in breast cancer via artificial intelligence. *BMC Cancer* [Internet]. 2023;23(1):239. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12885-023-10704-w>

22. Matero M, Giorgi S, Curtis B, Ungar LH, Schwartz HA. Opioid death projections with AI-based forecasts using social media language. NPJ Digit Med [Internet]. 2023;6(1):35. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41746-023-00776-0.pdf>
23. Potretzke TA, Korfiatis P, Blezek DJ, Edwards ME, Klug JR, Cook CJ, et al. Clinical implementation of an artificial intelligence algorithm for magnetic resonance-derived measurement of total kidney volume. Mayo Clin Proc [Internet]. 2023;98(5):689–700. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025619623000113>
24. Curioso WH, Brunette MJ. Inteligencia artificial e innovación para optimizar el proceso de diagnóstico de la tuberculosis. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2020;37(3):554–8. Available from: <https://www.scielosp.org/article/rpmesp/2020.v37n3/554-558>
25. Martorell A, Martin-Gorgojo A, Ríos-Viñuela E, Rueda-Carnero JM, Alfageme F, Taberner R. Artificial Intelligence in Dermatology: A Threat or an Opportunity? Actas Dermosifiliogr [Internet]. 2021;113:30–46. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001731021002957>
26. Ávila-Tomás JF, Mayer-Pujadas MA, Quesada-Varela VJ. Artificial intelligence and its applications in medicine II: Current importance and practical applications. Aten Primaria [Internet]. 2021;53(1):81–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.04.014>
27. Gómez-Zuleta MA, Cano-Rosales DF, Bravo-Higuera DF, Ruano-Balseca JA, Romero-Castro E. Artificial intelligence techniques for the automatic detection of colorectal polyps. Rev Colomb Gastroenterol [Internet]. 2021;36(1):7–17. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcg/v36n1/0120-9957-rcg-36-01-7.pdf>
28. Borja C, Silva G, Cusco V, Vasquez P. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA DETECCIÓN DE MELANOMAS. 2022;(1):1–8. Available from: <https://dateh.es/index.php/main/article/view/79>
29. Raraz-Vidal J, Raraz-Vidal O. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la medicina. Rev Peru Investig en Salud [Internet]. 2022;6(3):131–3. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8672828.pdf>