

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



El IoT aplicado al sector salud

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Jeyson Daniel Zuloaga Castellanos

ASESOR

Karla Cecilia Reyes Burgos

<https://orcid.org/0000-0003-3520-5076>

Chiclayo, 2023

Revisión sobre IoT (Zuloaga Castellanos, Jeyson Daniel)

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	1%
3	www.journaltoocs.ac.uk Fuente de Internet	1%
4	rabida.uhu.es Fuente de Internet	<1%
5	repository.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	<1%
6	www.medicusmundi.es Fuente de Internet	<1%
7	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	book.uniguacu.edu.br Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción	6
Metodología	7
Resultados y discusión	13
Conclusiones	15
Referencias.....	16

Resumen

El IoT es una tecnología que está generando gran impacto en la actualidad, siendo el sector salud uno de los más beneficiados con la aplicación de dicha tecnología. Por ello en el presente trabajo se realizó una revisión sistemática de la literatura sobre artículos científicos relacionados al tema del IoT aplicado al sector salud. La metodología que se utilizó para desarrollar el trabajo fue la de Kitchenham et al [29].

Los resultados obtenidos luego de aplicar los criterios de exclusión, inclusión y la evaluación de calidad fueron 25 artículos, los cuales se representaron en tablas y figuras para poder responder a las preguntas de investigación planteadas. Además, se identificó que los países con mayor cantidad de artículos publicados, respecto a este tema, son Colombia y Suiza; de la misma manera, se evidenció que en los años 2021 y 2020 la cantidad de artículos publicados fueron 10 y 6 respectivamente.

Después de realizar este trabajo se concluye que la aplicación del internet de las cosas al sector salud va en aumento, debido a los grandes beneficios que aporta, tanto para el personal de salud, como para los pacientes.

Palabras clave: Internet de las cosas, IoT, revisión sistemática, salud.

Abstract

The IoT is a technology that is generating great impact today, being the health sector one of the most benefited with the application of this technology. Therefore, in this work, a systematic literature review on scientific articles related to the topic of IoT applied to the health sector was carried out. The methodology used to develop the work was that of Kitchenham et al [29].

The results obtained after applying the exclusion, inclusion and quality assessment criteria were 25 articles, which were represented in tables and figures to answer the research questions raised. In addition, it was identified that the countries with the highest number of articles published, regarding this topic, are Colombia and Switzerland; likewise, it was evidenced that in the years 2021 and 2020 the number of articles published were 10 and 6 respectively.

After carrying out this work, it is concluded that the application of the internet of things to the health sector is increasing, due to the great benefits it brings, both for health personnel and for patients.

Keywords: Internet of things, IoT, systematic review, health.

Introducción

El ser humano posee la capacidad de crear cosas, prueba de ello son los cambios que han surgido en la sociedad debido a las nuevas tecnologías que fueron apareciendo en el transcurso de los años. Una de las tecnologías que se está desarrollando actualmente y ha generado un gran impacto en la sociedad, es el internet de las cosas (IoT). El primer punto para tratar es definir: ¿Qué es el internet de las cosas? Ya que pocos conocen sobre esta nueva tecnología. En tal sentido, el término internet de las cosas, es el paradigma tecnológico que implica la conectividad a internet desde cualquier objeto en el que se logre medir parámetros físicos, así como el tratamiento de datos inteligentes relativos a los mismos y las aplicaciones [26]. La próxima evolución de internet está representada por el internet de las cosas. En este contexto el IoT tendrá mayor relevancia, puesto que representará un gran avance en lo que respecta a la capacidad de reunir, analizar y distribuir datos que se pueden convertir en información, conocimiento y en sabiduría como última instancia [27].

La importancia del IoT radica en que es una tecnología que conllevará a grandes cambios en todo el mundo, pues dará lugar a aplicaciones innovadoras y revolucionarias, de las cuales se espera un impacto significativo en la manera de trabajar, vivir y por qué no, de entretenerse. Dado que el IoT se puede usar en diversos sectores, es posible mejorar de manera drástica la calidad en la que viven las personas. En salud, hoy en día existen dispositivos que pueden medir la calidad de los signos vitales, que van desde equipos para tomar la temperatura de las personas, así como también el ritmo cardiaco, presión, humedad, entre otras cosas; luego estos dispositivos envían la información a un smartphone u otro dispositivo receptor.

El objetivo de este trabajo de investigación es realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la tecnología IoT aplicada al sector salud. La justificación de la investigación está basada en que el sector salud es una de las áreas que tiene un mayor potencial para implementar el IoT, puesto que la obtención de los datos de los pacientes, con los dispositivos adecuados generaría una identificación temprana de problemas de salud; es decir, los datos en tiempo real de los pacientes permite realizar un diagnóstico temprano, lo cual conlleva a brindar el tratamiento adecuado y así poder realizar una intervención de alta prioridad a tiempo [28].

Metodología

En este apartado seguiremos la propuesta de Kitchenham et al [29] la cual desarrollaremos a continuación:

A. Preguntas de investigación (RQ):

RQ1. ¿Qué países muestran una mayor preocupación por este tipo de investigación?

RQ2. ¿Cómo ha sido la evolución temporal de los trabajos de investigación sobre el IoT en el sector salud?

B. Proceso de búsqueda:

La obtención de información fue realizada con la ayuda de herramientas de búsqueda especializadas como las bases de datos, ya que son fiables, confiables y selectivos. Las bases de datos que se consideraron son Proquest y Google Scholar.

Tabla I.
Ecuaciones de búsqueda utilizadas

Base de datos	URL	Procesos de búsqueda
Proquest	https://www.proquest.com/index	("IoT" OR "internet de las cosas") AND "sector salud"
Google Scholar	https://scholar.google.com/	ti("IoT" OR "internet of things") AND "health sector"
		("IoT" OR "internet de las cosas") AND ("sector salud")

Obteniendo como resultado lo plasmado en la tabla II:

Tabla II.
Resultados de búsqueda

Base de datos	Nº de documentos obtenidos
Proquest	119
Google Scholar	168
Total:	1177

C. Criterios de inclusión y exclusión:

Tabla III.
Criterios de inclusión

Base de datos	N°	Criterios de inclusión aplicados
	C1	Fecha de publicación entre los años 2015 – 2021
	C2	Limitado a texto completo
	C3	Tipo de fuente: Revistas científicas
	C4	Idioma: inglés o español
Proquest	C1	Trabajos publicados entre los años 2015 – 2021
	C2	Tipo de fuente: Revistas científicas
	C3	Limitar: Texto completo
	C4	Tipo de documento: Artículo principal, artículo
	C5	Idioma: Español, Inglés
	C6	Asunto: Internet of things
Google Scholar	C1	Trabajos publicados entre los años 2015 – 2021
	C2	Buscar solo páginas en español Artículos de revisión

Tabla IV.
Criterios de exclusión

Nº	Criterio de exclusión
C1	Artículos cuyo tema sea diferente al que se pretende investigar
C2	Resultados que no posean por lo menos una palabra clave en el texto o título.
C3	Resultados que no sean Open Access o texto completo

Tabla V.

Resultados de búsqueda después de aplicar los Criterios de Inclusión

Base de datos	Ecuación de búsqueda	#doc
	("IoT" OR "internet de las cosas") AND "sector salud" Filtros aplicados: <ul style="list-style-type: none"> • Fecha de publicación entre los años 2015 – 2021 • Limitado a texto completo • Tipo de fuente: Revistas científicas • Idioma: inglés o español 	16
Proquest	ti("IoT" OR "internet of things") AND "health sector" Filtros aplicados: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajos publicados entre los años 2015 – 2021 • Tipo de fuente: Revistas científicas • Limitar: Texto completo • Tipo de documento: Artículo principal, artículo • Idioma: Español, Inglés • Asunto: Internet of things 	48

Google Scholar	("IoT" OR "internet de las cosas") AND ("sector salud") Filtros aplicados: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajos publicados entre los años 2015 – 2021 • Buscar solo páginas en español • Artículos de revisión 	11
----------------	--	----

Tabla VI.

Resultados de búsqueda después de los Criterios de Exclusión aplicados

Base de datos	Resultado
Proquest	4
	21
Google Scholar	1
Total	26

D. Evaluación de la calidad

Además de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se deben aplicar criterios de calidad con la finalidad de evitar redundancia, así como asegurar la calidad de los artículos seleccionados:

- EC1: Los artículos deben tratar de del tema de investigación.
- EC2: Los artículos no se deben encontrar en otra base de datos usada.
- EC3: Los artículos responden a las 2 preguntas.

Después de aplicar La evaluación de Calidad, los resultados para la base de datos Proquest son 4 y 20 para las ecuaciones de búsqueda respectivas, y para la base de datos Google Scholar es 1. Los artículos que cumplieron con los 3 criterios de evaluación serán listados a continuación en la siguiente tabla. Por último, en la Fig.1 se presenta el diagrama de prisma donde se muestra el proceso de la metodología que se ha seguido.

Tabla VII.*Resultados de búsqueda después de aplicar la Evaluación de Calidad*

Artículos	EC1	EC2	EC3	Resultado
[1]	X	X	X	Si cumple
[2]	X	X	X	Si cumple
[3]	X	X	X	Si cumple
[4]	X	X	X	Si cumple
[5]	X	X	X	Si cumple
[6]	X	X	X	Si cumple
[7]	X	X	X	Si cumple
[8]	X	X	X	Si cumple
[9]	X	X	X	Si cumple
[10]	X	X	X	Si cumple
[11]	X	X	X	Si cumple
[12]	X	X	X	Si cumple
[13]	X	X	X	Si cumple
[14]	X	X	X	Si cumple
[15]	X	X	X	Si cumple
[16]	X	X	X	Si cumple
[17]	X	X	X	Si cumple
[18]	X	X	X	Si cumple
[19]	X	X	X	Si cumple
[20]	X	X	X	Si cumple
[21]	X	X	X	Si cumple
[22]	X	X	X	Si cumple
[23]	X	X	X	Si cumple
[24]	X	X	X	Si cumple
[25]	X	X	X	Si cumple

[En este link se adjuntará la tabla de la trazabilidad](#)

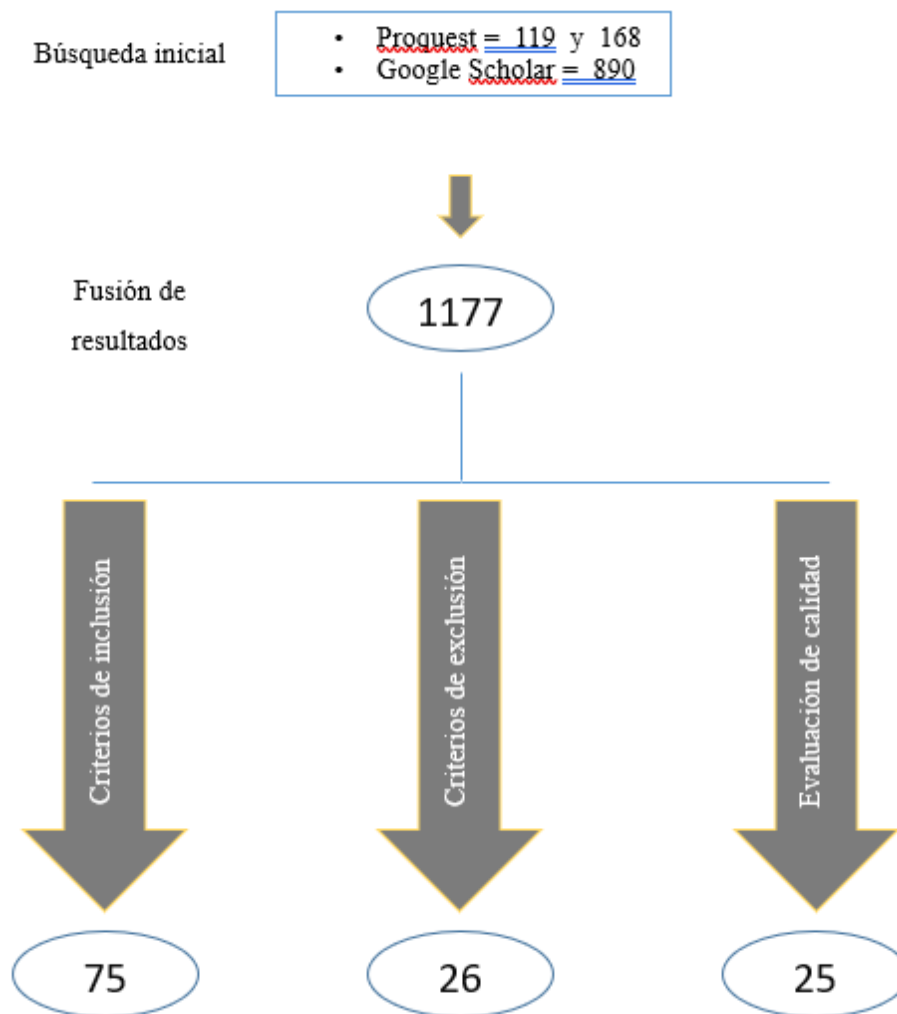


Fig. 1. Diagrama de prisma

Resultados y discusión

Tras aplicar la metodología de Kitchenham et al [29], 24 de los artículos encontrados cumplieron satisfactoriamente la evaluación de calidad, por ende, fueron consideradas para responder las preguntas de investigación planteadas.

RQ1. ¿Qué países muestran una mayor preocupación por este tipo de investigación?

De los resultados obtenidos, se observa que los países en los que se realizó una mayor investigación de este tipo fueron Colombia y Suiza, seguidos por Estados Unidos y Reino Unido; por último, se encuentran Holanda, Rumania e India.

En la tabla VIII se mostrará de manera más detallada los artículos con sus respectivos países, también se incluyó una imagen (Fig.2) para mayor comprensión.

Tabla VIII.

Países que muestran una mayor preocupación con respecto al tipo de investigación

Artículos	País	Cantidad	Porcentaje
[3] [7] [13] [20] [21] [23]	Colombia	6	24%
[2] [5] [12] [15] [18] [25]	Suiza	6	24%
[1] [8] [19] [24]	Estados Unidos	4	16%
[9] [10] [17] [22]	Reino Unido	4	16%
[4] [11] [16]	Holanda	3	12%
[6]	Rumania	1	4%
[14]	India	1	4%
	Total	25	100%

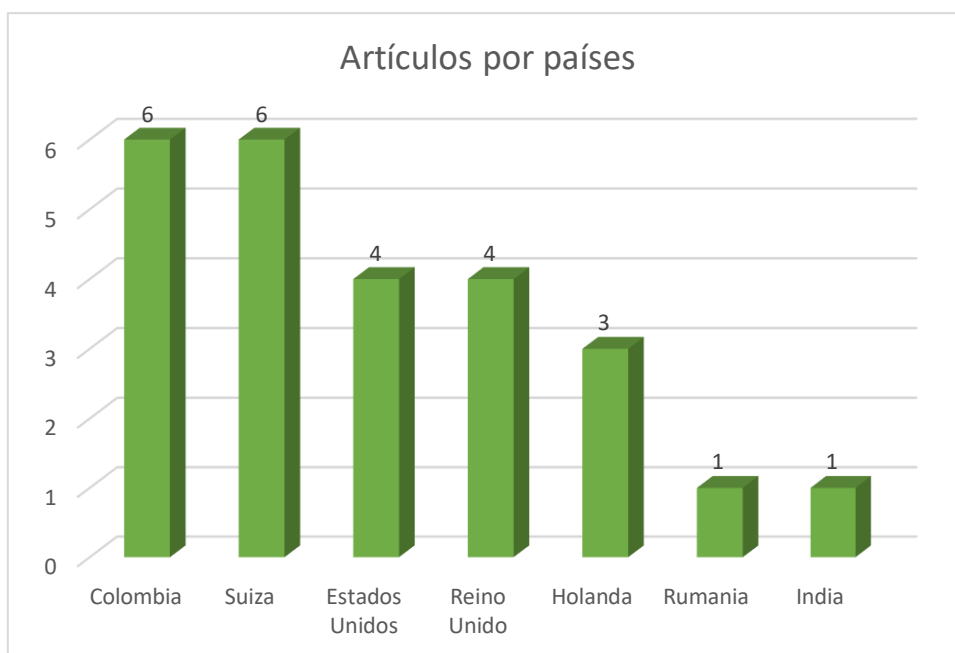


Fig. 2. Cantidad de artículos por países

RQ2. ¿Cómo ha sido la evolución temporal de los trabajos de investigación sobre el IoT en el sector salud?

Como se observa dentro de los resultados obtenidos, en el año 2015 no se registró ningún artículo que se refiera al IoT aplicado al sector salud. No obstante, las publicaciones con respecto al tema empezaron en el 2016 con una publicación; pese a ello en el 2017 y 2018 la investigación se limitó a 2 publicaciones por cada año, pero para el 2019 las publicaciones aumentaron al doble de los dos años anteriores y desde entonces las publicaciones por año fueron en aumento, teniendo su pico más alto en el año 2021 con 9 artículos publicados. Los resultados se mostrarán en la tabla IX con un mayor detalle, además se añadió una imagen (Fig.4).

Tabla IX.

Cantidad de artículos publicados por año

Artículos	Año	Cantidad
-	2015	0
[13]	2016	1
[7] [21]	2017	2
[3] [24]	2018	2
[9] [10] [14] [16]	2019	4
[2] [4] [6] [11] [17] [22] [23]	2020	7

[1] [5] [8] [12] [15] [18] [19] [20] [25]	2021	9
	Total	25



Fig. 4. Número de publicaciones por año

Conclusiones

Para poder responder a las preguntas de investigación formuladas, fue necesario realizar una búsqueda en las bases de datos de Proquest y Google Scholar, las cuales arrojaron como resultado un total de 1177 artículos. Luego se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, así como la evaluación de calidad obteniendo 25 artículos que cumplieron con estos requerimientos. Por último, se realizó el análisis de los resultados obtenidos.

Ahora bien, respondiendo a la RQ1, los resultados obtenidos indican que los países con mayor cantidad de artículos son Colombia y Suiza con 6 investigaciones cada uno; en comparación a los demás países Estados Unidos, Reino Unido, Holanda, Rumania e India, los cuales no superaron la cantidad de 4 artículos de investigación.

Respondiendo a la RQ2, los resultados obtenidos indican que la cantidad de artículos publicados en el año 2021 fue 9, en 2020 hubo 7 artículos, en 2019 hubo 4 artículos, para 2018 y 2017 hubo 2 artículos respectivamente y en el 2016 solo un artículo; por último, en el 2015 no se encontró ninguna investigación con respecto al IoT aplicada al sector salud.

Referencias

[1] M. Krichen, S. Mechti, R. Alroobaea, E. Said, P. Singh, O. Khalaf y M. Masud., «A Formal Testing Model for Operating Room Control System Using Internet of Things», *Comput. Mater. Contin.*, vol. 66, n.o 3, pp. 2997-3011, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.32604/cmc.2021.014090>.

[2] M. Tahir, M. Sardaraz, S. Muhammad, y M. Khan, «A Lightweight Authentication and Authorization Framework for Blockchain-Enabled IoT Network in Health-Informatics», *Sustainability*, vol. 12, n.o 17, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/su12176960>.

[3] Á. Moreno, «A recuperarse relajado, cómodo y seguro», *Rev. Univ. EAFIT*, vol. 53, n.o 171, pp. 30-33, 2018.

[4] B. Uslu, O. Ertuğ, y D. Erkan, «Analysis of factors affecting IoT-based smart hospital design», *J. Cloud Comput.*, vol. 9, n.o 1, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s13677-020-00215-5>.

[5] Á. Espinosa, J. López, F. Mata, y M. Estevez, «Application of IoT in Healthcare: Keys to Implementation of the Sustainable Development Goals», *Sensors*, vol. 21, n.o 7, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/s21072330>.

[6] A. Oddershede, C. Macuada, L. Quezada, y C. Montt, «Automation Factors Influencing the Operation of IoT in Health Institutions: A Decision Support Methodology», *Int. J. Comput. Commun. Control*, vol. 15, n.o 4, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.15837/ijccc.2020.4.3878>.

[7] I. Kuzmar, «Cómo crear un servicio de telemedicina. Revisión sistemática y análisis para su implementación». Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2017. Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/1288>

[8] K. Praveen, P. Joe, S. Dhanasekaran, I. Punithavathi, P. Duraipandy, I. Pustokhina y D. Pustokhin., «Deep Learning Based Intelligent and Sustainable Smart Healthcare Application in Cloud-Centric IoT», *Comput. Mater. Contin.*, vol. 66, n.o 2, pp. 1987-2003, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.32604/cmc.2020.012398>.

[9] E. Yundra, Suyanti, y U. Kartini, «Heart Detection System Using Hybrid Internet of Things Based on Pulse Sensor», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1387, n.o 1, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012089>.

[10] M. Dadkhah, M. Lagzian, y G. Santoro, «How can health professionals contribute to the internet of things body of knowledge», *VINE J. Inf. Knowl. Manag. Syst.*, vol. 49, n.o 2, pp. 229-240, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.1108/VJIKMS-10-2018-0091>.

[11] L. Ghazanfar, S. Achyut, J. Alghazo, V. Kalyanasundaram, C. Boopathi, y J. Arfan, «I-CARES: advancing health diagnosis and medication through IoT», *Wirel. Netw.*, vol. 26, n.o 4, pp. 2375-2389, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11276-019-02165-6>.

[12] R. De Fazio, M. De Vittorio, y P. Visconti, «Innovative IoT Solutions and Wearable Sensing Systems for Monitoring Human Biophysical Parameters: A Review», *Electronics*, vol. 10, n.o 14, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/electronics10141660>.

[13] C. Núñez, P. Mendoza, K. Hernández, y D. Molinares, «Internet de las cosas y la Salud centrada en el Hogar», *Salud Uninorte*, vol. 32, n.o 2, p. n/a, 2016.

[14] K. Bhagchandani y D. Augustine, «IoT based heart monitoring and alerting system with cloud computing and managing the traffic for an ambulance in India», *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 9, n.o 6, pp. 5068-5074, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.11591/ijece.v9i6.pp5068-5074>.

[15] M. Yousif y L. Nawaf, «IoT Technologies during and Beyond COVID-19: A Comprehensive Review», *Future Internet*, vol. 13, n.o 5, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/fi13050105>.

[16] I. Díez, S. Alonso, S. Hamrioui, E. Cruz, L. Nozaleda, y M. Franco, «IoT-Based Services and Applications for Mental Health in the Literature», *J. Med. Syst.*, vol. 43, n.o 1, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-018-1130-3>.

[17] V. Narayanamurthy, K. Bhuvaneshwari, Z. Jeroish, y F. Samsuri, «Lab-On-Chip, Internet of Things, Analytics and Health Care 4.0: A synergistic future forward», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1502, n.o 1, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1502/1/012023>.

[18] Z. Khan, U. Abbasi, y S. Kim, «Machine Learning and LPWAN Based Internet of Things Applications in Healthcare Sector during COVID-19 Pandemic», *Electronics*, vol. 10, n.o 14, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/electronics10141615>.

[19] S. Mahmood, «Review of Internet of Things in Different Sectors: Recent Advances, Technologies, and Challenges», *J. Internet Things*, vol. 3, n.o 1, pp. 19-26, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.32604/jiot.2021.013071>.

[20] G. Chanchí, A. Gómez, y C. Hernández-Londoño, «Sistema IoT para el seguimiento y análisis del nivel de saturación y ritmo cardíaco en el diagnóstico temprano de Covid-19», *Rev. Ibérica Sist. E Tecnol. Informação*, n.o E42, pp. 272-285, 2021.

[21] D. Castro, W. Coral, J. Cabra, J. Colorado, D. Méndez, y L. Trujillo, «Survey on IoT solutions applied to Healthcare», *Dyna*, vol. 84, n.o 203, pp. 192-200, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n203.64558>.

[22] A. Behmanesh, N. Sayfour, y F. Sadoughi, «Technological Features of Internet of Things in Medicine: A Systematic Mapping Study», *Wirel. Commun. Mob. Comput. Online*, vol. 2020, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2020/9238614>.

[23] S. Eastman, «Tendencias tecnológicas que transforman la medicina», *Rev. Univ. EAFIT*, vol. 55, n.o 175, pp. 160-165, 2020.

[24] E. Meinert, M. Velthoven, D. Brindley, A. Alturkistani, K. Foley, S. Rees, G. Wells y N. de Pennington., «The Internet of Things in Health Care in Oxford: Protocol for Proof-of-Concept Projects», *JMIR Res. Protoc.*, vol. 7, n.o 12, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.2196/12077>.

[25] A. Aldahiri, B. Alrashed, y W. Hussain, «Trends in Using IoT with Machine Learning in Health Prediction System», *Forecasting*, vol. 3, n.o 1, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/forecast3010012>.

[26] A. Seco, B. Martín, C. Luis, C. Rios, M. Vega, y P. Vivas, «Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0», nov. 2015, Accedido: nov. 10, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/21125/las-tecnologias-iot-dentro-de-la-industria-conectada-40>

[27] D. Evans, «Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo», p. 12, 2011.

[28] R. Dostie, «El Internet de las Cosas (IoT) en el área de la salud en 2019», *Everything Rad*, ene. 01, 2019. <https://www.carestream.com/blog/2019/01/01/el-internet-de-las-cosas-iot-en-el-area-de-la-salud-en-2019/> (accedido nov. 10, 2021).

[29] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, y S. Linkman, «Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review», *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, n.o 1, Art. n.o 1, ene. 2009, doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.