

Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión Sistemática de la Literatura

Ing. Francisco Javier Flores Zermeño¹, Dr. Edgar Gonzalo Cossio Franco²

Resumen— Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura para conocer el estado actual del IoT, aunque no pretende abarcar todos los temas existentes del IoT en la actualidad, sino que intenta dar respuesta con base a los trabajos publicados y por medio de la revisión de los mismos, obtener un entendimiento sobre la utilización del IoT a manera descriptiva por medio de los puntos siguientes a investigar: las aplicaciones que se desarrollan, los enfoques que se tiene y cuáles son las propuestas planteadas por los expertos sobre el tema sin dejar de lado las tendencias actuales de la utilización del IoT en la sociedad, la industria, y las empresas.

Palabras clave— IoT, Industria 4.0, Inteligencia Artificial, Tendencias.

Abstract— This article presents a systematic review of the literature to know the current state of the IoT, although it does not intend to cover all existing IoT topics at present, but tries to respond based on the published works and through the review of them, to obtain an understanding of the use of IoT descriptively through the following points to investigate: the applications that are developed, the approaches that are taken and what are the proposals put forward by experts on the subject without neglecting the current trends in the use of IoT in society, industry, and business.

Keywords— IoT, Industry 4.0, Artificial Intelligence, Trends.

Introducción

El Internet de las cosas (IoT) es la tendencia a utilizar dispositivos que requieren de mantener un enlace directo con un sistema que permite la recolección de información. El término IoT hace referencia a los sistemas físicos que reciben y transfieren datos a través de redes inalámbricas con poca intervención humana y esto se debe gracias a la integración de los dispositivos informáticos en todo tipo de dispositivos. Por lo general, el IoT resulta atractivo para personas que buscan la reducción de tiempos para aspectos de la vida cotidiana por medio de la utilización de tecnología [7], existen otras necesidades que van fuera de las cotidianas, es ahí donde el IoT aporta mejoras que son de utilidad, esto provoca que la industria adopte nuevos retos para cubrir la necesidad de desarrollar soluciones para los consumidores, así como para la misma industria, incluyendo los aspectos de seguridad y privacidad en donde se requiere que dichos dispositivos estén en continua conexión a internet. Estas perspectivas dan sentidos a las derivaciones existentes en el desarrollo o implementación de proyectos IoT en los ámbitos requeridos [5].

Los dispositivos actuales y el IoT cada día son aplicados a nuevas áreas o ramas con múltiples disciplinas, esto contribuye en las mejoras según sea el enfoque o tendencia a que se requiera por ejemplo en la eficiencia orientada a la mantenibilidad establecida para la conectividad de los dispositivos que requieren de la utilización de internet, ya no basta con solo hacer dispositivos sean eficientes a nivel hardware sino también es importante que el software contribuya en la utilidad para los dispositivos, en la actualidad el software es el que determina los comportamiento de los dispositivos y por medio de algoritmos orientados a la seguridad es posible garantizar las transacciones que se realizan por medio del uso de internet como lo es el blockchain que ha sido adaptado para ser aplicado al IoT [58], también el uso de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden dar una mayor utilidad de los dispositivos que generan información para las empresas, la utilización de dichos datos permiten el análisis en la métricas para obtener datos inteligentes en donde son utilizados los algoritmos relacionados para el aprendizaje de máquinas y los que aplican la inteligencia artificial [27], por lo cual se puede considerar que el IoT está experimentando un desarrollo exponencial en la industria y la investigación. En este trabajo, se ha realizado un esfuerzo para recabar y analizar las aplicaciones, enfoques y tendencias del Internet de las Cosas (IoT).

Las soluciones de IoT para empresas ha permitido mejorar los modelos comerciales actuales, no obstante, su implementación presenta ciertos desafíos como lo son: el volumen de datos que genera un sistema por medio de la utilización de dispositivos inteligentes (lo cual se conoce como big data) puede volverse abrumador [56]. Integrar el big data a los sistemas actuales y configurar el análisis puede resultar complicado [55]. Además, la seguridad es un aspecto muy importante que no debe pasar inadvertido al momento de diseñar sistemas IoT. Aun así, las empresas

¹ Ing. Francisco Javier Flores Zermeño es Alumno del Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ, Zapopan Jalisco, México franc.javier.flores@gmail.com

² Dr. Edgar Gonzalo Cossio Franco es Profesor del Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ, Zapopan Jalisco, México kofran@gmail.com

consideran que implementar estas redes dejando de lado la seguridad vale la pena; por eso, es posible encontrar casos prácticos exitosos en casi todos los sectores, para esta investigación se hacen los cuestionamientos con respeto a puntos importantes a tomar en cuenta como: las características del IoT y sus beneficios, las aplicaciones actuales del IoT y los beneficios que han generado- los enfoques actuales y tendencias.

Objetivo

La investigación se realizó por medio de la búsqueda de 71 artículos de la revista Emerald, para presentar la utilización del IoT desde diferentes aspectos a través de un análisis, clasificando según la temática planteada para:

- Modelos de aplicación en proyectos para mejoras o nuevos desarrollos IoT.
- Los diferentes enfoques que muestran las ramas donde se han implementado diferentes estudios o investigaciones orientados al IoT para distintos sectores en el área de la tecnología.
- Las tendencias muestran las nuevas implementaciones o técnicas que se están utilizando en los proyectos de IoT.

Implicaciones

La presente investigación pretende ser detallada para ciertos criterios a tomar en consideración como lo son: artículos publicados a partir del 2017 hasta la presente fecha; otros aspectos a considerar fueron en relación con las palabras clave, fechas y lugar de origen, también se observaron algunas restricciones. Debido al uso de algunos filtros para la selección de los trabajos originales, se pueden excluir algunos trabajos completos.

Originalidad

La presente investigación ayuda a las organizaciones a visualizar las actuales áreas para la integración de IoT, así como los diferentes enfoques que se pueden dar según el área.

Metodología

En el presente documento se recaba las investigaciones y aplicaciones en el terreno de IoT del 2017 al 2021. Se utilizaron bases de datos de artículos para búsqueda de las palabras clave como aplicaciones, enfoques y tendencias del IoT. En total y a partir de diferentes búsquedas, se obtuvieron 71 artículos de ellos se desprenden un análisis para clasificar por medio de las áreas donde es utilizado el IoT, cuáles son las problemáticas de mejora o solución que presentan dichos artículos, palabras clave, fechas y lugar de origen de los artículos.

Revisión de Literatura

El internet de las cosas cuenta con áreas de aplicación que son parte fundamental en la influencia de las características físicas de los lugares de trabajo dentro de las industrias donde se aplica el IoT, el ecosistema de innovación tecnológica para cambiar la forma en que se relaciona con los dispositivos para su adopción e implementación exitosa, plantea una serie de desafíos importantes para las personas y las organizaciones [60], esto requiere de infraestructura estratégica, interactiva e institucional orientada al mercado para el consumidor, dando soluciones efectivas de tecnología de la información [51], tomando en consideración la identificación del comportamiento social de los trabajadores dentro de las fábricas [46], otro aspecto que no se debe dejar de lado son las áreas administrativas y financieras que se encargan de mantener el flujo en los recursos dentro de las empresas e instituciones, estas son pieza fundamental para la toma de decisiones, así como la utilización del IoT en las estrategias de identificación en las capacidades para la aplicación del IoT dentro de la industria, podría considerarse el desarrollo y construcción de plataformas de soluciones escalables, sin omitir un plan estratégico en las áreas de venta permitiendo así obtener una medición de negocios dentro de las empresas [14]. La Industria 4.0 para las áreas de la automatización, análisis, robots y sensores, tienen relación en si para las distintas áreas de aplicación con respecto al IoT, cubriendo la satisfacción de habilidades y necesidades [31, 33, 37], utilizando herramientas de visualización son características importantes en el apoyo para la toma de decisiones de la Industria 4.0 [27, 57], tomando en consideración que existen estudios de la literatura que demuestran que el IoT a menudo puede ser impulsado por intervenciones tecnológicas en lugar de la innovación para los modelos de negocio [13], la utilización de sensores para los proyectos de aplicación puede aumentar la funcionalidad de las herramientas que no aplican el uso del internet de las cosas para la industria 4.0 [39].

Los estudios en el área empresarial son elementos claves para el enfoque a los servicios que cuentan con

retribución o enfoque al negocio y su rentabilidad que ofertan soluciones a las empresas que requieren de dispositivos que conecten a internet, dando servicios como la manufactura inteligente [53], permitiendo que las pymes que aplican IoT mejoren su estructura y capacidades relacionadas con los procesos para la creación de modelos comerciales para productos y servicios para colaborar con partes externas en marketing [15], las empresas que incorporan el Internet de las cosas pueden mejorar su papel como líderes en el cambio hacia el desarrollo sostenible, además de impactar positivamente en la vida de las personas [10], dentro de los beneficios y la adaptación de la tecnología enfocada al IoT [45], se debe contar con el conocimiento suficiente y la comprensión adecuada del IoT superan la incomodidad de la tecnología, lo que a su vez, tiene un efecto positivo en la motivación de las personas para utilizar el IoT [23]. El éxito de los servicios de IoT se dignifica mejor por las percepciones de los ciudadanos que utilizan dichos servicios [11], se han enfocado a distintos rubros por ejemplo, la proporción de la información financiera, de salud, localización, medios, dispositivo conectados a internet [28], estos aportan al crecimiento de nuevas infraestructuras para continuar con el desarrollo de nuevas tecnologías que utilizan el IoT [48, 69], basado en un diseñado en general para atender a dos impulsores: las organizaciones de fabricación y de servicios [18,38]. La toma de decisiones dentro de las empresas juega un papel crítico en cuanto a las tendencias que se tienen que adoptar para el uso del IoT, estas pueden afectar de manera positiva o viceversa en lugares donde podría haber ausencia de oportunidades laborales dentro de las empresas, para ello es importante determinar que aplicaciones aportan un mejoramiento en cuanto a los procesos por medio de la automatización [34], otro efecto positivo es la generación de nuevos empleos con mayor remuneración, toda vez que se reducen los riesgos laborales a corto, mediano y largo plazo [12, 52], otros indicadores importantes dentro de las empresas son los KPI's (key performace indicators o indicadores claves de desempeño) generados por medio de sus procesos y la información recabada a través de sus operaciones [43, 64], uno más son las fuentes donde se crea la base del conocimiento científico y técnico en estas se desencadena en gran medida la formación de los nuevos perfiles dentro de las universidades, en las áreas de investigación que vienen aportando en gran medida a las resoluciones tecnológicas por medio de transmisión del aprendizaje de múltiples diciplinas descubriendo nuevas formas de comprender las áreas de oportunidad para la aplicación de las tecnologías en los entornos laborales [54], fomentando el uso de las bibliotecas académicas desde la perspectiva de los países desarrollados y en vías de desarrollo [22, 24, 26, 42], donde las instituciones educativas, científicas, políticas y gubernamentales colaboran al unísono [30], por ejemplo las disciplinas como la arquitectura de software, el sistema operativo, los protocolos de más utilización para la formación de redes de internet por medio del desarrollo de software y su aplicación al IoT [6].

Los estudios en el área de la construcción para el IoT recorren una diversidad de diciplinas donde el objetivo siempre es de dar una solución y mejora a aquellos problemas que requiere del uso de tecnología y la conexión a internet en él envió de la información desarrollados para la industria de la construcción [1], utilizando la integración de sensores, la resolución, los volúmenes de construcción pequeños se identifican como factores dominantes para obtener beneficios sostenibles [35, 56]. El IoT en la construcción y su impacto a largo plazo está llamado a ser amplio para el uso dentro de la industria de la construcción [7, 67], el uso de las energías renovables adecuado a los servicios IoT son requeridos el desarrollo de un IoT verde energéticamente eficiente [20], en el lado de los profesionales de la construcción se contemplan los beneficios aplicando tecnologías basadas para la mejora de la eficiencia inteligente en proyectos de construcción [29, 41, 66], la tendencia para la aplicación de IoT-BIM genera plataformas beneficiosas en la transformación digital para la administración de energía, operaciones, mantenimiento[40, 44], seguidas de las tendencia es el uso del modelado de información para la construcción (BIM) en sistemas basados en la utilización de sensores para la recopilación de datos [36].

Los estudios en el desarrollo de ciudades inteligentes y la capacidad de las mismas, su utilidad es casi ilimitada y abarca el uso de dispositivos IoT [55], como sensores conectados, iluminación y medidores para captura y análisis de datos [2] con la finalidad de alcanzar objetivos importantes para la transformación la gestión de las infraestructuras tecnológicas [3], los procesos de integración de datos en tiempo real en el almacenamiento de datos o telemetría basados en IoT [65], para investigaciones futuras sugieren la necesidad de investigar el comportamiento de uso de tecnología posterior a la adopción de la tecnología IoT en los países en desarrollo, particularmente en el hogar inteligente [32], deben adherirse a la ética cibernética normativa y, además, deben utilizar la tecnología adecuada para garantizar la seguridad de los dispositivos habilitados para IoT [8].

Los estudio en el área de nuevos algoritmos son la materia la prima para la construcción de nuevos sistemas basados en el IoT, esto se debe a la existencia de diferentes diciplinas en el área del desarrollo de tecnologías emergentes, como la consideración de las arquitecturas y sus derivados, en los distintos tipos de sistemas operativos existentes utilizados por los servicios IoT [6], el uso de memoria estática de acceso aleatorio existente en las aplicaciones empresariales [63], dichos algoritmos también podrían estar diseñados para optimizar el recurso de

energía [9], existen otro grupo de algoritmos enfocados a la inteligencia donde se integran una variedad de técnicas de aprendizaje profundo en el diagnóstico automático y las capacidades del IoT para acelerar la comunicación en los mensajes a través de Internet [16, 21]. Existe otro tema a tomar en consideración para los algoritmos y es el estudio de mantener un equilibrio de cargas en el internet de las cosas usando lógica difusa[4], otra área de aplicación dentro de la investigación es el sector salud y la seguridad que existe, como la utilización de blockchain que facilita la transformación de información [59, 62], un ejemplo con relevancia son los nuevos usos y aplicaciones en la mejora de desinfectantes basado en IoT, para reducir el coeficiente reproductivo del nuevo coronavirus COVID-19, permitiendo la predicción y visualización de datos que ayudaran en la mejora para el combate a este virus que en la actualidad afecta una gran población del mundo [71], otras aplicaciones son la detección y seguimiento de los paciente asintomáticos para llevar a cabo el desarrollo de nuevos sistemas a proponer [19, 70].

Existen estudios que se relacionan con la prevención de desastres y accidentes un sistema a considerar son los de seguridad contra incendios que permiten la reducción en el número de pérdidas humanas por accidentes de incendio [68], también existen relación con sistemas de detección y rescate por desastres naturales, un ejemplo son los que se utilizan por mediante del uso de técnicas para la detección temprana de inundaciones utilizando IoT, [17, 50]. Estas utilizan redes y sensores inalámbricos, aplicando protocolos de internet para elementos del IoT, que son muy utilizados en la industria. [47, 49], estos aportan en la reducción del tiempo de cálculo y el almacenamiento de los datos [61], también son utilizados en las áreas de atención médica y hospitales.

Resultados

Esta revisión sistemática generó indicadores sobre el estado actual del IoT. Los hallazgos mostraron cómo se ha utilizado el IoT bajo los términos de aplicación, enfoque y tendencia, demostrando que los modelos de aplicación son los más publicados con un 38% siendo este de mayor porcentaje mostrado, seguido del enfoque con 32.4 % siendo el valor medio y por ultimo las tendencias con un 29%_con esto no se pretende asumir que los artículos relacionados con la aplicación en el IoT sea el un indicador determinante, consideremos como información relevante en 71 artículos este resultado es una estadística con respecto a lo analizado de la muestra. Otro punto por destacar es el lugar de origen, en este caso Asia es el continente en donde más se generaron artículos y Oceanía fue el que obtuvo menos, también y no menos importante es el análisis en la fecha de publicaciones en donde de Julio del 2021 a la fecha antes de presentar el artículo hubo un incremento de artículos relacionados al IoT fue exponencial.

En la Imagen 1, se agrupan por fecha semestral, donde se publicaron los artículos, como se puede observar, las fechas de julio a diciembre del 2017 fueron 6 meses donde se publicaron en minoría artículos posterior comenzó un incremento exponencial con respecto al tema de IoT, además se observa que el mayor crecimiento en la publicación de artículos se dio de Julio 2021 a fechas actuales.

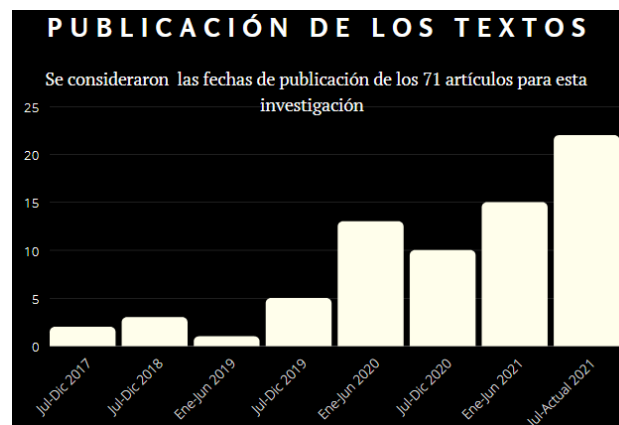


Imagen 1. Mes y año de publicaciones de artículos. [Elaboración propia]

En la Imagen 2, se puede observar dentro de la agrupación por temática (Investigación, Industria, Ciudades inteligentes, Salud, Algoritmos para la Inteligencia Artificial) según su temática, en este análisis se descubrió que los artículos publicados para investigación son los de mayor relevancia, caso opuesto con los que van orientados a la inteligencia artificial sin dejar de lado que estos 71 artículos fueron orientados al IoT.

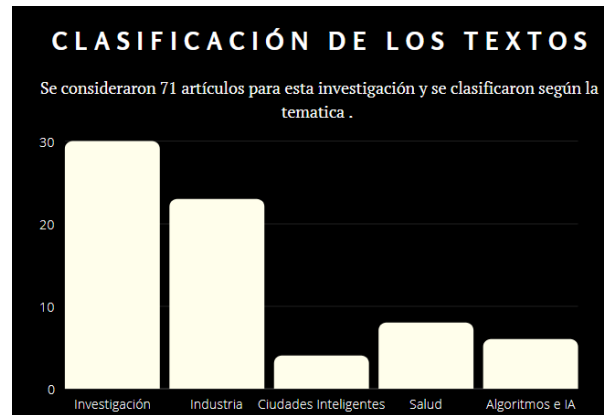


Imagen 2. Clasificación de temáticas. [Elaboración propia]

Otro análisis llevado a cabo fue la clasificación de las palabras clave descritas de los 71 artículos donde se puede observar que en la Imagen 3, que existe con frecuencia el uso de la palabra **industria** con 17 veces utilizada seguido de **modelos** con 15. Otro de los puntos a observar es que la palabra **monitoreo** con tan solo 3 se muestra con menor regularidad dentro de los 71 artículos.



Imagen 3. Palabras clave. [Elaboración propia]

A manera más descriptiva, y para aclarar a detalle qué artículos cuenta con qué palabras clave, se llevó a cabo el análisis por medio de la clasificación de las palabras clave, como se puede observar en la Imagen 4, las palabras clave están asociadas con el número del artículo dentro de la revisión sistemática.

Palabra	Número de Artículos	Total
Algoritmo	9, 17, 22, 34, 47, 48, 60	7
Actuadores	2, 8, 10, 18, 20, 32, 36, 37, 53, 71	10
Sistemas	2, 7, 14, 24, 27, 32, 33, 40, 51, 57, 58, 66, 67	13
Monitoreo	10, 69, 17	3
Salud	17, 35, 37, 40, 43, 72	6
Industria	4, 5, 8, 13, 15, 26, 31, 42, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 66, 69	17
Modelos	11, 24, 25, 28, 30, 35, 36, 38, 44, 46, 49, 50, 52, 57, 67,	15
Medición	6, 19, 21, 46, 61, 63, 70,	7
Sociedad	9, 12, 23, 48,	4

Imagen 4. Numeración de 71 artículos públicos de las palabras clave. [Elaboración propia]

Otro de los análisis realizados dentro de la revisión sistemática fue identificar el continente, de donde

provenía la publicación de los 71 artículos, en la Imagen 5 se puede observar que dentro del continente de Asia es donde se llevan a cabo mayormente las publicaciones con 48 artículos, caso contrario para Oceanía con 2 artículos.



Imagen 5. Origen por continente de los artículos publicados. [Elaboración propia]

De forma más detallada se presenta la siguiente Imagen 6, para demostrar cómo se clasificación por numeración de artículos dentro de las 6 categorías de continentes.

Continento	Numero de Artículos	Total
América	4, 15, 23, 26, 29, 36, 39, 41, 51, 52, 53, 54, 60, 63, 65, 66	16
Asia	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 42, 44, 46, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 58, 60, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	48
África	2, 17, 23, 25, 48	5
Europa	5, 8, 11, 15, 19, 31, 34, 45, 47, 59, 61, 72	12
Oceanía	8, 23	2

Imagen 6. Numeración en la clasificación de los 71 artículos publicados. [Elaboración propia]

Por último se realizó un análisis tomando en cuenta como el 100% la suma de los 71 artículos realizando la clasificación para los artículos con orientados a modelos de aplicación, enfoque y tendencia, como se puede observar en la Imagen 7 los modelos de aplicación son los que se ha elaborado en mayor cantidad de artículos con el 38% equivalente a 27 artículos seguidos de el enfoque con el 32.4% equivalente a 23 artículos y en ultimo pero no menos relevante las tendencias con el 29.6% equivalente a 21 artículos publicados.



Imagen 7. Agrupación por aplicación, enfoque y tendencia de artículos publicados. [Elaboración propia]

Conclusiones

Este documento presenta un estudio a través de la revisión sistemática para obtener un análisis del uso que se le da al IoT, por medio de la agrupación de las temáticas planteadas, con ellos se establecieron criterios discernir entre modelos de aplicación, enfoques y tendencias, también demostró que es posible relacionar artículos con un tema en común y conjuntar subtemas que se relacionan entre sí, sin estar relacionado directamente, temáticas como investigación industria, ciudades inteligentes, algoritmo de inteligencias artificial, son temas que en la actualidad tiene un mayor auge de utilización con IoT.

Las contribuciones destacadas en estudio fue el aspecto del uso de métricas para demostrar cuales son las áreas de desarrollo que están incorporando internet de las cosas en sus sistemas de última generación orientados a servicios IoT, las cuales son los de mayor utilidad. Otra información de valor es determinar en qué lugares se fomenta más el uso del internet de las cosas, en los resultados de esta investigación se descubrió que Asia juega en este momento, un papel muy importante en la generación de nuevos desarrollados que incluyen los enfoques y tendencias hacia nuevas formas de aplicación del internet de las cosas. A pesar de las contribuciones mencionadas, al igual que otros estudios de investigación cualitativa, este estudio adolece de algunas limitaciones, que proporcionan vías para futuras investigaciones como los es la cantidad de artículos seleccionados y el tiempo donde se limitó dicha investigación. Dichos aspectos antes mencionados solo pretendían dar una idea a los lectores de como el internet de las cosas se entremezcla con múltiples disciplinas de la ingeniería y la ciencia, además esta brinda beneficios y mejoras, a través de algoritmos de inteligencia artificial que se han entrelazado con la información recolectada por los sistemas IoT y proporciona datos de predicción qué pueden ser utilizados para el aprendizaje de máquina.

La industria mejora día a día gracias al perfeccionamiento de los procesos en las áreas administrativas y de producción, por lo cual la importancia de la seguridad en la transmisión de la información entre dispositivos y se ha observado mejora por medio del uso de blockchain.

El IoT ha demostrado tener un papel fundamental en la vida cotidiana, la dirección hacia dónde va, solo será determinada por los interés y beneficios que le otorgue el ser humanos en cuanto a sus necesidades, se puede concluir que el IoT está presente en un sinnúmero de eventos cotidianos de la actualidad, que quizás no son perceptibles debido a la evolución, adaptación y mejoramiento de los sistemas, que cada vez son más inteligentes gracias a la integración con el internet de las cosas como medio de intercambio de información.

Referencias bibliográficas

- [71] Abro, G.E.M., Mathur, N., Zulkifli, S.A.B.M., Kakar, M.G.K.G.K., Pasupuleti, N.S. and Asirvadam, V.S.S. (2021), "Designing an IoT-based disinfectant gate for reducing the reproductive coefficient of the novel coronavirus COVID-19 in Malaysia", *World Journal of Engineering*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/WJE-08-2020-0349>
- [3] Affia, I. and Aamer, A. (2021), "An internet of things-based smart warehouse infrastructure: design and application", *Journal of Science and Technology Policy Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JSTPM-08-2020-0117>
- [61] Ahamed, J., Mir, R.N. and Chishti, M.A. (2021), "RML based ontology development approach in internet of things for healthcare domain", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. 17 No. 4, pp. 377-389. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-01-2021-0026>
- [28] Al-Ameen, M.N., Chauhan, A., Ahsan, M.A.M. and Kocabas, H. (2021), "A look into user's privacy perceptions and data practices of IoT devices", *Information and Computer Security*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/ICS-08-2020-0134>
- [34] Alhasan, A., Audah, L., Ibrahim, I., Al-Sharaa, A., Al-Ogaili, A.S. and M. Mohammed, J. (2020), "A case-study to examine doctors' intentions to use IoT healthcare devices in Iraq during COVID-19 pandemic", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-10-2020-0175>
- [55] Ali, S. and Xie, Y. (2021), "The impact of Industry 4.0 on organizational performance: the case of Pakistan's retail industry", *European Journal of Management Studies*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/EJMS-01-2021-0009>
- [38] Almeida, T.D., Costa Avalone, M. and Fettermann, D.C. (2020), "Building blocks for the development of an IoT business model", *Journal of Strategy and Management*, Vol. 13 No. 1, pp. 15-32. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JSMA-07-2019-0130>
- [47] Arowoija, V.A., Oke, A.E., Aigbavboa, C.O. and Aliu, J. (2020), "An appraisal of the adoption internet of things (IoT) elements for sustainable construction", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 18 No. 5, pp. 1193-1208. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEDT-10-2019-0270>
- [66] Banerjee, A. and Nayaka, R.R. (2021), "A comprehensive overview on BIM-integrated cyber physical system architectures and practices in the architecture, engineering and construction industry", *Construction Innovation*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/CI-02-2021-0029>
- [10] Borah, S., Kumar, R. and Mukherjee, S. (2021), "Low-cost IoT framework for irrigation monitoring and control", *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*, Vol. 9 No. 1, pp. 63-79. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJUIS-12-2019-0075>
- [54] Bischoff, O. and Seuring, S. (2021), "Opportunities and limitations of public blockchain-based supply chain traceability", *Modern Supply Chain Research and Applications*, Vol. 3 No. 3, pp. 226-243
- [58] Brandin, R. and Abrishami, S. (2021), "Information traceability platforms for asset data lifecycle: blockchain-based technologies", *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/SASBE-03-2021-0042>
- [52] Cater, T., Čater, B., Černe, M., Koman, M. and Redek, T. (2021), "Industry 4.0 technologies usage: motives and enablers", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 32 No. 9, pp. 323-345
- [9] Chatterjee, S. (2020), "The safety of IoT-enabled system in smart cities of India: do ethics matter?", *International Journal of Ethics and Systems*, Vol. 36 No. 4, pp. 601-618. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJOES-05-2019-0085>

- [11] Chohan, S.R., Hu, G., Khan, A.U., Pasha, A.T., Saleem, F. and Sheikh, M.A. (2021), "IoT as societal transformer: improving citizens' continuous usage intention in digital society through perceived public value", *Library Hi Tech*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/LHT-05-2021-0156>
- [37] Cui, L., Gao, M., Dai, J. and Mou, J. (2020), "Improving supply chain collaboration through operational excellence approaches: an IoT perspective", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IMDS-01-2020-0016>
- [29] Dahanayake, K.C. and Sumanarathna, N. (2021), "IoT-BIM-based digital transformation in facilities management: a conceptual model", *Journal of Facilities Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JFM-10-2020-0076>
- [26] El-Masri, M. and Hussain, E.M.A. (2021), "Blockchain as a mean to secure Internet of Things ecosystems – a systematic literature review", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEIM-12-2020-0533>
- [16] Fahmy, K.A., Yahya, A. and Zorkany, M. (2021), "A decision support healthcare system based on IoT and neural network technique", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEDT-08-2020-0317>
- [18] Fantoni, G., Al-Zubaidi, S.Q., Coli, E. and Mazzei, D. (2021), "Automating the process of method-time-measurement", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 70 No. 4, pp. 958-982. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPPM-08-2019-0404>
- [40] Foltz, C.B. and Foltz, L. (2020), "Mobile users' information privacy concerns instrument and IoT", *Information and Computer Security*, Vol. 28 No. 3, pp. 359-371. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/ICS-07-2019-0090>
- [41] Gamil, Y., A. Abdullah, M., Abd Rahman, I. and Asad, M.M. (2020), "Internet of things in construction industry revolution 4.0: Recent trends and challenges in the Malaysian context", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 18 No. 5, pp. 1091-1102. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEDT-06-2019-0164>
- [51] Ghaffari, K., Lagzian, M., Kazemi, M. and Malekzadeh, G. (2020), "A comprehensive framework for Internet of Things development: A grounded theory study of requirements", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 33 No. 1, pp. 23-50. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEIM-02-2019-0060>
- [8] Ghosh, A., Edwards, D.J. and Hosseini, M.R. (2021), "Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 28 No. 2, pp. 457-481. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/ECAM-04-2020-0271>
- [64] Gimpel, G. (2021), "Dark data: the invisible resource that can drive performance now", *Journal of Business Strategy*, Vol. 42 No. 4, pp. 223-232. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JBS-02-2020-0046>
- [60] Goumagias, N., Whalley, J., Dilaver, O. and Cunningham, J. (2021), "Making sense of the internet of things: a critical review of internet of things definitions between 2005 and 2019", *Internet Research*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/INTR-01-2020-0013>
- [68] Hasan, M.Z. and Ahammed, R. (2021), "Application of Industry 4.0 in LPG condition monitoring and emergency systems using IoT approach", *World Journal of Engineering*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/WJE-06-2020-0218>
- [14] Hasselblatt, M., Huikkola, T., Kohtamäki, M. and Nickell, D. (2018), "Modeling manufacturer's capabilities for the Internet of Things", *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 33 No. 6, pp. 822-836. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JBIM-11-2015-0225>
- [22] Igbino, M.O. (2021), "Internet of things in libraries and focus on its adoption in developing countries", *Library Hi Tech News*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/LHTN-05-2021-0020>
- [24] Igbino, M.O. and Okuonghae, O. (2021), "Internet of Things in contemporary academic libraries: application and challenges", *Library Hi Tech News*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/LHTN-05-2021-0019>
- [53] Ito, A., Ylipää, T., Gullander, P., Bokrantz, J., Centerholt, V. and Skoogh, A. (2021), "Dealing with resistance to the use of Industry 4.0 technologies in production disturbance management", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 32 No. 9, pp. 285-303
- [33] Karadal, H. and Abubakar, A.M. (2021), "Internet of things skills and needs satisfaction: do generational cohorts' variations matter?", *Online Information Review*, Vol. 45 No. 5, pp. 898-911. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/OIR-04-2020-0144>
- [17] Khan, R., Shabaz, M., Hussain, S., Ahmad, F. and Mishra, P. (2021), "Early flood detection and rescue using bioinformatic devices, internet of things (IOT) and Android application", *World Journal of Engineering*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/WJE-05-2021-0269>
- [23] Kim, K.J. and Wang, S. (2021), "Understanding the acceptance of the Internet of Things: an integrative theoretical approach", *Aslib Journal of Information Management*, Vol. 73 No. 5, pp. 754-771. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/AJIM-03-2021-0073>
- [32] Leong, Y.R., Tajudeen, F.P. and Yeong, W.C. (2021), "Bibliometric and content analysis of the internet of things research: a social science perspective", *Online Information Review*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/OIR-08-2020-0358>
- [59] Liang, X. and Chen, Y. (2020), "Libraries in Internet of Things (IoT) era", *Library Hi Tech*, Vol. 38 No. 1, pp. 79-93. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/LHT-11-2017-0233>
- [62] Liu, L., Zhang, J.Z., He, W. and Li, W. (2021), "Mitigating information asymmetry in inventory pledge financing through the Internet of things and blockchain", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEIM-12-2020-0510>
- [70] Mahmood, A.F. and Rafea, M.M. (2021), "Designing a collection of two IoT-Systems for real time health telemonitoring", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEDT-12-2020-0542>
- [48] Mashal, I. and Alsaryrah, O. (2020), "Fuzzy analytic hierarchy process model for multi-criteria analysis of internet of things", *Kybernetes*, Vol. 49 No. 10, pp. 2509-2520. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/K-11-2018-0592>
- [39] Matsuo, K. and Barolli, L. (2020), "IoT sensors management system using Agile-Kanban and its application for weather measurement and electric wheelchair management", *International Journal of Web Information Systems*, Vol. 16 No. 3, pp. 281-293. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJWIS-06-2020-0036>
- [5] Mattered, M. and Gava, L. (2021), "Facing TBL with IoT: creating value and positively impacting business processes", *Social Responsibility Journal*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
- [57] Murugaiyan, P. and Ramasamy, P. (2021), "Analyzing interrelated enablers of industry 4.0 for implementation in present industrial scenario", *Management Research Review*, Vol. 44 No. 9, pp. 1241-1262. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/MRR-08-2020-0499>

- [19] N.V., R.K., M., A., E., B., J., S.J.P., A., K. and S., P. (2020), "Detection and monitoring of the asymptotic COVID-19 patients using IoT devices and sensors", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-08-2020-0107>
- [46] Nappi, I. and de Campos Ribeiro, G. (2020), "Internet of Things technology applications in the workplace environment: a critical review", *Journal of Corporate Real Estate*, Vol. 22 No. 1, pp. 71-90. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JCRE-06-2019-0028>
- [49] Nazir, A., Mir, R.N. and Qureshi, S. (2020), "Exploring compression and parallelization techniques for distribution of deep neural networks over Edge-Fog continuum – a review", *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, Vol. 13 No. 3, pp. 331-364. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJICC-04-2020-0038>
- [1] Oke, A.E. and Arowoiyi, V.A. (2021), "Evaluation of internet of things (IoT) application areas for sustainable construction", *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/SASBE-11-2020-0167>
- [25] Parra-Sánchez, D.T., Talero-Sarmiento, L.H. and Guerrero, C.D. (2021), "Assessment of ICT policies for digital transformation in Colombia: technology readiness for IoT adoption in SMEs in the trading sector", *Digital Policy, Regulation and Governance*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/DPRG-09-2020-0120>
- [2] Pawar, A., Kolte, A. and Sangvikar, B. (2021), "Techno-managerial implications towards communication in internet of things for smart cities", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. 17 No. 2, pp. 237-256. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-08-2020-0117>
- [45] Pillai, R. and Sivathanu, B. (2020), "Adoption of internet of things (IoT) in the agriculture industry deploying the BRT framework", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 27 No. 4, pp. 1341-1368. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/BIJ-08-2019-0361>
- [36] R., K., R., K., S., K., L., J.A.M. and R., M. (2020), "COVID-19 prediction and symptom analysis using wearable sensors and IoT", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-09-2020-0146>
- [4] Rui, X., Wu, J., Zhao, J. and Khamesinia, M.S. (2020), "Load balancing in the internet of things using fuzzy logic and shark smell optimization algorithm", *Circuit World*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/CW-09-2019-0117>
- [65] Sahara, C.R. and Aamer, A.M. (2021), "Real-time data integration of an internet-of-things-based smart warehouse: a case study", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-08-2020-0113>
- [27] S.N., D. (2021), "Intelligent ubiquitous computing model for energy optimization of cloud IOTs in sensor networks", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-02-2021-0037>
- [13] Shammam, E.A. and Zahary, A.T. (2020), "The Internet of Things (IoT): a survey of techniques, operating systems, and trends", *Library Hi Tech*, Vol. 38 No. 1, pp. 5-66. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/LHT-12-2018-0200>
- [12] Shenkoya, T. and Dae-Woo, C. (2019), "Impact of IoT on social innovation in Japan", *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol. 13 No. 3, pp. 341-353. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/APJIE-06-2019-0040>
- [15] Shin, D.-I. (2017), "An exploratory study of innovation strategies of the internet of things SMEs in South Korea", *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol. 11 No. 2, pp. 171-189. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/APJIE-08-2017-025>
- [7] Singh, R.K., Agrawal, S. y Modgil, S. (2021), "Desarrollo del capital humano 4.0 en economías emergentes: una perspectiva de la industria 4.0", *International Journal of Manpower*, vol. número de impresión antes de la impresión
- [44] Soding, T., Reinholdtsen, P. and Massey, D. (2020), "A record-keeping approach to managing IoT-data for government agencies", *Records Management Journal*, Vol. 30 No. 2, pp. 221-239. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/RMJ-09-2019-0050>
- [42] Sousa, P.R., Resende, J.S., Martins, R. and Antunes, L. (2020), "The case for blockchain in IoT identity management", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEIM-07-2018-0148>
- [6] Sun, X., Wang, G., Xu, L. and Yuan, H. (2021), "Data replication techniques in the Internet of Things: a systematic literature review", *Library Hi Tech*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/LHT-01-2021-0044>
- [63] T., Y. and A.R., A. (2021), "Improved two factor fuzzy commitment scheme for securing IoT device", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-01-2021-0009>
- [20] Tupe, U.L., Babar, S.D., Kadam, S.P. and Mahalle, P.N. (2021), "Research perspective on energy-efficient protocols in IoT: Emerging development of green IoT", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJPC-10-2019-0079>
- [35] Valinejadshoubi, M., Moselhi, O. and Bagchi, A. (2021), "Integrating BIM into sensor-based facilities management operations", *Journal of Facilities Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JFM-08-2020-0055>
- [21] Wang, K., Yang, Z., Liang, B. and Ji, W. (2021), "An intelligence optimization method based on crowd intelligence for IoT devices", *International Journal of Crowd Science*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IJCS-03-2021-0007>
- [56] Wankhede, V.A. and S., V. (2021), "Application of total interpretive structural modeling for analyzing factors of additive manufacturing and industry 4.0 integration", *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 27 No. 8, pp. 1591-1608. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/RPJ-02-2021-0028>
- [43] Yadav, S., Garg, D. and Luthra, S. (2020), "Development of IoT based data-driven agriculture supply chain performance measurement framework", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 34 No. 1, pp. 292-327. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JEIM-11-2019-0369>
- [31] Yu, Z., Song, L., Jiang, L. and Khold Sharafi, O. (2021), "Systematic literature review on the security challenges of blockchain in IoT-based smart cities", *Kybernetes*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/K-07-2020-0449>
- [69] Ziyae, B. and Vagharmousavi, M. (2021), "Linking strategic entrepreneurship to business growth in Iranian IoT-based companies", *Kybernetes*, Vol. 50 No. 7, pp. 2155-2178. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/K-04-2020-0202>
- [67] Zhang, W., Kang, K. and Zhong, R.Y. (2021), "A cost evaluation model for IoT-enabled prefabricated construction supply chain management", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/IMDS-12-2020-0735>
- [30] Zhang, Z., Li, X., Xiong, J., Yan, J., Xu, L. and Wang, R. (2021), "A global race to dominate the internet of things: how China caught up", *Journal of Business Strategy*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/JBS-11-2020-0269>
- [50] Zou, N., Liang, S. and He, D. (2020), "Issues and challenges of user and data interaction in healthcare-related IoT: A systematic review", *Library Hi Tech*, Vol. 38 No. 4, pp. 769-782. <https://doi-org.access.biblio.ciateq.mx/10.1108/LHT-09-2019-0177>

Notas Biográficas

El **Ing. Francisco Javier Flores Zermeño** es estudiante de la Maestría de Sistemas Inteligentes Multimedia, en el Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ, Zapopan, Jalisco, México.

El **Dr. Edgar Gonzalo Cossio Franco** es doctor en sistemas computacionales con orientación en inteligencia artificial. Es profesor en el Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ, Zapopan Jalisco, México.