



Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XVIII/ Volumen 18/ Edición N.36
Junio-Diciembre de 2021
Reia36008 pp. 1-19

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Vesga Ferreira, J. C.; Contreras Higuera, M. F.; Vesga Barrera, J. A. (2021). Nuevos desafíos en el desarrollo de soluciones para e-health en Colombia, soportados en Internet de las Cosas (IoT). Revista EIA, 18(36), Reia36008. pp. 1-19. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i36.1508>

✉ *Autor de correspondencia:*

Vesga Ferreira, J. C. (Juan Carlos): Doctor en Ingeniería, Magister en Telecomunicaciones, Especialista en Telecomunicaciones, Ingeniero Electrónico, Ingeniero de Sistemas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Correo electrónico: juan.vesga@unad.edu.co

Recibido: 17-02-2021
Aceptado: 24-05-2021
Disponible online: 01-06-2021

Nuevos desafíos en el desarrollo de soluciones para e-health en Colombia, soportados en Internet de las Cosas (IoT).

✉ JUAN CARLOS VESGA FERREIRA¹

MARTHA FABIOLA CONTRERAS HIGUERA²

JOSÉ ANTONIO VESGA BARRERA³

1. Universidad Nacional Abierta y a Distancia
2. Universidad Autónoma de Bucaramanga
3. Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo

Resumen

La telemedicina puede considerarse como una evolución de la provisión de servicios de salud orientados a las telecomunicaciones en forma remota. De acuerdo con las definiciones dadas para Colombia en este tema, están reglamentadas por la Ley 1419 de 2010, en donde el término “telemedicina” estaría estrechamente relacionado con el de *m-health*. El objetivo del presente trabajo de investigación consiste en identificar las tendencias, normativas y lineamientos para el diseño de sistemas *Smart m-health* para el monitoreo de señales biológicas, bajo un esquema de IoT, orientado especialmente a pacientes con enfermedades que requieran supervisión de signos vitales de manera permanente como el Cáncer. Se busca que el prototipo pueda ser compatible con un entorno Web bajo arquitectura cliente / servidor, utilizando dispositivos de bajo costo como Raspberry Pi para el procesamiento, monitoreo, transmisión y adquisición de señales biológicas, con capacidad de establecer procesos de comunicación cableada e inalámbrica y articulando funciones especiales tales como: ubicación por GPS, Identificación RFID, gestión de suministro de medicamentos y sistema de alarmas especializadas, articulando mecanismos de Inteligencia Artificial en sus procesos de gestión y monitoreo, entre otras. El desarrollo de soluciones soportadas en los conceptos de *e-health* y *m-health* representan una gran oportunidad para superar las grandes limitaciones de cobertura, equidad y calidad de los servicios de salud de países como Colombia, especialmente en analizar nuevas estrategias que permitan superar las limitaciones establecidas por la norma dada en la Resolución 1448 de 2006, en la incorporación de servicios soportados en tecnologías de telemedicina, según la cual, sólo se pueden habilitar servicios de telemedicina al interior de una IPS, a cargo de un profesional de la salud. Por lo tanto, es necesario orientar este tipo de investigaciones a una aplicación dentro de IPS remisoras, o eventualmente a aplicaciones en ambulancias, dado que son legalmente consideradas como entidades prestadoras de servicios de salud.

Palabras Claves: *e-health, m-health, HCI, IoT, Telemedicina, Telesalud, vestible, RFID, ECG, GSR, Raspberry Pi.*

New challenges in developing solutions for e-health in Colombia, supported on the Internet of Things (IoT).

Abstract

Telemedicine can be considered as an evolution of the provision of telecommunication-oriented health services remotely. According to the definitions given for Colombia on this issue, they are regulated by Law 1419 of 2010, where the term “telemedicine” would be closely related to that of m-health. The objective of this research work is to identify trends, regulations and guidelines for the design of Smart m-health systems for monitoring biological signals, under an IoT scheme, especially aimed at patients with diseases that require monitoring of vital signs permanently like Cancer. It is sought that the prototype can be compatible with a Web environment under client / server architecture, using low-cost devices such as Raspberry Pi for the processing, monitoring, transmission and acquisition of biological signals, with the ability to establish wired and wireless communication processes and articulating special functions such as: GPS location, RFID identification, medication supply management and specialized alarm system, articulating Artificial Intelligence mechanisms in its management and monitoring processes, among others. The development of solutions supported in the concepts of e-health and m-health represent a great opportunity to overcome the great limitations of coverage, equity and quality of health services in countries such as Colombia, especially in analyzing new strategies that allow overcoming limitations established by the norm given in Resolution 1448 of 2006, in the incorporation of services supported in telemedicine technologies, according to which, telemedicine services can only be enabled within an IPS, in charge of a health professional. Therefore, it is necessary to direct this type of research to an application within IPS senders, or eventually to ambulance applications, since they are legally considered as entities providing health services.

Key Words: *e-health, m-health, HCI, IoT, Telemedicine, Telehealth, Wearable, RFID, ECG, GSR, Raspberry Pi.*

I. Introducción

Antohe, Floria y Carausu (2017) manifiestan que el cuidado de la salud es una de las mayores prioridades de cualquier gobierno, debido a la estrecha relación con el crecimiento demográfico y rural, la tasa de natalidad, el envejecimiento de la población, el crecimiento económico, entre otros aspectos de carácter económico y social. Adicionalmente, buscan establecer estrategias en donde el uso de la tecnología podría ayudar a minimizar aspectos tales como: la incapacidad de responder a emergencias, la escasez de personal médico especialmente en zonas rurales o de difícil acceso, la prevención de enfermedades e incluso se habla de la posibilidad de detección temprana de las mismas, en donde el uso de Internet de las Cosas (IoT) podría llegar a jugar

un papel muy importante, como en Pomares y Fernández (2017). Aunque en la actualidad, existe una gran cantidad de aplicaciones en el campo de la salud, soportadas en el uso de SmartPhones como una plataforma, articuladas con IoT, orientadas al monitoreo, diagnóstico y cuidado de la salud, aún existen numerosos retos por resolver.

Park et al. (2014) expresan que la Comunidad IEEE IoT define Internet de las Cosas como: "... un sistema autoconfigurable y adaptativo que consiste en redes de sensores y objetos inteligentes cuyo propósito es interconectar todas las cosas, de tal manera que éstos puedan ser inteligentes, programables y con capacidad de interactuar con los seres humanos".

Ante este escenario surge la siguiente pregunta ¿Por qué contemplar el uso de IoT para el cuidado de la salud?. Como respuesta a ésta pregunta se podría decir que IoT posee el potencial desde el punto de vista tecnológico, para generar soluciones innovadoras que permitan mantener a los pacientes seguros y saludables, así como, mejorar la forma tradicional en la cual los médicos brindan atención, como en Yan-e (2011). El uso IoT, ofrece a los pacientes y especialistas de la salud un amplio espectro de posibilidades en el sector salud, debido a sus diversas aplicaciones, entre las cuales se encuentran el monitoreo remoto en tiempo real de variables biológicas, establecer comunicación permanente con sistema de gestión de información del paciente y el sistema de gestión de la salud, como en Liu, Zhang y Zhang (2013).

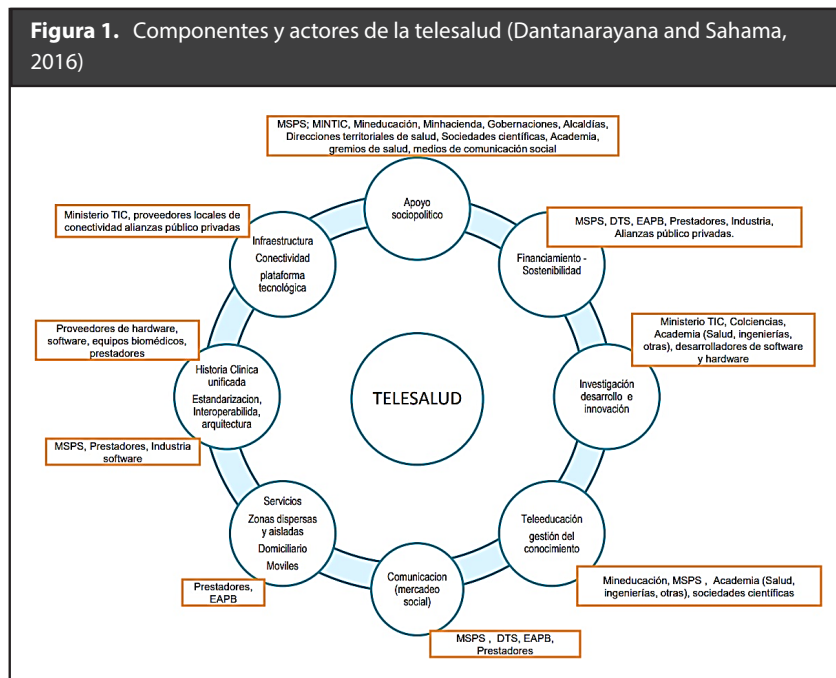
El Internet de las Cosas está concebido para permitir la interconectividad de cualquier persona en cualquier momento y en cualquier lugar a través de Internet. Hoy en día, con la implementación de nuevas tecnologías mediante el uso de dispositivos IoT para el sistema de monitoreo de atención médica, estos problemas se han resuelto en gran medida, como en Reddy et al. (2017). El uso de Internet de las cosas (IoT) en el cuidado de la salud ha generado un gran ecosistema, en donde han surgido nuevos conceptos tales como el llamado Internet de las cosas de atención médica (IoHT) o Internet de las cosas médicas (IoMT).

II. Antecedentes sobre la Telemedicina en Colombia

Nasr y Martini (2017) expresan que los primeros desarrollos de la telemedicina se pueden establecer en la NASA durante la era espacial de los sesenta y setenta, en donde fue necesario el desarrollo de dispositivos de telemetría con capacidad para monitorear los signos vitales de los astronautas (Armstrong, Youssef y Bashur, en 1975). No obstante, durante el mismo periodo, fueron desarrollados los primeros prototipos de "tele-diagnóstico" soportado en el uso de la red de telefonía PSTN (Public Switched Telephone Network), a través de las cuales se realizó la transferencia de imágenes diagnósticas y señales cardíacas, como en Thelen et al. (2015).

A lo largo de la literatura consultada y en el contexto general colombiano, se suele utilizar de manera indiscriminada los términos asociados con telemedicina, telesalud, m-health y e-health, considerados en la mayoría de los casos como sinónimos. En el artículo 2 Ley 1419 (2010), se define la *telesalud* como "el conjunto de actividades relacionadas con la salud, servicios y métodos, los cuales se llevan a cabo a distancia con la ayuda de las tecnologías de la información y telecomunicaciones". La misma Ley, define la *Telemedicina* como "la provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso y la oportuni-

dad en la prestación de servicios a la población que presenta limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica”.



Por otro lado, el término e-health (o e-Salud) hace referencia al conjunto de soluciones en medicina soportadas en el uso de las TIC, tales como: EHR (Electronic Health Record) o historias clínicas electrónicas, plataformas para el procesamiento de imágenes, diagnósticos médicos, variables biológicas, laboratorio clínico, entre otros, como en Rodrigues et al. (2016). Finalmente, el término m-health, hace referencia al medio utilizado como interacción médicos-pacientes o dispositivo médico - paciente. En vista de lo anterior, y en coherencia con las definiciones mencionadas en el contexto colombiano, la telemedicina estaría estrechamente relacionada con m-health. En la figura 1 se presentan los componentes y actores que forman parte del sistema de telesalud en Colombia.

Vesga, Barrera y Sierra (2018) manifiestan que en Colombia, se han encontrado registros de algunos desarrollos tales como: la transmisión de electrocardiogramas sobre la red de telefonía PSTN, documentados desde 1973, el programa de Telemedicina, propuesto en el año 2002 por la Universidad Nacional de Colombia a través del grupo de investigación Bioingenium y el Centro Nacional de Telemedicina, implementado en el año 2003 por la Fundación Cardiovascular de Bucaramanga. Desde entonces, la Universidad Nacional de Colombia y la Fundación Cardiovascular han desarrollado diversas soluciones aplicadas a la Telemedicina, orientadas a la prestación de servicios de salud en medicina interna, cardiología y pediatría, en diferentes regiones apartadas del país, como en Millan, Yunda y Valencia (2017). No obstante, se han encontrado otros desarrollos en el área de la telemedicina, realizados por empresas y alianzas entre Universidades, los cuales han venido forjando el crecimiento de escenarios tecnológicos con gran impacto social. Entre los principales trabajos se pueden mencionar:

- Angel et al. (2005) realizaron un diagnóstico remoto de tuberculosis cutánea, mediante el uso de herramientas de teledermatología y técnicas de biología molecular, caso de éxito en la Clínica Leticia.
- Sachpazidis et al. (2006) diseñaron una Plataforma e-Salud orientada a la presentación de servicios de salud en zonas rurales del país, liderado por la Universidad Santiago de Cali y la Universidad Nacional de Colombia.
- Correa (2017) se propuso un Centro de Servicios en Telemedicina administrado por la Fundación Santa Fe de Bogotá, orientado a la prestación de servicios de salud en diversos municipios de la Costa Atlántica, la Costa Pacífica y Cundinamarca.
- En el año 2014, Universidad Nacional de Colombia desarrolló una plataforma para soportar labores de Telemedicina, articulando mecanismos software soportados bajo el estándar HL7, involucrando adicionalmente técnicas de diagnóstico automático basadas en el procesamiento computarizado de señales, como en Ávila (2017). Por otro lado, la Universidad de la Salle y la Universidad Jorge Tadeo Lozano desarrollaron una plataforma con capacidad para el monitoreo remoto de problemáticas asociadas con la retinopatía articulada con el uso de móviles, como en Banka, Madan y Saranya, (2018).
- Desde el punto de vista corporativo, empresas como ITMS (International Telemedical Systems Colombia) y Lumen Global, han generado proyectos de investigación en el ámbito de la telemedicina en aspectos tales como: riesgo vascular y muerte producto de los infartos al miocardio, de los cuales surgió el programa Latin (Latin America Telemedicine Infarct Network), como en Raj, Jain y Arif (2017), a través del cual se ha implementado una red de telemedicina con capacidad para mejorar la atención de pacientes que puedan sufrir de un infarto agudo. Adicionalmente, cada nodo de la red cuenta dispositivos ECG con capacidad para transmitir señales bajo un formato digital estándar a fin de permitir en el mediano o largo plazo el crecimiento y articulación con otras tecnologías emergentes.

III. Normatividad de la Telemedicina en Colombia

La telemedicina fue reglamentada en Colombia mediante la Resolución 1448 del 2006 y no fue sino hasta el año 2010, cuando se aprobó la Ley 1419 (2010) a través de la cual se estableció la Política en Telesalud. Posteriormente, mediante la Resolución 5521 (2013), el Ministerio de Salud y Protección Social, realizó un proceso de actualización del Plan Obligatorio de Salud (POS), redefiniendo la telemedicina:

“La provisión de servicios de salud a distancia, en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso a la población de los servicios de salud”.

A continuación, se presenta la relación de la normatividad más relevante relacionada con la telemedicina y la telesalud en Colombia.

- **Ley 527 (1999):** “Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales”.
- **Resolución 2182 (2004):** “Por medio de la cual se define las condiciones de habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud en la modalidad de telemedicina”. Al interior de la resolución se definen los siguientes términos:
 - a. **Institución remisora:** “Es aquella institución prestadora de servicios de salud localizada en un área con limitaciones de acceso o en la capacidad resolutoria de uno o más de los componentes que conforman sus servicios, y que cuenta con tecnología de comunicaciones que le permite enviar y recibir información para ser apoyada por otra institución de mayor complejidad que la suya, en la solución de las necesidades de salud de la población que atiende, en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de la enfermedad”.
 - b. **Centro de referencia.** “Es aquella institución prestadora de servicios de salud que cuenta con los recursos asistenciales especializados, y con las tecnologías de información y de comunicación suficientes y necesarios para brindar a distancia el apoyo en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de la enfermedad, requeridos por una o más instituciones remisoras en condiciones de oportunidad y seguridad”.
- **Resolución 1448 (2006):** Por medio de la cual se define las condiciones de habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud en la modalidad de telemedicina: “Es el conjunto de normas, requisitos y procedimientos mediante los cuales se establece, registra, verifica y controla el cumplimiento de las condiciones básicas de capacidad tecnológica y científica, de suficiencia patrimonial y financiera y de capacidad técnico-administrativa, indispensables para la entrada y permanencia en el sistema, los cuales buscan dar seguridad a los usuarios frente a los potenciales riesgos asociados a la prestación de servicios y son de obligatorio cumplimiento por parte de los prestadores de servicios de salud y las empresas administradoras de planes de beneficios (EAPB)”.
- **Ley 1122 (2007):** Por medio de la cual se define que “la nación y las entidades territoriales promoverán los servicios de telemedicina para contribuir a la prevención de enfermedades crónicas y a la disminución de costos y mejoramiento de la calidad y oportunidad de prestación de servicios, como es el caso de las imágenes diagnósticas”.
- **Ley 1266 (2008):** “Por la cual se dictan las disposiciones generales del habeas data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, incluidos los servicios de salud, resaltando que éstos no pueden ser transmitidos ni compartidos sin consentimiento”.
- **Ley 1419 (2010):** “Por medio de la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de la Telesalud en Colombia”.
- **Ley 1273 (2010):** “Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado (denominado “de la protección de la información y de los datos”) y se preservan integralmente los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones”.
- **Resolución 2003 (2014):** “Por medio de la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de

habilitación de servicios de salud en las modalidades intramural, extramural y telemedicina”.

- **Resolución 3595 (2016):** “Por medio de la cual se modifica la Resolución 5159 de 2015, relacionada con el modelo de atención en salud a la población carcelaria bajo el concepto de telesalud”.

IV. Tecnologías asociadas a e-health

IoT ha permitido el desarrollo de dispositivos vestibles a través de los cuales es posible medir diversos parámetros fisiológicos tales como la temperatura, la frecuencia cardíaca y la presión arterial, en un individuo de forma no invasiva, en tiempo real, para ser analizadas por médico o para mantener un control personal de la variable a controlar, como en Laplante P. y Laplante N. (2016). La Presión Arterial es uno de los factores más importantes para predecir enfermedades cardiovasculares, y debe ser controlada de manera constante por parte del paciente, teniendo en cuenta que, si no se realiza un control sobre ella, podría generar complicaciones cerebro-vasculares e incluso la muerte, como en Marcos y Gómez (2016).

En el campo de la telemedicina han surgido una gran variedad de términos de carácter tecnológico. Uno de ellos hace referencia a las redes de área corporal o WBAN (*Wireless Body Area Network*). Una WBAN hace referencia a una red inalámbrica conformada por nodos de sensores distribuidos en el cuerpo del individuo. En ella, existe un nodo coordinador central, el cual realiza funciones de procesamiento y comunicación con los demás nodos, como en Kang y Larkin (2017). Sus aplicaciones se encuentran convencionalmente en el ámbito de la salud y el fitness. Entre las principales tecnologías inalámbricas que son consideradas en el diseño de una red WBAN se pueden mencionar: RFID, Bluetooth (BT), ZigBee, ANT, Ultra Wide Band (UWB), Wi-Fi, Near Field Communication (NFC), como en Santos et al. (2014). Por otro lado, los sensores utilizados son incorporados en elementos vestibles tales como pulseras, calzado, relojes, camisetas o algún otro tipo de prenda.

Figura 2. Resumen de dispositivos certificados en ANT+ Alliance (Tsoi et al., 2016)

Activity Monitors	Bike Computers	Bike Power Meters	Bike Speed / Cadence Sensors	Blood Pressure Monitors	Fitness/Gym Equipment	Foot Speed & Distance Sensors	Geocache Sensors	Handheld GPS Devices	Heads-up Displays	Heart Rate Sensors	Mobile Phones/Devices	Other	Phone Accessories	Watches/Wrist Displays	Weight Scales
2	58	64	58	1	19	10	1	36	2	36	21	14	10	44	9

En vista de lo anterior, surge el término Wearable (usable), el cual incorpora al menos un sensor para el cuidado de la Salud (WSHT) sin la necesidad de contar con la presencia de un médico cerca. El “sensor” representa algún tipo de tecnología con capacidad de medir y registrar valores de parámetros que pueden ser vitales para el usuario, como en Almotiri, Khan y Alghamdi (2016a). Adicionalmente, Berliandhy et al. (2016) expresan que los sensores más utilizados en dispositivos vestibles, son unidades inerciales de medición (movimiento lineal y angular), sensores de electrocar-

diografía (impulsos eléctricos a través del músculo del corazón), sensores de frecuencia cardíaca fotopleletismografía/óptico (cambios de volumen de sangre), sensores de electroencefalografía (actividad eléctrica del cerebro), galvánica de la piel sensores de respuesta (conductividad de la piel) y sensores de temperatura (ambiente / temperatura corporal). No obstante, pueden desarrollarse dispositivos con fines específicos. Por ejemplo, vestibles con sensores GSR, los cuales tienen el potencial de detectar el consumo de drogas. En la figura 2 se presenta un resumen de los dispositivos vestibles certificados en ANT+ Alliance.

Un aspecto importante obedece al hecho de que la mayoría de los dispositivos diseñados para el cuidado personal y el bienestar son utilizados en un mayor porcentaje por personas jóvenes y deportistas. Sin embargo, se han introducido nuevos perfiles de usuarios, tales como personas de edad avanzada, mujeres en estado de embarazo, pacientes con enfermedades mentales, personas que requieren un estado de vigilancia permanente o que se encuentran en tratamiento producto de alguna patología; estableciendo con ello nuevos retos de desarrollo tecnológico para investigadores y fabricantes, como en Aouedi et al. (2018).

Téllez, Lezama y Sabogal (2014) expresan que aunque se han desarrollado a la fecha múltiples soluciones de e-health, su masificación, integración e implementación en plataformas de telemedicina se ha visto restringida debido a la falta de estandarización en aspectos tales como el diseño, protocolos de comunicación, acondicionamiento de señales, mecanismos de transmisión, entre otros aspectos, generando un gran problema de interoperabilidad tecnológica. En vista de lo anterior, algunas organizaciones desarrolladoras han comenzado a definir grupos de trabajo a fin de encontrar soluciones a esta problemática. Uno de los primeros grupos conformados fue el CEN (European Committee for Standardization), a través del cual se abordaron aspectos relacionados con modelamiento de la información, estándares de comunicación, registros electrónicos, entre algunas especificaciones relacionadas con la interoperabilidad entre dispositivos médicos, como en Naranjo (2014).

Abdulaziz (2019), indica que a la fecha, el comité técnico ha publicado más de 105 estándares relacionados con el campo de e-health. Otra de las organizaciones que ha generado estándares relacionados con el sector ha sido la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por su sigla en inglés), la cual ha publicado más de 168 estándares a la fecha, como en Laya (2017). Por otro lado, Alamelu y Mythili (2017) manifiestan que la organización HL7 (Health Level 7), se ha enfocado en el desarrollo de estándares para documentos e historias clínicas, así como en plantear mecanismos de interoperabilidad entre aplicaciones o dispositivos médicos. En la tabla 1 se relacionan los estándares más importantes desarrollados por el CEN entre el año 2016 y 2017.

Tabla 1. Estándares del CEN desarrollados entre 2016 y 2017.

EN ISO 13940:2016	27/01/2016	Health informatics - System of concepts to support continuity of care (ISO 13940:2015)
EN ISO 16278:2016	23/03/2016	Health informatics Categorial structure for terminological systems of human anatomy (ISO 16278:2016)
EN ISO 21549-5:2016	27/04/2016	Health informatics Patient healthcard data Part 5: Identification data (ISO 215495:2015)
EN ISO 17523:2016	29/06/2016	Health informatics - Requirements for electronic prescriptions (ISO 17523:2016)
EN ISO 11073-10419:2016	29/06/2016	Health informatics personal health device communication - part 10419: Device specialization - Insulin pump (ISO/IEEE 11073-10419:2016)
CEN Isorrs	29/06/2016	Health informatics - Identification of medicinal products Implementation guide for ISO 11239 data elements and Structures for the unique identification and exchange of regulated information on pharmaceutical dose forms, units of presentation, routes of administration and packaging
EN ISO 11073-10424:2016	29/06/2016	Health informatics personal health device communication - part 10424: Device specialization Sleep apnoea breathing therapy equipment (SABTE) (ISO/IEEE 1107310424:2016)
EN ISO 11073-10425:2016	29/06/2016	Health informatics - Personal health device communication - Part 10425: Device specialization - Continuous glucose monitor (COM) (ISO 11073-10425:2016)
CEN rsorrs 17251:2016	20/07/2016	Health Informatics Business requirements for a syntax to exchange structured dose information for medicinal products (ISO/TS 17251:2016)
EN ISO 11073-20601:2016	10/082016	Health informatics Personal health device communication - Part 20601 : Application profile Optimized exchange protocol including cor
EN ISO 27799:2016	10/082016	Health informatics - Information security management in health using ISOAEC 27002 (ISO 27799:2016)

Bandyopadhyay y Sen (2011), dicen que aunque el número de estándares desarrollados a la fecha ha sido bastante elevado, solo los desarrollados por HL7/ DICOM, quienes han trabajado conjuntamente con CEN/TC251 e ISO/TC, han sido los de mayor impacto y aceptación en el sector de la telemedicina. Un aspecto importante es que la mayoría de los fabricantes han adoptado el estándar DICOM como eje para el almacenamiento, transmisión y manipulación de imágenes diagnósticas (señales ECG, radiografías, etc.).

Aunque en el mercado se pueden encontrar una gran cantidad de productos vestibles, de diferentes fabricantes y marcas, aún existen varios problemas por resolver, tales como: el uso de sensores con niveles de precisión aceptables por la comunidad

médica, viabilidad tecnológica, facilidad de uso, aceptación por parte del usuario, facilidad de integrarse en la vida cotidiana, entre otros.

V. Hci en el desarrollo de soluciones de e-health

Ratan y Singh (2015) indican que una de las áreas de mayor desarrollo en los últimos años en materia de soluciones computacionales hace referencia al desarrollo de sistemas que requieren Interacción Humano – Computador (HCI - Human Computer Interaction). En términos generales se puede entender el término de “Interacción” como el proceso de comunicación entre el usuario y el sistema a través de una interfaz, facilitando que el proceso sea exitoso, como en Carvalho, Andrade y De Oliveira (2018). Uno de los nuevos paradigmas de la HCI está orientada en la computación presente en dispositivos vestibles.

Tal como se mencionó anteriormente, los dispositivos vestibles son equipos electrónicos que se pueden utilizar en diversos tipos de prendas de vestir tales como: relojes, pulseras, ropa, zapatos, gafas, entre otros; los cuales están conformados por sensores y sistemas de procesamiento computacional “portátil” o “transportable”, como algunos especialistas en el tema de HCI lo definen, como en Ratan y Singh, (2015).

Mahmood, Rana y Raza (2019) expresan que esta tecnología permite que cualquier ser humano se encuentre entrelazado con una computadora, estableciendo un circuito con retroalimentación computacional, interactuando de manera permanente con el ser humano, alcanzando con ello un estado denominado “Inteligencia Humanística”.

Una de las principales características de la Inteligencia Humanística, consiste en que puede realizar múltiples tareas, en donde éstas pueden ser ejecutadas en un segundo plano sin la necesidad de que las personas dejen de hacer sus actividades para interactuar de manera directa con el computador portátil.

El desarrollo de soluciones de e-health sobre IoT, requieren del uso de Sistemas Multi-Agente (MAS Multi-Agent System), los cuales se definen como un sistema de interacción entre sí de múltiples agentes, bajo una arquitectura de red distribuida, con el fin de encontrar una solución a un problema de manera individual o colectiva, como en Carvalho, Andrade y De Oliveira (2018). Un agente puede ser considerado en términos computacionales como un proceso del sistema integral que mantiene procesos de comunicación con otros agentes en red, mediante el uso de protocolos claramente definidos. Es importante mencionar que los agentes no son necesariamente inteligentes.

Para el proceso de diseño de soluciones de e-health, se ha considerado el uso de una metodología MAS-CommonKADS, la cual es considerada como una de las más recomendadas en el proceso de conceptualización y análisis de sistemas MAS, como en Zhou et al. (2018). Adicionalmente, Mahmood, Rana and Raza (2019) expresan que durante el diseño de prototipos es necesario identificar los actores activos y pasivos que formarán parte integral del sistema, así como la definición de los modelos que forman parte del sistema MAS. A continuación, se describen los 7 modelos que forman parte del diseño de un sistema MAS:

- *Modelo Agente*: Describe las características de cada agente.
- *Modelo Tarea*: Caracteriza las tareas que deben ser realizadas por cada agente.
- *Modelo Experiencia*: Involucra el conocimiento que es requerido por los agentes para llevar a cabo las tareas asignadas.
- *Modelo Coordinación*: Establece las relaciones dinámicas entre agentes.
- *Modelo Comunicación*: Define las relaciones dinámicas entre agentes humanos y agentes software.
- *Modelo Organización*: Establece las relaciones estructurales y jerárquicas entre agentes.
- *Modelo Diseño*: Realiza un proceso de depuración y optimización de cada uno de los modelos anteriores, acorde con los requerimientos del sistema y el objeto de la solución propuesta.

Finalmente, la metodología MAS-CommandKADS permite la interacción de técnicas de ingeniería de software orientada a objetos, ingeniería de software de protocolos e ingeniería del conocimiento, facilitando con ello el desarrollo de soluciones de e-health, bajo una arquitectura de IoT, soportada en un modelo de HCI e Inteligencia artificial.

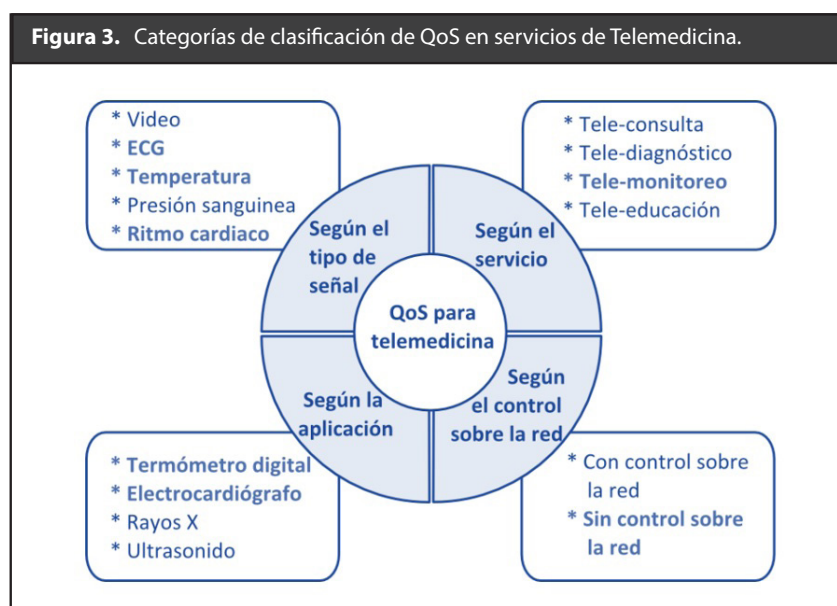
VI. Qos para soluciones de e-health

La Calidad de Servicio o en su sigla en inglés QoS (Quality of Service) hace referencia a la habilidad de gestionar diversos mecanismos de prioridad a la información o tipos de paquetes que son transportados a través de la red de infraestructura de red a fin de garantizar adecuados niveles de rendimiento para un flujo de datos, en función del ancho de banda disponible, la demanda de tráfico, el throughput, retardos, jitter, porcentaje de paquetes perdidos, entre otros aspectos, como en Vesga, Sierra y Granados (2017). Entre las principales definiciones establecidas por la ITU (International Telecommunication Union) y IETF (Internet Engineering Task Force) se pueden mencionar, como en Basha Pathan, Varma P y Rajesh K (2017):

- **ITU E.800**: “Efecto global de las prestaciones de un servicio que prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de prestaciones de un usuario al utilizar dicho servicio”.
- **IETF RFC 2386**: “Conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el servicio en el transporte de un flujo”.

Castro et al. (2017) expresan que para establecer mecanismos de comunicación de telemedicina es necesario contar con una infraestructura de red que permita ofrecer adecuados niveles de calidad de servicio (QoS) debido a las exigencias de tráfico sensible que este tipo de soluciones genera, garantizando con ello un tratamiento adecuado de la información en cada uno de los subsistemas, minimizando situaciones de pérdida de información que podría resultar vital para salvaguardar la vida del paciente.

A la fecha se han realizado diversos estudios relacionados con ofrecer adecuados niveles de QoS para diferentes tipos de tráfico (voz, video, datos, imágenes, control), así como en diferentes escenarios y contextos, debido a las necesidades de garantizar altas tasas de transmisión, baja latencia y mínima pérdida de paquetes, como en Vesga, Sierra y Granados (2016). En el escenario particular de la telemedicina, el contar con una infraestructura de red que garantice QoS juega un papel fundamental durante la prestación de servicios de salud soportados en el uso de las TIC, al permitir no solo el monitoreo eficiente de diversas variables biológicas requeridas por el paciente, sino que además haría posible ampliar la cobertura de atención médica a lugares apartados y de difícil acceso, como en Almotiri, Khan y Alghamdi (2016).



Avila (2016) expresa que acorde con diversos estudios realizados, se han establecido cuatro categorías de clasificación para establecer mecanismos de QoS para la prestación de servicios de Telemedicina. En la Figura 3 se ilustran las cuatro categorías.

Aguilar y Medina (2014) manifiestan que entre los principales servicios de telemedicina se pueden mencionar: Tele-diagnóstico, Tele-monitoreo, tele-consulta, tele-educación, base de datos, audioconferencia, entre otros.

- **La tele-consulta:** hace referencia al servicio a través del cual es posible que el paciente pueda realizar una consulta médica mediante el uso de la videoconferencia. En ella, el profesional en salud podrá contar con acceso a la información del paciente y actualizar su historial médico acorde a las necesidades del servicio.
- **Tele-monitoreo:** Está orientado al servicio que permite realizar una supervisión o monitoreo en tiempo de real de variables biológicas de pacientes que se encuentran en ubicaciones remotas, tales como: conductividad eléctrica de la piel producto de la sudoración (GSR), flujo de aire, ECG, electro-miografía (EMG), temperatura, SPO2, presión sanguínea, entre otras.

- **Tele-educación:** Está orientado al servicio a través del cual se hace uso de los sistemas de telecomunicaciones para ofrecer asesoría u orientaciones médicas en situaciones de no emergencia.
- **Tele-diagnóstico:** El servicio involucra la adquisición y transmisión de señales biológicas paciente, las cuales son almacenadas en un servidor local o en la nube, para su posterior revisión por parte del profesional en salud a fin de emitir un diagnóstico.

En Rey et al. (2010) se asignó una valoración de tipo cualitativo sobre parámetros asociados al rendimiento de la red de comunicaciones a fin de establecer los requerimientos de cada servicio. En la tabla 2 se presenta el resumen de cada parámetro.

Tabla 2. Parámetros de QoS por servicio de telemedicina.

Tipo de servicio	BW requerido	Soporta Delay	Soporta Jitter	Estados de emergencia
Tele-Consulta	Alto	Si	Si	Si
Tele-Diagnóstico	Alto	Si	No	Si
Tele-Monitoreo	Bajo	No	No	Si
Tele-Educación	Alto	No	No	No
Historia Digital	Alto/Bajo	No	No	Si

Por otro lado, en la tabla 3 se describe el ancho de banda mínimo requerido en el contexto de las aplicaciones de más comunes en telemedicina, a fin de garantizar adecuados niveles de QoS durante la prestación del servicio, como en Raj, Jain y Arif (2017).

Tabla 3. Parámetros de QoS por aplicación de telemedicina.

Aplicación	Tasa de Tx requerida
Monitor de presión sanguínea	<10 kbps
Termómetro digital	<10 kbps
Electrocardiógrafo	≈15 kbps
Estetoscopio digital	≈120 kbps
Tomografía	250 kbps
Ultrasonido, cardiógrafo, radiógrafo	265 kB (tamaño de la imagen)
Resonancia magnética	384 kB (tamaño de la imagen)
Rayos X	1.8 MB (tamaño de la imagen)
Mamografía	24 MB (tamaño de la imagen)

Tabla 4. Parámetros de QoS por tipo variables biológicas comunes en telemedicina.

Tipo de señal	Tasa de transmisión	Retardo máximo	PLR máximo
Audio	4-25 kbps	150-400 ms	3 %
Video	32-384 kbps	150-400 ms	1 %
ECG	1-20 kbps	≈1 s	0%
FTP	N/D	N/D	0%
Estadísticas del paciente	N/D	100 ms	0%
Presión sanguínea	10 kbps	10 s	N/D
Respiración	10 kbps	5 s	N/D
Termómetro	10 kbps	60 s	N/D
SpO2	1 kbps	30 s	N/D
Detección de movimiento	50 kbps	5 s	N/D
Voz	100 kbps	5 s	N/D
Sonido de latidos	120 kbps	N/D	N/D
Temperatura	0.08 kbps	N/D	N/D
Ritmo cardíaco	0.6 kbps	N/D	N/D

En la Tabla 4 se presentan los parámetros de rendimiento requeridos durante la prestación de servicio para la transmisión de información asociada a señales biológicas de pacientes, a fin de obtener adecuados niveles de QoS, como en Devi y Muthuselvi (2016).

VII. Innovación y nuevos retos en e-health

Madanian et al. (2019) expresan que en la actualidad, la innovación involucra un conjunto de estrategias soportadas en el conocimiento, orientado a la generación de nuevos productos y servicios, sentando con ello las bases para alcanzar un crecimiento económico. La innovación requiere de interacciones complejas entre el factor humano, la tecnología y el sector productivo, incorporando una cadena de valor en los procesos de desarrollo, producción e integración con la sociedad, como en Rajasekar (2021). El sector de la telemedicina, involucra modelos de innovación social en sus desarrollos, articulados con el uso de la tecnología, con capacidad para responder a los cambios y las necesidades del mundo globalizado.

Millan, Yunda y Valencia (2017) indican que los nuevos desarrollos en telemedicina, desde un enfoque innovador, deberán tratar de dar solución a alguna de las siguientes problemáticas del sector salud:

- Detección temprana de enfermedades.
- Cuidado de personas mayores
- Promover una vida saludable.
- Diagnóstico de enfermedades crónicas o patologías.

Un aspecto muy importante desde el punto de vista en los nuevos desarrollos está orientado en los métodos tradicionales de proporcionar seguridad, los cuales no se pueden implementar directamente en IoT, debido a los diferentes estándares y tec-

nologías de comunicación que pueden ser utilizados. Por lo tanto, las tecnologías que sean incorporadas deben ofrecer adecuados niveles de seguridad de la información tales como: integridad, confidencialidad, disponibilidad, no repudio, autenticación, autorización y responsabilidad; a fin de asegurar la información, sin afectar la eficiencia de los servicios y la privacidad de los datos de los pacientes, como en He et al. (2016).

Aunque IoT es una tecnología que actualmente se encuentra en un estado relativamente avanzado, los nuevos paradigmas de la telemedicina están generando retos de gran complejidad desde el punto de vista del trabajo conjunto que deben realizar los millones de dispositivos que tendrán que interconectarse en la nube para alcanzar la convergencia en materia de gestión, aplicación, funcionamiento, comunicación, almacenamiento, procesamiento e interacción, bajo entornos de trabajo distribuido.

VIII. Conclusiones

La convergencia de la telemedicina y del Internet de las cosas (IoT), junto con los nuevos paradigmas que demanda el sector salud y el mundo globalizado, han abierto todo un panorama de retos para la investigación en diferentes áreas del conocimiento. Sin embargo, la falta de estándares relacionados con el desarrollo de soluciones y las restricciones desde el punto de vista normativo en Colombia, se han convertido en un obstáculo para avanzar libremente en el campo de telemedicina y la prestación de servicios. No obstante, esto no es impedimento para seguir evolucionando en nuevas estrategias de negocio e innovación tecnológica, capaces de responder a las tendencias mundiales en la detección temprana de enfermedades, el cuidado de la salud y la vida, entre otros aspectos, tanto en jóvenes como en personas de edad avanzada, colocando al servicio de la sociedad el uso de la tecnología y adaptando la sociedad a los cambios del futuro producto de esta revolución 4.0..

Referencias

- Abdulaziz, A. (2019). IoT in Health-care: Recent Advances in the Development of Smart Cyber-Physical Ubiquitous Environments. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 19(2), pp. 181-186.
- Aguilar, J.; Medina, J. (2014). Telemedicina: cambio institucional y organizacional en la implementación de tecnologías disruptivas en organizaciones públicas del sector salud. Tesis (Doctorado en Administración), Cali, Universidad del Valle, 316 pp., Disponible en: <https://hdl.handle.net/10893/12638> [Consultado 16 de Noviembre 2020].
- Alamelu, J. V.; Mythili, A. (2017). Design of IoT based generic health care system. *International Conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems (ICMDCS)*, Vellore, India, pp. 1-4, <https://doi.org/10.1109/ICMDCS.2017.8211698>
- Almotiri, S. H.; Khan, M. A.; Alghamdi, M. A. (2016a). Mobile health (m-Health) system in the context of IoT. *IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW)*, Vienna, Austria, pp. 39-42. <https://doi.org/10.1109/W-FiCloud.2016.24>
- Almotiri, S. H.; Khan, M. A.; Alghamdi, M. A. (2016b). Mobile Health (m-Health) System in the Context of IoT. *IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW)*, Vienna, Austria, pp. 39-42, <https://doi.org/10.1109/W-FiCloud.2016.24>
- Angel, D. I.; Alfonso, R.; Faizal, M.; Ricaurte, O.; Baez, J. A.; Rojas, A.; Barato, P.; Patarroyo, M. E.; Patarroyo, M. A. (2005). Cutaneous tuberculosis diagnosis in an inhospitable Amazonian region by means of telemedicine and molecular biology. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 52(5), pp.65-78, <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2004.07.048>

- Antohe, I.; Floria, M.; Carausu, E. M. (2017). Telemedicine: Good or bad and for whom?. E-Health and Bioengineering Conference (EHB), Sinaia, Romania, pp. 49–52, <https://doi.org/10.1109/EHB.2017.7995358>
- Aouedi, O.; Anis, M.; Tobji, B.; Abraham, A. (2018). Internet of Things and Ambient Intelligence for Mobile Health Monitoring: A Review of a Decade of Research. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 10(1), pp. 261-271.
- Ávila, F.E. (2017). Estrategia de calidad de servicio (QoS) para tráfico de aplicaciones de hospitalización domiciliaria. Tesis (Maestría en Ingeniería de Telecomunicaciones). Medellín, Universidad de Antioquia, 86 pp., Disponible en: http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7372/1/AvilaFernando_2017_EstrategiaCalidadServicio.pdf [Consultado 18 de Noviembre 2020].
- Bandyopadhyay, D.; Sen, J. (2011). Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*, 58(1), pp. 49–69, <https://doi.org/10.1007/s11277-011-0288-5>
- Banka, S.; Madan, I.; Saranya, S. S. (2018). Smart Healthcare Monitoring using IoT. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(15), pp. 11984-11989.
- Basha, H.; Varma, S.; Rajesh, S. (2017). QoS performance of IEEE 802.11 in MAC and PHY layer using Enhanced OAR Algorithm. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(9), pp. 1–9, <https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i9/98054>
- Berliandhy, I. E.; Rizal, A.; Hadiyoso, S.; Febyarto, R. (2016). A multiuser vital sign monitoring system using ZigBee wireless sensor network. *International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC)*, Bandung, Indonesia, pp. 136–140, <https://doi.org/10.1109/ICCEREC.2016.7814963>
- Carvalho, R. M.; Andrade, R. M.; De Oliveira, K. M. (2018). Towards a catalog of conflicts for HCI quality characteristics in UbiComp and IoT applications: Process and first results. *International Conference on Research Challenges in Information Science*, Nantes, France, pp. 1–6, <https://doi.org/10.1109/RCIS.2018.8406651>
- Castro, D.; Coral, W.; Cabra, J.; Colorado, J.; Méndez, D.; Trujillo, L. (2017). Survey on IoT solutions applied to Healthcare. *Revista DYNA*, 84(203), pp. 192–200, <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.64558>
- Chow, R.; Egelman, S.; Kannavara, R.; Lee, H.; Misra, S.; Wang, E. (2015). HCI in business: A collaboration with academia in iot privacy. *International Conference on HCI in Business*, 9191, 679–687, https://doi.org/10.1007/978-3-319-20895-4_63
- Correa, A. M. (2017). Avances y barreras de la telemedicina en Colombia. *Revista de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas-UPB*, 47(127), pp. 361-382, <https://doi.org/10.18566/rfdcp.v47n127.a04>
- Ley 1122. (2007). Por la cual se hacen algunas modificaciones al Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República de Colombia, Disponible en: http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/plan_desarrollo/ley_1122_de_2007.pdf [Consultado 16 de Noviembre 2020].
- Ley 1419. (2010). Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de la Telesalud en Colombia. Congreso de la República de Colombia, Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=40937> [Consultado 16 de Noviembre 2020].
- Dantanarayana, G.; Sahama, T. (2016). Metrics for eHealth services improvement. *IEEE 18th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, Munich, Germany, pp. 1–6, <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2016.7749425>
- Devi, K. N.; Muthuselvi, R. (2016). Parallel processing of IoT health care applications. *10th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, Coimbatore, India, pp. 1–6, <https://doi.org/10.1109/ISCO.2016.7727039>
- He, H.; Maple, C.; Watson, T.; Tiwari, A.; Mehnen, J.; Jin, Y.; Gabrys, B. (2016). The security challenges in the IoT enabled cyber-physical systems and opportunities for evolutionary computing & other computational intelligence. *IEEE Congress on Evolutionary*

- Computation. (CEC), Vancouver, Canada, pp. 1015–1021, <https://doi.org/10.1109/CEC.2016.7743900>
- Kang, J. J.; Larkin, H. (2017). Intelligent personal health devices converged with internet of things networks. In *Journal of Mobile Multimedia*, 12(4), pp. 197-212.
- Laplante, P. A.; Laplante, N. (2016). The Internet of Things in Healthcare: Potential Applications and Challenges. *IT Professional*, 18(3), pp. 2–4, <https://doi.org/10.1109/MITP.2016.42>
- Laya, A. (2017). The Internet of Things in Health, Social Care, and Wellbeing. Tesis (Doctoral in Information and Communication Technology), Stockholm, KTH Royal Institute of Technology, 100 pp., Disponible en: <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1135406/fulltext01.pdf> [Consultado 16 de Noviembre 2020].
- Ley 1266. (2008). Disposiciones generales de hábeas data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales. Congreso de la República de Colombia, Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1266_2008.html [Consultado 16 de Noviembre 2020].
- Ley 1273. (2009). Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado - denominado “de la protección de la información y de los datos” - y se preservan integralmente los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otras disposiciones. Congreso de la República de Colombia, Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1273_2009.html [Consultado 16 de Noviembre 2020].
- Ley 527. (1999). Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República de Colombia, Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0527_1999.html [Consultado 15 de Noviembre 2020].
- Liu, C.; Zhang, Y.; Zhang, H. (2013). A Novel Approach to IoT Security Based on Immunology. Ninth International Conference on Computational Intelligence and Security, Emeishan, China, pp. 771–775, <https://doi.org/10.1109/CIS.2013.168>
- Madanian, S.; Parry, D. T.; Airehrour, D.; Cherrington, M. (2019). mHealth and big-data integration: promises for healthcare system in India. *BMJ Health & Care Informatics*, 26(1), pp. 1-8, <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2019-100071>
- Mahmood, K.; Rana, T.; Raza, A. R. (2019). Singular Adaptive Multi-Role Intelligent Personal Assistant (SAM-IPA) for Human Computer Interaction. ICOSST International Conference on Open Source Systems and Technologies, Lahore, Pakistan, pp. 35–41, <https://doi.org/10.1109/ICOSST.2018.8632189>
- Marcos, A.; Gómez, S. (2016). Intervención integral en la obesidad del adolescente. *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, 50(4), pp. 23-25.
- Millan, J.; Yunda, L.; Valencia, A. (2017). Analysis of Economic and Business Factors Influencing Disruptive Innovation in Telehealth. *Revista NOVA*, 15(28), pp. 125-136, <https://doi.org/10.22490/24629448.2136>
- Naranjo, D. (2014). Plataforma para el desarrollo de sensores biomédicos inteligentes en sistemas de m-salud y su aplicación en pacientes crónicos y personas mayores, Tesis (Doctorado en Ingeniería), Sevilla, Universidad de Sevilla, Sevilla, 225 pp., Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/70659> [Consultado 16 de Noviembre 2020].
- Nasr, K. M.; Martini, M. G. (2017). A logo based approach for visual quality evaluation in telemedicine applications. IEEE International Conference on Communications (ICC), Paris, France, pp. 1–6, <https://doi.org/10.1109/ICC.2017.7996375>
- Park, D.; Bang, H.; Pyo, C. S.; Kang, S. J. (2014). Semantic open IoT service platform technology. IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Seoul, Korea, pp. 85–88, <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803125>
- Pomares, F.; Fernández, F. (2017). Sistema de Telemedicina UdC: Un nuevo paradigma en la atención médica colombiana para el sur de Bolívar. *Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 1(1), pp. 1-11, <https://doi.org/10.33936/isrtic.v1i1.192>

- Raj, C.; Jain, C.; Arif, W. (2017). HEMAN: Health monitoring and nous: An IoT based e-health care system for remote telemedicine. *International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, Chennai, India, pp. 2115–2119, <https://doi.org/10.1109/WiSPNET.2017.8300134>
- Rajasekar S. (2021). An Enhanced IoT Based Tracing and Tracking Model for COVID -19 Cases. *SN computer science*, 2(1), pp. 41-44, <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00400-y>
- Ratan, V.; Singh, G. (2015). A Literature Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Systems*, 2(8), pp. 355-358
- Reddy, A. N.; Marks, A. M.; Prabaharan, S. R.; Muthulakshmi, S. (2017). IoT augmented health monitoring system. *International Conference on Nextgen Electronic Technologies: Silicon to Software (ICNETS2)*, Chennai, India, pp. 251–254, <https://doi.org/10.1109/ICNETS2.2017.8067942>
- Resolución 1448. (2006). Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina. Ministerio de Salud y Protección Social. Disponible en: <http://www.risaralda.gov.co/salud/descargar.php?idFile=27004> [Consultado 14 de Noviembre 2020].
- Resolución 2003. (2014). Procedimientos y condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud. Ministerio de Salud y Protección Social, Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion-2003-de-2014.pdf> [Consultado 10 de Noviembre 2020].
- Resolución 2182. (2004). Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina. Ministerio de Salud y Protección Social. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%205521%20de%202013.PDF [Consultado 8 de Noviembre 2020].
- Resolución 3595. (2016). Modificación de la Resolución 5159 de 2015: Modelo de Atención en Salud para la población privada de la libertad bajo la custodia y vigilancia del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (Inpec), Ministerio de Salud y Protección Social. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-3595-2016.pdf> [Consultado 8 de Noviembre 2020].
- Resolución 5521. (2013). Plan Obligatorio de Salud POS. Ministerio de Salud y Protección Social. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%205521%20de%202013.PDF [Consultado 8 de Noviembre 2020].
- Rey, C.; Reigadas, J. S.; Villalba, E.; Vinagre, J.; Fernández, A. M. (2010). A systematic review of telemedicine projects in Colombia. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 16(3), pp. 114–119, <https://doi.org/10.1258/jtt.2009.090709>
- Rodrigues, J. J.; Moreira, M. W.; Oliveira, A. M.; Saleem, K.; Neto, A. V. (2016). An inference mechanism using Bayes-based classifiers in pregnancy care. *IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, Munich, Germany, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2016.7749475>
- Sachpazidis, I.; Kiefer, S.; Selby, P.; Ohl, R.; Sakas, G. (2006). A medical network for teleconsultations in Brazil and Colombia. *Second IASTED International Conference on Telehealth*, Banff, Canada, pp. 16-21.
- Santos, A.; Macedo, J.; Costa, A.; Nicolau, M. J. (2014). Internet of Things and Smart Objects for M-health Monitoring and Control. *Procedia Technology*, 16, pp. 1351–1360, <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.152>
- Téllez, F. E.; Lezama, C. A.; Sabogal, E. (2014). Metodología para hacer mediciones de radiación electromagnética de telefonía celular. *Revista de Tecnología*, 13(2), pp. 67-76.
- Thelen, S.; Czaplík, M.; Meisen, P.; Schilberg, D.; Jeschke, S. (2015). Using off-the-Shelf Medical Devices for Biomedical Signal Monitoring in a Telemedicine System for Emergency Medical Services. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 19(1), pp. 117–123, <https://doi.org/10.1109/JBHI.2014.2361775>
- Tsoi, K.; Yip, B.; Au, D. W.; Kuo, Y.; Wong, S.; Woo, J.; Meng, H. (2016). Blood Pressure Monitoring on the Cloud System in Elderly Community Centres: A Data Capturing Platform for Application Research in Public Health. *7th International Conference on Cloud*

- Computing and Big Data (CCBD), Macau, China, pp. 312–315, <https://doi.org/10.1109/CCBD.2016.068>
- Vesga, J. C.; Barrera, J. A.; Sierra, J. E. (2018). Design of a prototype remote medical monitoring system for measuring blood pressure and glucose measurement. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(22), pp. 1–8, <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i22/122509>
- Vesga, J. C.; Sierra, J. E.; Granados, G. (2016). Cooperative game theory as a strategy of resource optimization in PLC networks. *WSEAS Transactions on Communications*, 15(1), pp. 268-284.
- Vesga, J. C.; Sierra, J. E.; Granados, G. (2017). Media access over PLC technology using Shapley-Shubik power index. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 15(1), pp. 511-522.
- Yan-e, D. (2011). Design of Intelligent Agriculture Management Information System Based on IoT. *Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, Shenzhen, China, pp. 1045–1049, <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2011.262>
- Zhou, H.; Gao, Y.; Song, X.; Liu, W.; Dong, W.; Jiang, Y. (2018). Wearable-based human-computer interaction with LimbMotion. *16th Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, New York, United States, pp. 339–340, <https://doi.org/10.1145/3274783.3275172>