



Fecha de recepción: mayo 25 de 2021
Fecha de aceptación: septiembre 13 de 2021

ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

<https://dx.doi.org/10.14482/sun.38.1.614.4>

Internet de las cosas, salud pública y pandemias

Internet of things, public health, and pandemics

RODOLFO RODRÍGUEZ-GÓMEZ¹

¹ Médico general, Escuela de Medicina Juan N Corpas, especialización en Epidemiología, Universidad del Rosario, magíster en Salud Pública, Universidad El Bosque. Docente Programa Medicina de la Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia. fitopolux@hotmail.com Orcid: 0000-0001-5873-4312. CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001731510

Correspondencia: Rodolfo Rodríguez-Gómez: fitopolux@hotmail.com

RESUMEN

Internet de las cosas está transformando el mundo a pasos acelerados. Esta nueva dimensión digital permite conectar millones de objetos a Internet, lo cual representa oportunidades para recopilar todo tipo de información. Entre los nuevos aliados de la salud pública están las mascarillas inteligentes y los drones conectados a Internet para apoyar el monitoreo de casos y la vigilancia epidemiológica. También se cuenta con Internet of Drones, la robótica y los wearables, los cuales se incorporan a ropa y accesorios gracias a la miniaturización de sensores. Así, la nueva salud pública podrá contar con datos masivos en pro de una salud pública menos reactiva y más predictiva. El propósito de este artículo es reflexionar sobre el papel de Internet de las cosas como aliado de la salud pública en la respuesta y el control de las pandemias.

Palabras clave: Internet, Salud Pública, Tecnología, Epidemias, Pandemias. (Fuente DeCS).

ABSTRACT

The Internet of Things is transforming the world at a rapid pace. This new digital dimension allows millions of objects to be connected to the Internet, which represents opportunities to collect all kinds of information. Among the new allies of public health are smart masks and drones connected to the internet to support case monitoring and epidemiological surveillance. There is also Internet of Drones, robotics, and wearables, which are incorporated into clothing and accessories thanks to the miniaturization of sensors. Thus, the new public health will be able to count on massive data for a less reactive and more predictive public health. The purpose of this article is to reflect on the role of the Internet of Things as an ally of public health in the response and control of pandemics.

Keywords: Internet, Public Health, Technology, Epidemics, Pandemics. (Source: DeCS).

INTRODUCCIÓN

En 1855, durante una epidemia de cólera, el doctor John Snow realizó un mapeo de casos en Londres (1). Este hecho lo llevó a ser considerado como el padre de la epidemiología moderna (2), y además de una novedad dentro del saber epidemiológico, significó un verdadero hito para la salud pública. Tras emerger del movimiento sanitarista del siglo XIX, la salud pública ha dialogado con diferentes áreas del saber y hoy se reconoce como una rama de la medicina con notable transdisciplinariedad. Desde sus orígenes, la salud pública ha desarrollado sus actividades y procesos de una forma convencional; sin embargo, en las últimas décadas, con el advenimiento de nuevas tecnologías, la salud pública ha dialogado con áreas del saber con las que mantenía cierta distancia, como, por ejemplo, algunas ingenierías. La salud pública, entonces, está encontrando nuevos aliados en beneficio de un nuevo paradigma que le permita no solo optimizar el control de epidemias y pandemias, sino anticiparse a las emergencias sanitarias (3). El propósito de este artículo es invitar a la reflexión sobre el papel de Internet de las cosas como nuevo aliado de la salud pública en la respuesta y el control de próximas pandemias.

CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL, COMPUTACIÓN UBICUA Y SALUD PÚBLICA

A lo largo de la historia, la humanidad ha enfrentado varios puntos de inflexión de índole económica, social y tecnológica, bautizados como *Revoluciones Industriales*. La Primera Revolución Industrial, hacia finales del siglo XVIII y principios del XIX, se caracterizó por una transformación de fuentes de energía con la máquina a vapor como protagonista (4). La segunda, hacia finales del siglo XIX y principios del XX, trajo consigo las redes eléctricas, la producción en masa, el motor eléctrico y el motor de combustión interna (4); con este último, la industria automotriz dio un vuelco de 180 grados y con automóviles como el Modelo T, la sociedad no volvió a ser la misma. La Tercera Revolución Industrial inició hacia la década de los cincuenta del siglo XX y con ella emergieron las telecomunicaciones, los procesadores, los circuitos integrados (5), Internet y la World Wide Web, invención que permitió compartir información y comunicarse usando Internet (6). La Cuarta Revolución Industrial, que se ha imbricado con la tercera, la vive la humanidad en este momento y está fraguando escenarios nunca imaginados, y allí, el sector de la salud se cuenta como uno de los de mayor impacto.

La Cuarta Revolución Industrial representa un crisol donde se fusionan tecnologías como big data, inteligencia artificial, nanotecnología, impresión 3D, robótica, machine learning, sensores e Internet de las cosas. Bautizada en 2016 por el economista y empresario alemán Klaus Schwab, la Cuarta Revolución Industrial encarna un nuevo tsunami tecnológico donde las nuevas ideas y tecnologías se diseminan a gran velocidad (7). En estrecha relación con la Cuarta Revolución Industrial se encuentra la industria 4.0, concepto que nació en Alemania (8) en la década de 2010 y que se refiere a la transformación digital del sector manufacturero con los sensores inteligentes como protagonistas. A todas luces, la Cuarta Revolución Industrial está transformándolo todo a gran velocidad, pero en esta ocasión, a diferencia de anteriores revoluciones industriales, demasiadas cosas están sucediendo al unísono. El potencial transformador en todos los sectores es enorme y los cambios son tan disruptivos, y en tantos sectores al mismo tiempo, que el futuro se anticipa, con lo cual la humanidad vive una especie de presente-futuro (9).

Vinculada a la Cuarta Revolución Industrial está la *computación ubicua*. El término *ubicuo* se refiere a que está presente en todas partes al mismo tiempo. Pues bien, esa *ubicuidad* que se plantea para Internet de las cosas la posee la salud pública; la cuestión con ella es que es etérea, difícil de ver, pero está allí. A la pregunta ¿dónde está la salud pública?, la respuesta es... en todas partes. A donde quiera que se dirija la mirada, allí está ella; en el aire que respiran las personas, en los alimentos y productos que ingieren, en el transporte en que se movilizan (10), en el tipo de trabajo que realizan, en los hábitos y comportamientos cotidianos, en el lugar donde nacen, se recrean y viven, y en el sistema de salud que los atiende. En otras palabras, la salud pública es *ubicua*, omnipresente, por ende, nada puede beneficiar más algo ubicuo como la salud pública, que algo ubicuo como Internet de las cosas, pues sus aplicaciones son múltiples en agricultura, monitoreo, transporte, desastres naturales, industria, drones, automóviles autónomos, hogar y, claro está, en el área de la salud (11).

SENSORES, NUEVOS ALIADOS DE LA SALUD PÚBLICA

En poco tiempo, aunque está sucediendo, el sensor se convertirá en uno de los mejores aliados de la salud pública. Suena controvertido, pero no lejano a la realidad. ¿Qué es un sensor? Es un dispositivo que responde a cambios en relación con fenómenos físicos o medioambientales (12). También se define como un dispositivo que recibe una señal y responde a ella (13). Ahora bien, la propiedad o condición que dicho dispositivo recibe y convierte en señal eléctrica se define como *estímulo*, el cual puede ser el sonido, la luz, la composición química o la distancia (13). Sensores

hay de varios tipos y pueden clasificarse de diversas formas, la más común es por el tipo de estímulo que miden, por tanto, existen, entre otros, sensores de posición, de presión, de proximidad, de humedad y de fuerza (14). Su fundamento es imitar la capacidad de percepción que poseen los seres humanos, motivo por el cual se pueden encontrar dispositivos que semejan sentidos como el oído, la vista y el tacto (15).

Gracias a la miniaturización, los sensores se pueden instalar en todo tipo de dispositivos. Años atrás era una utopía conectar dispositivos a Internet, no obstante, Internet de las cosas permite dicha conexión sin intervención humana, con lo que se puede recopilar todo tipo de información en tiempo real (16). Desde la década de los sesenta del siglo XX, el proceso de miniaturización de los sensores ha tenido una evolución extraordinaria. Gracias a ello, sensores de todo tipo se instalan en gran cantidad de objetos y estructuras; se pueden encontrar sensores de diferentes características en celulares, automóviles, computadoras, parqueaderos, edificios, robots, drones, partes del cuerpo humano (17) y electrodomésticos como aspiradoras y neveras, estas últimas, iconos de Internet de las cosas (18). En un futuro cercano, el planeta estará, literalmente, inundado de sensores, lo que permitirá recopilar información de todo tipo de fenómenos como nunca en la historia de la humanidad. Sin duda, los sensores representan nuevos aliados para la salud pública, y esto abre el camino a una multipista de datos y a gran cantidad de oportunidades para la salud pública.

Tanto la epidemiología como la salud pública se alimentan de datos, pues son la base del análisis estadístico y la toma de decisiones. Sin información no hay análisis, y sin ello no es posible tomar decisiones basadas en evidencia. La medicina, durante un gran lapso histórico, anheló contar con información para comprender y analizar los fenómenos. Por siglos, el mundo fue algo enigmático y la medicina tanteó a ciegas en el cuarto oscuro de la incertidumbre. Los datos, los cuales eran escasos y costaba obtenerlos, se analizaban días o meses después de recopilarse, por tanto, existía una brecha entre la obtención de datos y la ejecución de las acciones que, por lo general, eran tardías. Con las nuevas tecnologías esto cambia radicalmente. Se vislumbra, entonces, un escenario que encarna la utopía de ramas de la medicina como la epidemiología y la salud pública; esto es, contar con gran cantidad de información con un valor agregado, buena parte de ella será en tiempo real. Para la salud pública esto es disruptivo y el mundo se encuentra *ad portas* de disponer de datos masivos en tiempo real, cuyo límite de uso será la imaginación y las fronteras éticas.

INTERNET DE LAS COSAS, WEARABLES Y PANDEMIAS

En 1988, el informático Mark Weiser introdujo el concepto *computación ubicua*, el cual hace referencia a que los objetos comunes sean capaces de recopilar, almacenar y transmitir datos (19). El fundamento de la computación ubicua planteaba que los procesadores se comunicaran entre sí y con los objetos del entorno, lo cual optimizaría las tareas cotidianas (20). En años posteriores, dicho concepto contribuyó al desarrollo de otras innovaciones como Internet de las cosas (21), y fue en 1999 (22) cuando Kevin Ashton, durante su trabajo en Procter & Gamble, acuñó el término *internet de las cosas* para referirse al uso de etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID)(23). Esto representa un mundo hiperconectado donde los objetos, conectados a Internet, recopilan información de su medioambiente. A su vez, Internet de las cosas es una tecnología hiperconectada, pues se vincula con otras innovaciones como big data, robótica, redes de sensores, bluetooth, redes sociales y computación en la nube, entre otras (24). Entonces, dado que millones de objetos estarán conectados, esto generará grandes volúmenes de información en tiempo real (25).

El mundo de los objetos conectados ha evolucionado en lo que se conoce como *Inteligencia Ambiental*, que involucra una nueva generación de entornos y sistemas informáticos enfocados en el usuario vinculando tecnología y cotidianidad (26). Su esencia apunta a que los objetos conozcan a los usuarios, aprendan de sus hábitos, se anticipen a sus necesidades y proporcionen servicios (27). En este contexto, la salud pública no será un observador que reacciona tardíamente a los eventos, sino un agente activo que se anticipa a ellos. En las ciudades inteligentes es clave la *urbótica*, que extrapola la inteligencia ambiental a la urbe, especialmente en diseño y servicios (28). Un eje central de la *urbótica* son las emergencias sanitarias, por ende, la inteligencia ambiental será un aliado de la *salud pública inteligente*; menos reactiva y más predictiva. La salud pública, sin planearlo, está encontrando nuevos aliados y, en poco tiempo, la información no solo fluirá desde centros de salud o entidades hospitalarias, sino desde dispositivos con localización ubicua, lo cual transformará el quehacer de la salud pública y el desempeño de los sistemas de vigilancia epidemiológica.

Los wearables, dispositivos electrónicos que se incorporan a ropa y accesorios, y monitorean la actividad biológica (29), son ejemplo de la aplicación de Internet de las cosas en respuesta a las pandemias. Estos dispositivos son útiles en el control de casos cuando el monitoreo remoto es primordial. En enfermedades como la COVID-19, en la que la fiebre y la tos son frecuentes (30), los wearables son ideales en monitoreo de temperatura y episodios de tos, ya que las aplicaciones

analizan el sonido y la vibración. Ejemplo de ello es una aplicación móvil que detecta y evalúa patrones de tos denominada Hyfe (31), la cual está siendo evaluada en un estudio prospectivo observacional (32). Los wearables y las aplicaciones móviles también apoyan la vigilancia en salud pública al generar sistemas de alerta de casos sospechosos (33). Dado que las bondades de los wearables son diversas, se puede realizar monitoreo remoto de variables como frecuencia cardíaca, patrones de sueño, oximetría o niveles de estrés. Estos datos, gracias a Internet de las cosas, se envían a una plataforma en la nube mediante una aplicación móvil o tecnología Bluetooth y se pueden transmitir en tiempo real (34).

Es claro que el campo de acción de sensores e Internet de las cosas se ha expandido durante la actual pandemia. Una alternativa innovadora es la mascarilla inteligente que proporciona defensa activa contra coronavirus y otros patógenos del aire (35). Con ello, la mascarilla pasa de ser un filtro pasivo a un dispositivo activo que, dotado de sensores, detecta patógenos en tiempo real (35). Dado que las pandemias pueden motivar cuarentenas y restricciones de movilidad, se han desarrollado innovaciones que incorporan Internet de las cosas como la EasyBand, diseñada para limitar el crecimiento de casos mediante el rastreo de contactos y la promoción de distanciamiento físico (36). La EasyBand rastrea otros dispositivos en un radio de cuatro metros, cuenta con un sistema de alertas basado en colores tipo semáforo y puede almacenar información por 15 días, de la cual pueden disponer los organismos de vigilancia en salud pública (36). En estos casos, los sistemas de vigilancia se beneficiarían de que los datos no pasen por bases de datos de terceros, sino que se envían directamente a los entes de control y vigilancia.

INTERNET DE LAS COSAS, DRONES Y SALUD PÚBLICA

Los drones o vehículos aéreos no tripulados (VANT), en comunión con Internet de las cosas, están jugando un papel esencial en respuesta a las pandemias, dado que, en escenarios de confinamiento o cuarentena, son ideales para actividades remotas. Durante la pandemia de COVID-19, los drones han sido protagonistas y han estado al servicio de la salud pública. En buen número de países, como España, China y Colombia, el apoyo de los drones a las medidas de desinfección de áreas comunes ha sido relevante en la lucha contra la COVID-19 no solo por la autonomía y el control de vuelo de estos aparatos, sino por la eficiencia de los sistemas de dispersión (37). Años atrás, el uso de drones se adoptó en el sector de la agricultura, pero durante la actual pandemia han jugado un rol importante en tareas de desinfección y en poco tiempo se han realizado notables avances en

distintos parámetros de autonomía, velocidad y altitud de vuelo, así como en la tasa de flujo de dispersión del desinfectante (38).

Debido a la aplicabilidad de Internet de las cosas en los drones, se ha acuñado el término Internet of Drones (IoD)(39), que se refiere a una infraestructura para proporcionar control y acceso entre usuarios y drones, todo ello mediante Internet (39). En 2016, Gharibi et al., definieron el término IoD como una arquitectura de control de red en capas, lo cual denota que muchos drones pueden integrar una red para transmitir y recibir datos (40). En una pandemia, las ventajas de los drones con IoD incluyen reducir tiempos de entrega de material sanitario y evitar la transmisión de la enfermedad al limitar la interacción humana. En apoyo a la salud pública, los drones son de enorme utilidad para alertar a la población, realizar monitoreo térmico, promocionar y controlar distanciamiento físico, vigilar el cumplimiento de medidas de confinamiento, apoyar labores en telemedicina y alcanzar zonas de difícil acceso (40). Además, los propios drones son aliados de la salud pública, ya que presentan bajas emisiones, cuentan con alta eficiencia de energía y gran potencial de uso de energías renovables (41).

ROBÓTICA Y SALUD PÚBLICA

Durante la actual pandemia los robots han sido protagonistas, y es claro que lo serán en las próximas emergencias sanitarias de este tipo. Claramente, el impacto de la COVID-19 ha sido notable en la adopción de Internet de las cosas en el área de la robótica (42). En esta pandemia, una de las soluciones que cuenta con gran potencial en epidemias y pandemias es el uso de robots en tareas de desinfección. Compañías como Boston Dynamics han desarrollado soluciones basadas en robóticas para realizar tareas hospitalarias en la atención de pacientes infectados; trabajo mancomunado con la telemedicina (43). Otro ejemplo son los robots AIMBOT y CRUZR desarrollados por la compañía UBTECH. Estos robots realizan desinfección de áreas comunes en aeropuertos, monitoreo de temperatura mediante cámaras infrarrojas, reconocimiento del uso de la mascarilla, además de promover el distanciamiento físico (44). El robot CRUZR puede analizar síntomas, facilitar consulta médica en vivo y revisar pacientes en salas hospitalarias examinando signos vitales y alertando a los médicos ante alguna anomalía (45).

Un ejemplo adicional de robots al servicio de la salud pública es Pepper. Lanzado en 2014, este robot humanoide cuenta con la habilidad para interactuar con los humanos gracias a su capacidad

para entender y reaccionar a las emociones (46). Además, analiza expresiones y sonidos gracias a tecnología de reconocimiento de voz (46) y, por supuesto, está conectado a Internet. Durante la COVID-19, Pepper ha realizado tareas de apoyo a las medidas sanitarias; puede ayudar a mantener el distanciamiento físico, promueve la higiene de manos, realiza monitoreo de temperatura, apoya en sitios de riesgo como hospitales, en hoteles recibe huéspedes potencialmente contagiados y mediante reconocimiento facial promueve el uso del tapabocas. Otros robots de su tipo han sido útiles en hospitales con el fin de disminuir la interacción entre el personal de salud y los pacientes con COVID-19. Casos exitosos de estas soluciones robóticas durante la actual pandemia se han documentado en países como Japón y Ruanda, donde se han utilizado robots para minimizar el riesgo de contagio del personal de primera línea (47).

DISCUSIÓN

Internet de las cosas, así como la Cuarta Revolución Industrial, representan un nodo donde convergen valores humanos y nuevas tecnologías; un punto de encuentro para potenciar los *bienes comunes* (48). Esto tiene un significado especial, dado que, precisamente, la salud pública representa un *bien común*, más exactamente, un *bien público global*. Este tipo de bienes se caracterizan por traspasar fronteras, sus beneficios se extienden entre generaciones y muchas personas pueden disfrutar de ellos (49). Ese bien público global que es la salud pública requiere de la participación de todos los sectores; de allí el lema *salud en todas las políticas*. Ante la COVID-19, las tecnologías emergentes se convirtieron en aliadas de la salud pública, pero es importante preguntarse si la salud pública está preparada para adoptarlas en su quehacer diario y en la pospandemia. Por otro lado, en la implementación de Internet de las cosas surgen desafíos como la privacidad de los datos y los problemas de ciberseguridad (50). Con el uso de drones, por ejemplo, emergen riesgos en confidencialidad e integridad, además, las violaciones de protocolos de ciberseguridad pueden desencadenar accidentes en los que las personas se vean involucradas (51).

A diferencia de otras revoluciones industriales, en la actual están sucediendo gran cantidad de cosas al mismo tiempo y el sector de la salud es uno de los más influenciados por Internet de las cosas. Es claro que la salud pública cuenta con nuevos aliados, como los wearables, la robótica, la nanotecnología, los sensores, los drones y, transversal a ellos, Internet de las cosas. Hoy en día la tecnología es protagonista en muchos sectores y dentro del amplio campo de la salud era necesario que la salud pública también se beneficiara de ella. Desde luego, las ventajas para la salud

pública de un mundo hiperconectado recaen en un cúmulo de oportunidades para la detección temprana y la anticipación a epidemias y pandemias. Dado que se podrá contar con información de todo tipo de eventos en tiempo real, los obstáculos serán la imaginación y la ética. Tras la pandemia de COVID-19, el mundo no volverá a ser el mismo y con las grandes pandemias surgen puntos de quiebre y, en algunos casos, cataclismos sociales. En suma, el cambio que se avecina es inevitable y resalta la hegemonía tecnológica con ventajas y desventajas, pero independientemente de estos matices, la salud pública debe prepararse para ello.

CONCLUSIONES

La salud pública ha encontrado nuevos aliados y estos son tecnológicos. Con ello se gesta una nueva salud pública caracterizada por la transdisciplinariedad de Internet de las cosas manifiesta en tecnologías con enorme potencial como wearables, aplicaciones móviles, mascarillas inteligentes, sensores, drones o robots. En esta nueva era la salud pública debe reinventarse y aprovechar las oportunidades que ofrecen los nuevos escenarios tecnológicos. Será, entonces, para la nueva salud pública, una ventana de oportunidad que representa un nuevo paradigma: el de la *salud pública inteligente*. La tarea recae en resignificar la salud pública y, en dicho proceso, al igual que la medicina clínica, lograr que sea menos reactiva y más predictiva.

Financiación: ninguna.

REFERENCIAS

1. Elmore JG, Wild D, Katz DL, Nelson HD. Jekel's Epidemiology, Biostatistics and Preventive Medicine E-Book. Fifth Edition. United States of America: *Elsevier Health Sciences*; 2020.
2. Spellman FR, Price-Bayer J. In Defense of Science: Why Scientific Literacy Matters. Second Edition. United States of America: Rowman & Littlefield Publishing Group, Inc; 2018.
3. World Health Organization. Anticipating Emerging Infectious Disease Epidemics [Internet]. WHO; 2015 [citado 18 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/252646/WHO-OHE-PED-2016.2-eng.pdf>
4. Barley S. Work and Technological Change. United Kingdom: Oxford University Press; 2020.
5. Paksoy T, Gonul C, Samar S. Logistics 4.0: Digital Transformation of Supply Chain Management. United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group; 2021.

6. Lambert L. *The Internet: A Historical Encyclopedia*, vol. 2. United States of America: ABC CLIO, Inc; 2005.
7. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. United Kingdom: Penguin UK; 2017.
8. Brunet-Thornton R, Martinez F. *Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments*. United States of America: IGI Global; 2018.
9. Rodríguez-Gómez R. Internet de las cosas: Futuro y desafío para la epidemiología y la salud pública. *Univ Salud*. 2019;21(3):253-60.
10. World Health Organization. *Urban Transport and Health. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-Makers in Developing Cities* [Internet]. WHO; 2011 [citado 15 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241502443>
11. Saher R, Anjum M. Role of technology in COVID-19 pandemic. *Researches and Applications of Artificial Intelligence to Mitigate Pandemics*. 2021;109-38.
12. Sachan VK. *Sensor Technology: Principles, Designs and Applications*. Second Edition. India: Independently Published; 2020.
13. Fraden J. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Fifth Edition. San Diego, CA (USA): Springer; 2015.
14. Webster JG, Eren H. *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook: Two-Volume Set*. Canada: CRC Press Taylor & Francis Group; 2014.
15. Bartoszewicz A, Kabziński J, Kacprzyk J. *Advanced, Contemporary Control: Proceedings of KKA 2020 -The 20th Polish Control Conference, Łódź, Poland, 2020*. Switzerland: Springer; 2020.
16. Tanguay G. Addressing the ethical and social challenges of emerging technologies: creating the conditions to play a leadership role in the Fourth Industrial Revolution. En: *The Fourth Industrial Revolution and Its Impact on Ethics Solving the challenges of the agenda*. Switzerland: Springer Nature; 2021.
17. Gilchrist A. *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. New York: Apress; 2016.
18. Figueredo SM, Krishnamurthy S, Schroeder T. *Architecture and the Smart City*. New York: Routledge; 2020.

19. Jacobs N, Edwards P, Cottrill C, Salt K. Governance and accountability in Internet of Things (IoT) networks. En: *The Oxford Handbook of Digital Technology and Society*. United States of America: Oxford University Press; 2020.
20. Krumm J. *Ubiquitous Computing Fundamentals*. United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group; 2010.
21. Banos O, Hervás R. Ubiquitous computing for health applications. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* [Internet]. 2018;10(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0875-3>
22. Saleh I, Ammi M, Szoniecky S. *Challenges of the Internet of Things: Technique, Use, Ethics*. Vol. 7. United States of America: John Wiley & Sons; 2018.
23. Frith J. *A Billion Little Pieces: RFID and Infrastructures of Identification*. London, England: The MIT Press; 2019.
24. Tripathy BK, Anuradha J. *Internet of Things (IoT): Technologies, Applications, Challenges and Solutions*. Boca Ratón: CRC Press Taylor & Francis Group; 2018.
25. Davies J, Fortuna C. *The Internet of Things: From Data to Insight*. United Kingdom: John Wiley & Sons; 2020.
26. Espinilla M, Villarreal V, McChesney I. Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence UCAmI. *Sensors* (Basel). 2019;19(18):4034.
27. McLoughlin I. *Computer Systems: An Embedded Approach*. United States of America: McGraw-Hill Professional; 2018.
28. Turon C, Gomis J. Implementation of elements of sustainability applied to the urbanization of productive areas. *Geographia Technica*. 2016;11(2):113-24.
29. Gao W, Emaminejad S, Nyein HYY, Challa S, Chen K, Peck A, et al. Fully integrated wearable sensor arrays for multiplexed in situ perspiration analysis. *Nature*. 2016;529(7587):509-14.
30. Jiang F, Deng L, Zhang L, Cai Y, Cheung CW, Xia Z. Review of the Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *J Gen Intern Med*. 2020;35:1545-9.
31. Hyfe. Tomar el control de tu salud respiratoria [Internet]. Tomar el control de tu salud respiratoria. 2021 [citado 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.hyfeapp.com/>

32. Gabaldon-Figueira JC, Brew J, Doré D, Umashankar N, Chaccour J, Orrillo V, et al. Digital acoustic surveillance for early detection of respiratory disease outbreaks in Spain: a protocol for an observational study. *BMJ Open*. 2021;11:1-7.
33. Channa A, Popescu N, Skibinska J, Burget R. The Rise of Wearable Devices during the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. *Sensors (Basel)*. 2021;21(17):5787.
34. Mukhtar H, Rubaiee S, Krichen M, Alroobaea R. An IoT Framework for Screening of COVID-19 Using Real-Time Data from Wearable Sensors. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4022.
35. Kalavakonda RR, Raj NV, Bhuniaroy A, Mandal S, Bhunia S. A Smart Mask for Active Defense Against Coronaviruses and Other Airborne Pathogens. *IEEE Consumer Electronics Magazine*. 2021;10(2):72-9.
36. Tripathy AK, Mohapatra AG, Mohanty SP, Koungianos E, Joshi AM, Das G. EasyBand: A Wearable for Safety-Aware Mobility During Pandemic Outbreak. *IEEE Consumer Electronics Magazine*. 2020;9(5):57-61.
37. González JH, González LM, Fariñas N, Martínez Sanchez J, Navarro Medina F. Operational Study of Drone Spraying Application for the Disinfection of Surfaces against the COVID-19 Pandemic. *Drones*. 2021;5(1):18.
38. Restás A, Szalkai I, Óvári G. Drone Application for Spraying Disinfection Liquid Fighting against the COVID-19 Pandemic-Examining Drone-Related Parameters Influencing Effectiveness. *Drones*. 2021;5(3):58.
39. Abdelmaboud A. The Internet of Drones: Requirements, Taxonomy, Recent Advances, and Challenges of Research Trends. *Sensors*. 2021;21:5718.
40. Gharibi N, Boutaba R, Waslander SL. Internet of drones. *IEEE Access*. 2016;4:1148-62.
41. Li J, Goh WW, Jhanjhi NZ. The Use of Emerging Technologies DIoT: Elderly Daily Living in Post-Epidemic Era. En: MATEC Web of Conferences 14th EURECA 2020 - International Engineering and Computing Research Conference "Shaping the Future through Multidisciplinary Research". 2021. p. 10.
42. Umair M, Cheema MA; Cheema O, Li H, Lu H. Impact of COVID-19 on IoT Adoption in Healthcare, Smart Homes, Smart Buildings, Smart Cities, Transportation and Industrial IoT. *Sensors*. 2021;21:3838.
43. Boston Dynamics. Boston Dynamics COVID-19 response [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.bostondynamics.com/resources/COVID-19>

44. UBTECH. UBTECH's Smart Anti-epidemic Robot Solutions. *Robo Tech Up to Fight Coronavirus* [Internet]. 2021 [citado 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ubtrobot.com/products/anti-epidemic-solution?ls=en>
45. Zhao Z, Ma Y, Mushtag A, Azam AM, Shehab M, Heybourne A, et al. Applications of Robotics, Artificial Intelligence, and Digital Technologies During COVID-19: A Review. *Disaster Med Public Health Prep.* 2021;8:1-11.
46. SoftBank Robotics. Pepper Press Kit [Internet]. sin dato. Disponible en: https://www.softbankrobotics.com/emea/sites/default/files/press-kit/Pepper-press-kit_0.pdf
47. Musanabaganwa C, Semakula M, Mazarati JB, Nyamusore J, Uwimana A, Kayumba M, et al. Use of Technologies in COVID-19 Containment in Rwanda. *Rw Public Health Bul.* 2020;2(2):7-12.
48. Schwab K, Davis N. *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution: A guide to building a better world.* New York: Penguin UK; 2018.
49. Ostrom E. *Understanding Institutional Diversity.* Princeton, New Jersey: Princeton University Press; 2005.
50. Ziegler S. *Internet of Things Security and Data Protection.* Geneva, Switzerland: Springer; 2019.
51. Manesh MR, Kaabouch N. Cyber-attacks on unmanned aerial system networks: Detection, countermeasure, and future research directions. *Computers & Security.* 2019;85:386-401.