

Iniciativas de Internet de las Cosas – *IoT* en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales

Initiatives the Internet of Things – *IoT* in the construction of housing and residential buildings

José Yon F. García H, José Daniel Cabrera Cruz, Jesús Talavera P.

Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT), Nodo Oriente,
Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia
jgarcia502@unab.edu.co, jcabrerc@unab.edu.co, jesus.tp@ufrj.br

Resumen. Las viviendas y edificaciones residenciales inteligentes están en plena evolución debido a la proliferación e implementación del concepto del internet de la Cosas (IoT). Lo anterior, debido a la masificación de dispositivos electrónicos y aplicaciones móviles que permiten tener control de su hogar desde cualquier lugar. Desde encender una simple luminaria hasta reconocer sus hábitos y la vivienda aprender de ellos; facilitando realizar tareas cotidianas de forma ubicua sin que lo notes. IoT se está implementando en varios sectores de la industria en especial en el sector de la construcción de viviendas y edificaciones residenciales. Es un sector que puede demandar mayor impacto en el mercado debido a la cantidad de objetos que pueden ser controlados y conectados a internet. Desde esta perspectiva el objetivo del presente artículo, es realizar una revisión de la literatura que permita indagar que iniciativas han sido implementadas en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales desde el enfoque de IoT.

Palabras Clave: Internet de las Cosas, Smart Buildings, Home Automation, Smart Home.

Abstract. Intelligent housing and residential buildings are in full evolution due to the proliferation and implementation of the concept of Internet of Things (IoT), due to the mass of electronic devices and mobile applications that allow you to have control of your home from anywhere. From lighting a simple luminary until you reach the state of recognizing your habits and housing learn from them; facilitating everyday tasks ubiquitously without you noticing. IoT is being implemented in various sectors of the industry, especially in the residential construction and housing sector. It is a sector that can demand greater impact in the market due to the amount of objects that can be controlled and connected to the internet. From this perspective, the objective of this article is to carry out a review of the literature that allows us to investigate which initiatives have been implemented in the construction of housing and residential buildings from the IoT approach.

Keywords: Internet of Things, IoT, Smart Buildings, Home Automation, Smart Home.

1. Introducción

El origen de la domótica se remonta a la década de los 70, cuando tras muchas investigaciones aparecieron los primeros dispositivos de automatización de edificios basados en la aun exitosa tecnología X10 [1]. Surgió de una familia de chips denominada los proyectos X con la idea de obtener un circuito que pudiera ser insertado en un sistema mayor y controlado remotamente [2]. Desde entonces, en el año 98 incorporan el término de *domotique* en los diccionarios franceses, traducida al castellano por domótica, originaria de la palabra latina domus que quiere decir casa y

de la palabra francesa *informatique* derivado de la palabra informática [1]. El concepto domótica se aplica a viviendas, mientras que el concepto de Inmótica se aplica a grandes edificios corporativos, que buscaba dotar al edificio de un alto grado de control, seguridad, confort y versatilidad [3]. Por lo tanto, la instalación domótica tiene como objetivo encargarse de gestionar cuatro aspectos fundamentales confort, seguridad, energía, y comunicaciones. Además existen tres tipos de formas de control remoto: dentro de la vivienda a través de mando a distancia, fuera de la vivienda a través de internet y mediante funciones de programación que cumpla condiciones horarias o climatológicas [4].

Sin embargo, aparecen nuevos términos que generaron confusión en la sociedad, lo que en realidad llamaron la introducción de las Tecnologías de la Información y Comunicación – TIC en el hogar [5]. Donde las TIC orientaba a dos propósitos fundamentales: uno es la automatización de todas las acciones posibles que se puedan llevar a cabo en el hogar, y el otro, es el de intercomunicar esas acciones entre sí y con el exterior [6]. Mas tarde, aparece otro concepto “hogar Digital” que incorpora algo mas que la domótica; comprende múltiples tecnologías y servicios, engloba la automatización de la vivienda y el acceso de banda ancha, con la integración de todo ello, convirtiendo equipos que antes habían estado aislados [7]. De esta manera evoluciona una serie de conceptos involucrados en el hogar hasta llegar al mas reciente como lo es el Internet de las Cosas. En ingles *Internet of Things* y sus siglas IoT. Adoptado por la ITU-T, donde hace referencia que, a cualquier hora, en cualquier lugar, ahora vamos a tener conectividad para cualquier cosa. Las conexiones se multiplican y crearan una nueva red dinámica de redes con redes, una internet de las cosas[8]. Otro concepto de IoT es utilizado para conectar dispositivos a través de la red de internet para detectar y recopilar datos de diversas aplicaciones inteligentes mediante sistemas integrados, sensores, software e inteligencia artificial. Los dispositivos que se encuentren conectados a esa red tendrán una identidad única y trabajarán en armonía [9]. Un concepto que afectará indudablemente a todos los sectores de la economía, como el automotor, la construcción, la energía o la industria convirtiendo todo ello hasta llegar, donde la comunicación es un requisito previo para alcanzar la “cuarta revolución industrial” [10].

En ese sentido, la masificación de dispositivos electrónicos en el sector de la construcción de viviendas y edificaciones residenciales ha tenido gran acogida en los últimos años. De acuerdo con la infografía realizada por el BBVA *Innovation Center* [11] a través del OCDE [12] muestran la evolución de dispositivos conectados a las viviendas, dice que en el año 2012 hubo 10 dispositivos conectados a internet en una vivienda, para el 2017 25 dispositivos y para el 2025 habrán hasta 50 dispositivos por vivienda conectados a internet. Lo anterior significa un incremento del 100% para los próximos años [13].

Dentro de este contexto, las universidades a través del conocimiento científico apuntan al desarrollo de soluciones tecnológicas teniendo en cuenta el concepto de IoT en diferentes sectores productivos de un país. Para tal caso, la universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) [14] en México construirán un centro de desarrollo de tecnologías para la vivienda en Querétaro. Es una iniciativa de la facultad de ingeniería de la UAQ que integra distintas áreas relacionadas con el sector vivienda, como ingeniería civil, arquitectura, automatización, instrumentación y control agricultura, nanotecnología, estructuras, geotecnia, diseño industrial y electromecánica. varios sectores entre ellos aplicaciones para la construcción de viviendas inteligentes [15]. Otro caso de transferencia tecnológica en Colombia, la universidad Autónoma de Bucaramanga mediante el Centro de

Excelencia y Apropiación en el Internet de las Cosas – CEA-IoT. Una iniciativa impulsada desde el Ministerio de las TIC [16].

De igual forma se identificaron trabajos de investigadores de universidades desarrollando aplicaciones de IoT para viviendas inteligentes. Para el caso Amaxilatis y Georgitzikis [17], presentaron un prototipo utilizando un edificio como banco de pruebas. *Xbee*, Arduino, TelosB *Crossbow* y Sun SPOT fueron los dispositivos utilizados para monitorear condiciones de temperatura, iluminación, humedad, aceleración, niveles de campos magnéticos, presión barométrica, calidad del aire y ajustes de temperatura de HVAC. Coap como protocolo de comunicación y un dispositivo intermedio que actúa como traductor de mensajes Coap. Como resultado obtuvieron reducción de consumo de energía, evaluaron el protocolo COAP permitiendo la interconexión y funcionamiento de los dispositivos de hardware y servicios heterogéneos.

No obstante, Patru, Carabas, Barbulescu y Gheorghe [18] presentaron una solución para una casa inteligente, conectando aparatos como termostatos *Nest*, bombillas *Philips Hue Light* de forma remota. Utilizaron un *Framework* basado en un modelo de arquitectura REST, que permite incorporar multiplex tecnología para transportar información.

Por otro lado, Syafril Bandara y Takeshi Yashiro [19] utilizaron un *Framework* de control de acceso de seguridad, implementado en un edificio inteligente, capaz de hacer frente a sus amenazas. Los dispositivos se pueden acoplar o desmontar de forma dinámica. Los autores realizaron una comparación entre un sistema convencional y el propuesto. Se mostró que es menos costosa y mejor la escalabilidad. Además, la propuesta considera la heterogeneidad de los dispositivos. Los autores experimentaron con 50 usuarios, y 20 solicitudes en un tiempo de respuesta de 1 segundo. Los autores manifiestan que la propuesta es factible para ser utilizado en edificios inteligentes.

De igual forma, Shopan Dey, Ayon Roy y Sandip Das [20] Presentaron una instalación experimental, utilizando una Raspberry Pi como una unidad de control principal, una placa relé para controlar aparatos o electrodomésticos, módulo de sensor de temperatura y humedad, sensores PIR para detectar movimiento, controlador de luz, controlado a través de una aplicación Android.

Nagendra Reddy, Kumar Reddy, Kumar Reddy, Kodanda Ramaiah, & Kishor [21] proponen un sistema para control de aparatos electrodomésticos utilizando como medio de comunicación Wi-Fi, los autores desarrollaron una aplicación en Android para el control de aparatos. Como unidad de control utilizaron una palca Arduino Mega, el módulo HLK-RM04 Wi-Fi, sensor de lluvia, sensor de temperatura LM35 y fotoresistencia LDR. Como resultados controlan la intensidad de la luz, control de velocidad de un ventilador, basado en la temperatura ambiente, medición del sensor de lluvia basado en la presencia de caída de la lluvia mostrando los valores a través de una pantalla LCD. Según los autores manifiestan que el sistema propuesto es mejor desde el punto de vista de la escalabilidad y la flexibilidad que los sistemas domóticos comerciales.

Chong gao, Zhihao ling, Yuan Yifeng, [22] proponen un diseño e implementación de un sistema inteligente para un hogar, que permite el control de electrodomésticos, basado en el internet de las cosas. Utilizaron módulos ZigBee como medio de comunicación, una plataforma web y una aplicación móvil para que el usuario interactúe con el sistema. Desarrollaron una demostración utilizando un teléfono celular para consultar y controlar de manera local y remotamente. Los resultados demostraron que el sistema puede proporcionar información en tiempo real y gestión

fiable para un hogar inteligente. Sin embargo, hubo dos deficiencias en el sistema: se puede mejorar el Gateway con una variedad de interfaces de comunicación; pero esto exige un alto costo. Y el segundo inconveniente, es que un hogar inteligente debería ser el que, con diferentes dispositivos, se comuniquen entre sí y sin la operación del usuario; brindando una inteligencia ambiental, entorno cómodo y seguro. El sistema en su mayoría, se considera un sistema de monitoreo en lugar de un sistema de servicios inteligentes.

Son N. Han, Quyet H. Cao, Alinear Bahran y Noel Crespi, [23] optaron por diseñar e implementar 6LoWPANs para el desarrollo de aplicaciones de internet de las cosas en escenarios de viviendas y edificios. Para ello, realizaron un análisis exhaustivo sobre varios aspectos de comunicación, tales como el consumo de energía, rendimiento de la red y la comunicación del servicio. Para implementar 6LoWPAN utilizaron Motes CM5000 equipados con 3 LEDs, un sensor de temperatura, sensor de humedad, dos sensores de luz, un sensor de botón como objetos inteligentes genéricos para configurar 6LoWPAN. De esta manera, con el CM5000 puede representar algunos dispositivos domésticos, como un sensor de luz, una bombilla, un termostato, un interruptor e incluso un sensor de movimiento. Usaron una Raspberry Pi como enrutador de borde con Ethernet como interfaz IPV6 y el Mote CM5000 conectado por USB como una interfaz 6LoWPAN.

No obstante, N. Vikram, KS Harish, MS Nihal, Umesh Defensa, Ashiq Shetty y Ashok Kumar [24] contribuyen con una metodología para el desarrollo de una Home Automation System (HAS) de bajo costo, basada en una red inalámbrica Wi-fi con el módulo Esp8266, interconectando dispositivos inteligentes. HAS es controlado a través de una aplicación Android mediante un telefónico inteligente. Para el envío de mensajes utilizaron Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) al que accede el usuario desde el teléfono de la aplicación Android. El diseño contempla aplicaciones como detección de temperatura y humedad, sistema de alerta de fuga de gas, sistema de alarma contra incendios, sistema de alarma contra ladrones, sensores de lluvia, conmutación y regulación de cargas y tensión y detección de corriente. El costo de la implementación del sistema aproximadamente es de 100 dólares. El objetivo principal del diseño es proporcionar una solución rentable de automatización del hogar. Además, flexibilidad en el control de la HAS, ya que a través de internet se puede acceder y monitorear desde cualquier lugar del mundo. A futuro se espera desarrollar una aplicación iOS y un portal web.

Dietmar PF Moller y Hamid Vakilzadian [25] describen la aplicación de redes ubicuas en el entorno de un hogar inteligente, teniendo en cuenta conceptos como computación ubicua, *Power Line Communication* y el internet de las cosas; que puede ser embebidos sin problemas en un sistema de gestión de energía en el hogar para redes inteligentes.

Teorema MPS, [26] una compañía colombiana construyó una vivienda inteligente ubicada en el municipio de Rionegro Antioquia, el cual recibió el reconocimiento *Lead for Homes* en Latinoamérica por el Consejo de Construcción Sostenible de Estados Unidos (USGBC), en la categoría gold.

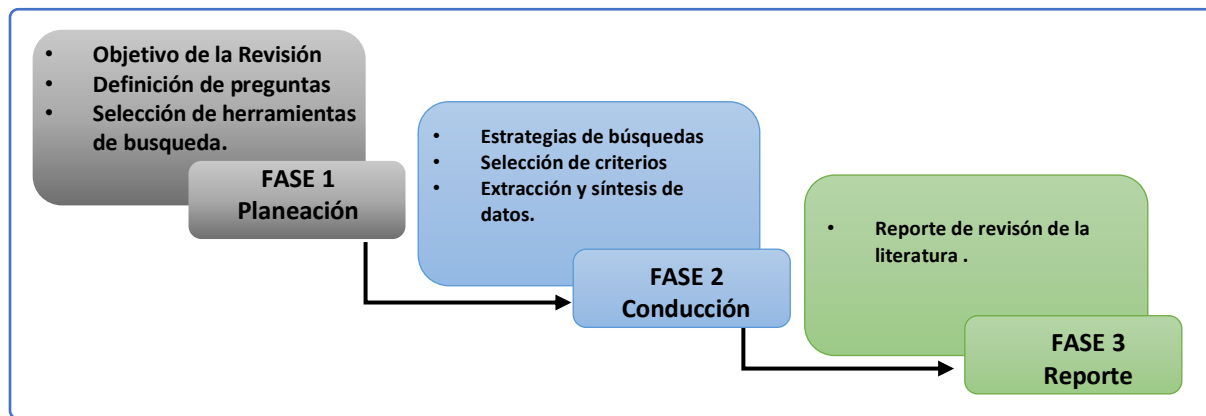
El propósito del presente artículo es proporcionar una visión sobre iniciativas desarrolladas en el sector de viviendas y edificaciones residenciales en el mundo, bajo el enfoque del internet de las cosas. El estudio se basó en la recopilación de información extraída de fuentes bibliográficas de la literatura, para dar respuesta a preguntas formuladas inicialmente y realizar un análisis de tendencias en la utilización de tecnologías tanto de software y de hardware involucradas en la

construcción de prototipos para viviendas y edificaciones inteligentes. Para tal estudio, se llevó a cabo una metodología de tres fases: Planeación, Conducción y Reporte.

2. Metodología propuesta

El protocolo utilizado en la presente revisión, se tomó como referencia del artículo del autor Zhouqun Yang [27]. Se determinó que el protocolo es pertinente para el objeto estudio. A continuación, en ilustración 1. se presenta los pasos a seguir para la elaboración de revisión de la literatura.

Ilustración 1. Proceso de revisión bibliográfica



Fuente: elaboración propia a partir del autor Zhouqun Yang.

2.1 Fase 1. Planeación: durante esta fase se definió el objetivo de la revisión, las preguntas de investigación y la selección de herramientas de búsqueda. A continuación, se describen cada una de ellas.

- **Objetivo de la revisión:** el objetivo de la presente revisión se enmarca en identificar las iniciativas implementadas en el sector de la construcción de viviendas y edificaciones residenciales basado en el concepto de Internet de las Cosas en el mundo a partir de experiencias nacionales e internacionales.
- **Definición de las preguntas de investigación:** una vez definido el objetivo de la revisión, se plantearon las preguntas que abordaron el cumplimiento del objetivo. Se establecieron las siguientes preguntas:

PR1: ¿Qué iniciativas de investigación se han implementado en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales inteligentes? En esta primera pregunta se delimita la revisión principalmente para construcción de viviendas y edificaciones residenciales basadas en IoT.

PR2: ¿Qué dominios y aplicaciones de IoT hacen parte de una vivienda inteligentes? A partir de esta pregunta se filtra los tipos de desarrollos implementados en viviendas y edificaciones basados en IoT.

PR3: ¿Que tecnologías han sido involucradas en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales? A partir de la presente pregunta nos filtra las diferentes tecnologías de hardware y software utilizados en aplicaciones de IoT para viviendas y edificaciones residenciales.

PR4: ¿Qué normas u orientaciones se han considerado en la implantación de sistemas inteligentes en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales? En esta pregunta se extrae los documentos que manifieste alguna normativa para implementar IoT.

- **Selección de búsqueda de herramientas:** para llevar a cabo la presente revisión, se seleccionó dos herramientas de búsqueda IEEE Xplore [28] y Scopus [29].

2.2 Fase 2. Conducción: en la presente fase se formularon las estrategias de búsquedas, la selección de criterios y la extracción y síntesis de datos.

- **Estrategias de búsquedas:** como estrategia de búsqueda se determinaron palabras claves a partir del tesoro de la IEEE las cuales tienen relación con el objeto de estudio de la revisión. Para tal caso, se seleccionaron *Internet of Things*, *Smart Buildings*, *Smart Home* y *Smart Automation*. Además se determinaron palabras que tengan relación con acciones realizadas dentro de una vivienda para dar mayor efectividad en la búsqueda como *Implementation*, *Deployment*, *implantation*. La palabra *Internet of Things* extrae todos los documentos sin importar el contexto utilizado por los autores. Las palabras *Smart Buildings*, *Smart Home* y *Smart Automation* delimita el lugar de implementación del desarrollo tecnológico. Las palabras *Orientation*, *Guide*, *Recommendation* nos extrae los documentos con normativas para IoT. Y por lo último, las palabras de hechos *Implementation*, *Deployment*, *implantation* nos permiten saber que tipo de solución fue desarrollada dentro de una vivienda.

Una vez selecciona las palabras claves, se construyó las cadenas de búsquedas para cada herramienta bibliográfica. Se crearon tres grupos, para obtener un primer filtro de documentos extraídos de las bases de datos bibliográficas. El primer grupo fue la palabra clave “*Internet of Things*”, el segundo grupo con las palabras “*Smart Home*”, “*Smart Buildings*”, “*Smart Automation*” y “*Home Automation*” y el tercer grupo palabras de acción o de ejecución como: *Implementation*, *Implantation*, *Deployment*, y *Orientation*, *Recommendation* y *Guide*. A continuación, en la tabla 5 se ilustran las cadenas de búsquedas.

Tabla 1. Cadenas de búsquedas utilizadas en la revisión

Código	Cadena	Herramienta
C1	((("Document Title": "Internet Of Things" AND ("Smart Buildings" OR "Smart Home" OR "Smart Automation" OR "Home Automation") AND (Implementation OR Deployment OR Implantation OR Orientation OR Recommendation OR Guide)))	IEEE Xplore
C2	TITLE (("Internet Of Things" AND ("Smart Buildings" OR "Smart Home" OR "Home Automation" OR "Home Automation") AND (Implantation OR Implementation OR Deployment OR Orientation OR Recommendation OR Guide))	Scopus

Fuente: elaboración propia

Posteriormente se realizó la búsqueda en las bases de datos teniendo como resultado estudios primarios de cada autor. La búsqueda se realizó por el título del documento los cuales se exportaron a una hoja de Excel filtrando el nombre del autor, el nombre del documento, el año de publicación, y el resumen; donde se obtuvieron 62 documentos en IEEE Xplore y 12 en Scopus para un total de 74 documentos. Los documentos fueron organizados por el título para ver similitud entre ellos y así corroborar documentos repetidos por encontrarse publicados en diferentes bases de datos. Como resultado se encontraron 10 documentos repetidos quedando en total 64 de ellos.

- **Selección de criterios:** tomando la cantidad de documentos, en esta etapa se aplicó los criterios de inclusión y exclusión, donde se determinaron restricciones que permitieron filtrar los documentos pertinentes para la revisión del objetivo de estudio.

Criterio de exclusión: en este criterio se aplicó parámetros que determinan que información es relevante para la revisión. Para este caso, se utilizó dentro de las cadenas de búsqueda el operador de condición OR que permite extraer al menos uno de los documentos a buscar; los demás no los tiene en cuenta. De igual forma dentro de la herramienta de búsqueda se excluyó los documentos del año 2012 hacia atrás, los documentos de otros idiomas diferentes de inglés, español y portugués, área temática y el tipo de fuente.

Criterio de Inclusión: en este criterio se aplicó el operador de condición AND dentro de la cadena de búsqueda. La opción que se le da a la búsqueda es que si o si se debe incluir el documento. De igual forma se configuró parámetros dentro de la herramienta de búsqueda para que incluyera documentos del año 2012 hasta el 2018, documentos en el área de ciencias de la computación, de ingeniería, las fuentes de artículos, conferencias, libros. A continuación, en la tabla 3. se presenta los criterios de exclusión e inclusión de la revisión.

Cadena	Documentos	Criterio Exclusión	Criterio inclusión	Herramienta
C1	28	Documentos de < al año 2012 Área: Ciencias sociales, Bioquímica, genética, Biología molecular, Ingeniería química Mandarín,	- Título del documento - A partir del año 2012 - Engineering Computer Science - Lenguaje inglés o español	IEEE Xplore
C2	12	Documentos de < al año 2012 Área: Ciencias sociales, Bioquímica, genética, Biología molecular, Ingeniería química Mandarín,	- Título del documento - A partir de del año 2012 - En el área de ciencia de la computación e ingeniería - Tipos de documentos: Conferencias, artículos, revisiones, capítulos de libros - Leguaje debe ser inglés y español	Scopus

Tabla 2. Criterios de Exclusión e Inclusión de la revisión.

Fuente: elaboración propia

Después de aplicar los criterios de exclusión e inclusión, se seleccionaron 40 documentos para una lectura completa para extraer la información mas relevante. A continuación, se presenta en la tabla 3. Los documentos elegidos para la revisión.

Tabla 3. Documentos seleccionados para la revisión.

ID	Título del documento	Año	Referencia
[1]	Desing and implementation of Smart-Home Monitoring System with the Internet of Things Technology	2016	[30]
[2]	The research and implement of smart home system based on Internet of Things	2011	[22]
[3]	Design, implementation, and evaluation of 6LoWPAN for home and building automation in the Internet of Things	2015	[23]
[4]	A Low Cost Home Automation System Using Wi-Fi Based Wireless Sensor Network Incorporating Internet of Things	2017	[24]
[5]	Ubiquitous networks: Power line communication and Internet of things in smart home environments	2014	[25]
[6]	The Internet of Things the Design and Implementation of Smart Home Control System	2016	[31]

[7]	Desing and Implementation of intellignent Outlet System Based on Android and Wifi	2018	[32]
[8]	Internet of Things: Security and privacy issues and possible solution	2017	[33]
[9]	Cognitive management framework for Internet of Things: A prototype implementation	2014	[34]
[10]	Power reduction for Smart Homes in an Internet of Things framework	2016	[35]
[11]	Priority SDN Controlled Integrated Wireless and Powerline Wired for Smart-Home Internet of Things	2015	[36]
[12]	The Internet of Things the Design and Implementation of Smart Home Control System	2015	[37]
[13]	Optimal smart gateway deployment for the Internet of Things in smart home environments	2015	[38]
[14]	Automatic Generation of Social Relationships between Internet of Things in Smart Home Using SDN-Based Home Cloud	2015	[39]
[15]	Efficient low cost supervisory system for Internet of Things enabled smart home	2017	[40]
[16]	Internet of things in home automation and energy efficient smart home technologies	2014	[41]
[17]	Worldwide auto-mobi: Arduino IoT home automation system for IR devices	2017	[42]
[18]	A context-aware authentication framework for smart homes	2017	[43]
[19]	Smart home security monitor system	2016	[44]
[20]	IoT based Smart Home design using power and security management	2016	[45]
[21]	Smart home system network architecture	2017	[46]
[22]	Home automation using single board computing as an-Internet of Things application	2017	[47]
[23]	Exploiting data analytics for home automation services	2016	[48]
[24]	On the design and implementation of an innovative smart building platform	2016	[49]
[25]	Remote networking technology for IoT: Cloud-based access for AllJoyn-enabled devices	2016	[50]
[26]	Exploiting IoT technologies for enhancing Health Smart Homes through patient identification and emotion recognition	2016	[51]
[27]	Smart home platform based on optimized wireless sensor network protocol and scalable architecture	2015	[52]
[28]	Prototyping a voice-controlled smart home hub wirelessly integrated with a wearable device	2015	[53]
[29]	Towards to responsive web services for smart home LED control with Raspberry Pi. A first approach	2015	[54]
[30]	Design and implementation of a new smart home control system based on internet of things	2017	[55]
[31]	Internet of things framework for smart home building	2016	[56]
[32]	Implementation of WiFi – based single phase Smart meter for Internet of Things	2017	[57]
[33]	Design, Specification and Implementation of a Distributed Home Automation System	2016	[58]
[34]	HOLISTIC: An IoT system for residential water recycling based on open source technologies	2016	[59]
[35]	Home automation using Internet of Thing	2016	[20]
[36]	Smart home - automation and security system based on sensing mechanism	2017	[60]
[37]	Internet of Things (IoT) for building smart home system	2017	[61]
[38]	Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee	2010	[62]
[39]	Desing of an Internet of Things-based smart home system	2011	[63]
[40]	IoT based monitoring and control system for home automation	2015	[64]

Fuente: elaboración propia a partir de la información de IEEE Xplore y Scopus.

- **Extracción y síntesis de datos:** en esta etapa se seleccionó el tipo de información necesaria de cada documento. Para esto, se diseño un formato que contenga el tipo de documento, el

autor, descripción, aplicación, hardware, software, comunicación, arquitectura, herramientas de programación, resultados y por último trabajos futuros. La información se identificó de acuerdo a las preguntas de investigación formuladas anteriormente. A continuación, en la tabla 4. se presenta la descripción de los campos para la extracción de la información.

Tabla 4. Descripción de campos para la extracción de datos

Tipo de dato	Descripción
Tipo de documento	Artículo, revista, Capítulo de un libro,
Autor	Investigador del documento
Descripción	Breve descripción del documento encontrado
Aplicación	Tipo de desarrollo del prototipo Ej: iluminación, temperatura, control de aparatos eléctricos, etc.
Hardware	Dispositivos utilizados para el desarrollo del prototipo
Software	Herramienta utilizada como plataforma para desarrollar sobre lenguaje de programación.
Comunicación	Dispositivos utilizados para comunicar los diferentes elementos ya sea de forma alámbrica o inalámbrica.
Arquitectura	Diseño utilizado como referencia para implementar sistemas de IoT
Herramientas de programación	Software diseñado para programar dispositivos electrónicos y visualización de datos.
Resultados	Resultados esperados de los objetivos propuesto del documento
Trabajos futuros	Recomendaciones que puede servir para realizar trabajos a futuro a partir de los resultados propuesto por el autor del documento.

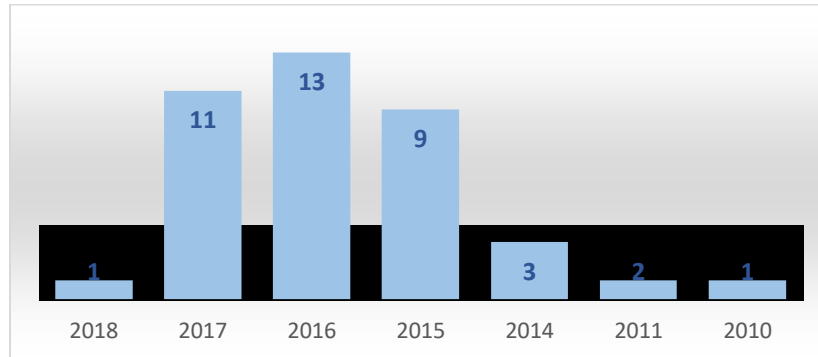
Fuente: elaboración propia.

2.3 Fase 3. Reporte de la revisión. Esta fase presenta los resultados de la revisión de acuerdo con las preguntas de investigación formuladas en el presente documento.

PR1: ¿Qué iniciativas de investigación se han implementado en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales inteligentes?

Después de realizar el proceso de búsqueda en las diferentes herramientas bibliográficas, se puede determinar que los autores apuntan al desarrollo de sistemas inteligentes para viviendas y edificaciones residenciales. La tendencia por construir sistemas inteligentes se puede apreciar en la siguiente tabla.

Grafico 1. Tendencia de investigación en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales basadas en Internet de las Cosas



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de la revisión.

Como se mencionó anteriormente la revisión bibliográfica se contempló desde el año 2010 hasta el año 2017. Sin embargo, al finalizar la revisión se realizó una búsqueda en el año 2018, encontrando un documento pertinente para el estudio. en la grafica 1. se puede apreciar que en los últimos 3 años la tendencia por investigar en el tema sobre sistemas inteligentes para viviendas y edificaciones residenciales basados en IoT es bastante favorable en relación con años 2010, 2011 y 2014.

PR2: ¿Qué dominios y aplicaciones de IoT hacen parte de una vivienda inteligentes? A partir de esta pregunta se filtra los tipos de desarrollos implementados en viviendas y edificaciones basados en IoT.

De acuerdo con la revisión bibliográfica, se identificaron 4 dominios y 19 aplicaciones que hacen parte de una vivienda inteligente: seguridad, optimización de recursos energéticos, salud y confort. A continuación, se presentan en la tabla 5. Los dominios y aplicaciones que hacen parte una vivienda inteligente.

Tabla 5. Dominios y aplicaciones identificadas en la revisión de la literatura.

Relación de IoT – Vivienda – Dominios	% aporte en dominios	Categorías - Aplicaciones	% aporte en aplicaciones	Autores
IoT en seguridad	30%	• Detección de intrusos de gases	21%	[1] [30] [33] [35] [37]
		• Detección de incendios	17%	[19] [23] [37] [40]
		• Detección de emisión de gases	25%	[1] [4] [30] [35] [37] [38]
		• Detección de fugas de agua	4%	[23]

		• Control de acceso a vivienda y espacios	8%	[1] [36]
		• Monitoreo de actividad de una vivienda (Cámaras, ruido, movimiento etc.)	13%	[23] [35] [37]
		Detección gotas de lluvia		[1] [4]
IoT en la optimización de recurso energético	12%	• Control del estado (encendido/estado) de electrodomésticos y luces.	70%	[1] [4] [9] [15] [21] [33] [38]
		• Monitoreo del consumo de energía	20%	[15] [22]
		• Medición de la energía a través de equipos inteligentes	10%	[10]
IoT en la salud de viviendas	7%	• Monitoreo del estado emocional del paciente	20%	[26]
		• Monitoreo de la temperatura corporal de los habitantes de la vivienda	20%	[9]
		• Monitoreo de frecuencia cardiaca	20%	[9]
		• Monitoreo y control (purificación) calidad del aire de la vivienda	20%	[36]
		• Detección de mosquitos	20%	[24]
IoT en el confort de una vivienda	51%	• Monitoreo ambiental (temperatura)	8%	[1] [2] [3] [1]
		• Control de dispositivos electrónicos	34%	[2] [3] [9] [12] [15] [17] [21] [22] [31] [35] [36] [38] [40]
		• Control y graduación de la iluminación (eléctrica y natural) en espacios de la vivienda (luces, persianas, ventanas)	26%	[1] [2] [3] [20] [23] [25] [28] [29] [32] [38]
		• Control de calefacción Control de temperatura y humedad	29%	[3] [4] [9] [27] [30] [32] [33] [35] [37] [38] [40]
Total % en Dominios	100%	Total % en Aplicaciones	100%	

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la revisión.

Cada dominio obtuvo un porcentaje de acuerdo con la cantidad de documentos seleccionados para la presente revisión. De igual forma aplica para el porcentaje para cada aplicación teniendo como referente el porcentaje de su dominio. Teniendo en cuenta lo anterior, el dominio de confort para viviendas es el más relevante con relación a los demás dominios, con un resultado del 51% y su aplicación de mayor implementación es el control de dispositivos electrónicos con el 43%. Sin embargo, dentro de los resultados generales de la revisión de dominios y aplicaciones, la aplicación de control del estado (encendido/estado) de electrodomésticos y luces; fue la más implementada con un 70%. Por lo tanto, los porcentajes anteriores se puede concluir que; los investigadores aportan más en el control y actuación de dispositivos de una vivienda aplicando el concepto del internet de las cosas.

PR3: ¿Que tecnologías han sido involucradas en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales? A partir de la presente pregunta nos filtra las diferentes tecnologías de hardware y software utilizados en aplicaciones de IoT para viviendas y edificaciones residenciales.

A partir de la información extraída de la tabla 4. se clasificaron de la siguiente manera: dispositivos de comunicación, de procesamiento y recolección de datos. A continuación, en la tabla 6. se presenta la clasificación de las tecnologías encontradas en la revisión.

Tabla 6. Hardware identificado en la revisión de la literatura

Hardware	Tipo	Tecnología	% aporte	Autores
Dispositivos	Comunicación	ZigBee	36%	[2] [9] [10] [20] [27] [28] [30] [32] [35] [37] [38]
		Wi-Fi	36%	[15] [17] [18] [19] [22] [24] [25] [33] [36] [37] [40]
		Ethernet	3%	[25]
		Bluetooth	6%	[25] [27]
		RFID	3%	[36]
		NFC	3%	[24]
		BUS RS-485	3%	[12]
		Z-Wave	10%	[20] [23] [25]
			100%	
	Procesamiento	PC	7%	[1] [19]
		Raspberry Pi 3	26%	[3] [18] [20] [22] [28] [29] [40]
		Phillips LPC2378ARM	4%	[39]
		ATmega16	7%	[10] [4]
		Arduino	22%	[9] [15] [17] [32] [34] [37]
		PLC	4%	[5]
		Smart Gateway	26%	[23] [24] [25] [26] [27] [30] [33]
		Galileo Gen2	4%	[36]
		100%		
Recolección de datos	Calefacción	2%	[1]	

– sensores/actuadores	Iluminación	6%	[1] [3] [9] [23]
	Temperatura	14%	[3] [4] [27] [30] [32] [33] [35] [38] [40]
	Humedad	13%	[3] [4] [9] [27] [30] [32] [35] [38]
	Gas – MQ2	6%	[4] [30] [35] [38]
	Gotas de lluvia	2%	[4]
	Termostatos	2%	[3]
	Infrarrojo Remote - IR	8%	[17] [35] [36] [38] [40]
	Humo	3%	[19] [23]
	Relé	10%	[4] [22] [33] [34] [38] [40]
	Movimiento	10%	[1] [23] [26] [32] [33] [38]
	Luminosidad	3%	[23] [38]
	Fuga de agua	2%	[23]
	Lector NFC	2%	[24]
	Cámaras inteligentes	5%	[26] [30] [40]
	Electroválvulas	2%	[34]
	Identificador de presencia de objetos	2%	[4]
	Sensor movimiento HC-SR501	5%	[4] [30] [35]
	Frecuencia cardiaca	2%	[9]
	Actuadores	2%	[9]
	Audio	2%	[19]
Video	2%	[19]	
		100%	

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de la revisión

En la tabla anterior, se presenta los resultados de los documentos seleccionados de cada autor, enfocado a los dispositivos que utilizaron en los prototipos propuestos. Con base a esta información, los investigadores hacen más uso de la tecnología ZigBee y Wifi como medios de comunicación en un 36% con el mismo porcentaje. Los autores no apuntan a realizar aplicaciones de IoT de manera cableada. En dispositivos de procesamiento su mayor utilización fue la placa Raspberry Pi 3 y la construcción de Gateway en un 26% con el mismo porcentaje. En dispositivos de recolección de datos sensores y actuadores apuntan al monitoreo de temperatura y humedad con un 14% y 13% respectivamente, y un 10% en relés para actuación y control de dispositivos.

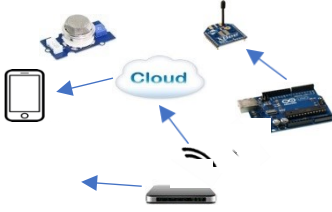


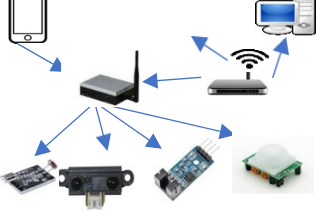
PR4: ¿Qué normas u orientaciones se han considerado en la implantación de sistemas inteligentes en la construcción de viviendas y edificaciones residenciales? En esta pregunta se extrae los documentos que manifieste alguna normativa para implementar IoT.

En la presente revisión de la literatura, se evidenció que hubo despliegue de dispositivos basados en el concepto de Internet de las Cosas en escenarios reales tales como viviendas y edificaciones residenciales; sin embargo, no manifiestan que normativas utilizaron para realizar el despliegue de dispositivos de IoT. Cabe aclarar que para despliegues de sistemas comerciales de Domótica como Leviton, Lutron, X10, Control 4, Z-Wave entre otros; son productos comerciales como interruptores inalámbricos, salidas eléctricas inalámbricas, termostatos entre otros, poseen un

certificado de calidad de producto avalado por estándares de calidad y por tal razón es posible su despliegue sin incurrir en la violación de normas de construcción, sistemas eléctricos y demás.

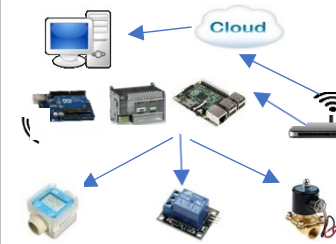
Una vez dado respuesta a las preguntas de la revisión, se presenta un resumen detallado de la información extraída de la tabla 4. A continuación, se presenta en la Tabla 7 los aspectos claves que se deben considerar en la construcción de aplicaciones de IoT en viviendas y edificaciones residenciales de acuerdo a la información suministrada por los autores de la revisión.

Tabla 7. Resumen de la información extraída de la tabla 4.

Dominio	Aplicación	Aspectos claves	Esquema
Seguridad	Detección de emisión de gases	Utilizaron un PC, Gateway, sensor de gas MQ2, Arduino, módulo de comunicación ZigBee y Wifi.	
	Detección de intrusos	Utilizaron sensores de movimiento, cámaras inteligentes, control para puertas	
bbb	Detección de incendios	Utilizaron Sensor de vídeo, sensor de audio, sensor de humo, detector de agua, sirena, sensores de humedad, sensor de gas, sensor de temperatura.	
	Monitoreo de actividad dentro de una vivienda	Sensor de movimiento, sensor de luminosidad, resistor fotosensible,	

	Detección gotas de lluvia	Sensor de gotas de lluvia Moo9, IDE ATmega.	
Optimización del consumo energético	Control del estado (encendido/apagado) de electrodomésticos y luces	Control de (lámparas, ventilador, ventanas), placa de relés, actuadores, Arduino, infrarrojos, ESP8266	
	Monitoreo del consumo de la red eléctrica de una vivienda	Arduino, Raspberry Pi, Relé, transformador de corriente, transformador de voltaje	
	Medición de la energía a través de equipos inteligentes	Microcontrolador ATmega, módulo ZigBee, transformadores de corriente, de efecto Halls Ics, Pantalla LCD	
Salud en la vivienda	Monitoreo del estado emocional del paciente	Cámaras inteligentes, sensor Heat Rate	
	Monitoreo de la temperatura corporal de los habitantes de la vivienda	Plataforma Arduino, acelerómetro, sensor de temperatura corporal.	

	Monitoreo de la frecuencia cardiaca	Board Flyport, sensor de temperatura, sensor frecuencia cardiaca,	
	Detección de mosquitos	Sensor detección de mosquitos, galileo Gen2 board, máquina de mosquitos, servidor,	
		aplicación Android,	
	Monitoreo y control (purificación) de la calidad del aire dentro de la vivienda	Sensor de monóxido de carbono, sistema NFC, placa de desarrollo con núcleo STM32 (Gateway), Heat Recovery Ventilators – HVC (ventilador de recuperación de calor)	
IoT para el confort en la vivienda	Monitoreo ambiental (temperatura)	Sensor de temperatura y humedad DTH11, ZigBee, Gateway OK6410, termostato, Arduino,	
	Control de dispositivos electrónicos	Relés, Arduino, infrarrojos, Wifi ESP8266, IR Sender, Raspberry Pi, ,	
	Control y graduación de la iluminación	Sensor de luz, Wifi ESP8266, Raspberry pi,	

Optimización del flujo de consumo de agua en las viviendas	Monitoreo del consumo de agua de las instalaciones hidrosanitarias de la vivienda	PLC, Arduino nano, relés, medidores de flujo de agua, electroválvulas	
--	---	---	---

Fuente: elaboración propia a partir de la información de la tabla 4.

4. Discusión

Implementar sistemas inteligentes basados en el concepto de IoT puede ser una oportunidad para aquellas personas que incursionan estudios de electrónica y desarrollo de aplicaciones móviles. Con la masificación de dispositivos de IoT en el mercado, es posible desarrollar aplicaciones de IoT a bajo costo. Sensores, placas electrónicas, módulos de comunicación inalámbrica, entre otros; son dispositivos que pueden hacer de una vivienda un espacio inteligente. De igual forma, existen herramientas de desarrollo móvil que se pueden descargar de manera gratuita para el desarrollo de interfaces, donde se puede hacer un Click y es posible controlar su vivienda desde cualquier lugar dentro de la vivienda o fuera de ella.

Sin embargo, hay un tema que hay que abordar y es el tema de normativas, las cuales no existen para el despliegue de sensores o actuadores de IoT dentro de una vivienda o edificación residencial. Existen algunas normas o estándares para sistemas domóticos comerciales con una trayectoria en el mercado con certificado de calidad de conformidad del producto que pueden ser instalados y cumplen con estándares de calidad al implementarlos en la construcción de una vivienda o edificación residencial. Entre los organismos mas conocidos se encuentra el Comité Europeo de Normalización – CEN, la Asociación Española de Domótica CEDOM, el organismo UNE, CELENEC, AENOR entre otras.

En Colombia, desplegar dispositivos de IoT de manera artesanal (conexiones indebidas para la alimentación de energía, instalar cableado en paralelo con el sistema eléctrico, dejar los dispositivos por fuera sin tener en cuenta su ubicación) es un rechazo técnico en el momento de expedir un certificado en instalaciones de servicios o sistema que hacen parte de la construcción de una vivienda. Para el caso del certificado RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) no permite realizar conexiones sin que cumplan con el debido reglamento. De hecho, no existe salidas de alimentación para sistemas inteligentes.

El Internet de las Cosas, es un mercado que ofrece oportunidad en los diferentes sectores de la industria, optimizando procesos de producción, generando nuevos empleos; sin embargo, hasta que no exista una normativa no es posible hacer realidad el despliegue de dispositivos como lo tiene previsto empresas como CISCO para el año 2025.

5. Conclusiones

En la presente revisión de la literatura se puede concluir que en los últimos años existe gran interés por desarrollar sistemas inteligentes basados en el concepto de Internet de las Cosas para viviendas y edificaciones residenciales. Los autores apostaron en desarrollar sistemas de IoT en el dominio de confort para las personas a través de aplicaciones de encendido y apagado de iluminación, pensando en optimizar recursos energéticos. Sin embargo, el concepto de Internet de las cosas va más allá de tener control de una luminaria. No existe una norma u orientaciones que permita desplegar dispositivos de IoT en escenarios reales en este caso para viviendas, sin alterar los demás sistemas que hacen parte de una construcción de una vivienda o edificación residencial.

Trabajos a futuro

Constituir un organismo o iniciar un emprendimiento de normativas que permita dar viabilidad y visibilidad al concepto de Internet de las Cosas, de manera que la transferencia tecnológica de las instituciones de educación superior sea comercializada a través de Spin Off, brindando un modelo de negocio para estudiantes, egresados y docentes como otra oportunidad de generar nuevos ingresos. Lo anterior, incentiva a las universidades y estudiantes a investigar y promover ciudades inteligentes con sistemas de bajo costo de base tecnológica desde la academia.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración de todos los socios dentro del proyecto Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT). Los autores también desean agradecer a todas las instituciones que apoyaron este trabajo: el Ministerio de Tecnología de la Información y Comunicaciones –MinTIC de Colombia.

Referencias

- [1] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, “La Domótica como solución de futuro,” 2007. [Online]. Available: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/la-domotica-como-solucion-de-futuro-fenercom.pdf>. [Accessed: 30-Jul-2018].
- [2] J. C. Cuevas, J. Martínez, and P. Merino, “El Protocolo x10: Una solución Antigua a Problemas actuales *,” 2002.
- [3] E. García-S. Matachana, F. J. Lopez Peñalver, and F. J. L. Peñalver, “State of the art of construction technology,” *Inf. la Construcción*, vol. 56, no. 494, pp. 19–26, Dec. 2004.
- [4] R. Hernández Balibrea, “Tecnología domótica para el control de una vivienda. (Home Automation technology for the control of a house.),” Cartagena, 2012.
- [5] Telefónica, *Libro Blanco del Hogar Digital y las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones*. 2003.
- [6] E. García, -S Matachana, I. Superior, I. Francisco, and J. L. Peñalver, “El estado del arte de la tecnología al servicio al de la construcción,” 2004.
- [7] J. M. Huidobro and R. J. Millán Tejedor, *Manual de domótica*. Creaciones Copyright, 2010.
- [8] ITU, “The Internet of Things,” 2005.
- [9] N. Alam, P. Vats, and N. Kashyap, “Internet of Things: A literature review,” in *2017 Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE)*, 2017, pp.

192–197.

- [10] A. Osseiran, O. Elloumi, J. Song, and J. F. Monserrat, “Internet of Things,” *IEEE Commun. Stand. Mag.*, vol. 1, no. 2, pp. 84–84, 2017.
- [11] Francisco González, “Información corporativa BBVA,” 21-Sep-2016. [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/informacion-corporativa/>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [12] G. Angel, “OCDE -Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos,” 1961. [Online]. Available: <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>. [Accessed: 12-Jul-2017].
- [13] BBVA Innovación Center, “Infografía: Internet de las Cosas, un hogar conectado | Centro de Innovación BBVA,” 2015. [Online]. Available: <http://www.centrodeinnovacionbbva.com/infografia/infografia-internet-de-las-cosas-un-hogar-conectado>. [Accessed: 12-Jul-2017].
- [14] Universidad Autónoma de Querétaro, “Universidad Autónoma de Querétaro.” [Online]. Available: <https://www.uaq.mx/>. [Accessed: 02-Aug-2018].
- [15] Israel Pérez Valencia, “mipatente,” 2017. [Online]. Available: <https://www.mipatente.com/construiran-centro-de-desarrollo-de-tecnologias-para-la-vivienda-en-queretaro/>. [Accessed: 02-Aug-2018].
- [16] MINTIC, “CEA-IoT | Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas,” 2015. [Online]. Available: <http://www.cea-iot.org/#>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [17] A. Dimitrios, G. Vasileios, G. Dimitrios, and C. Ioannis, “Employing Internet of Things technologies for building automation,” in *Proceedings of 2012 IEEE 17th International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA 2012)*, 2012, pp. 1–8.
- [18] I.-I. Patru, M. Carabas, M. Barbulescu, and L. Gheorghe, “Smart home IoT system,” in *2016 15th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research*, 2016, pp. 1–6.
- [19] S. Bandara, T. Yashiro, N. Koshizuka, and K. Sakamura, “Access control framework for API-enabled devices in smart buildings,” in *2016 22nd Asia-Pacific Conference on Communications (APCC)*, 2016, pp. 210–217.
- [20] S. Dey, A. Roy, and S. Das, “Home automation using Internet of Thing,” in *2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 2016, pp. 1–6.
- [21] P. S. Nagendra Reddy, K. T. Kumar Reddy, P. A. Kumar Reddy, G. N. Kodanda Ramaiah, and S. N. Kishor, “An IoT based home automation using android application,” in *2016 International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPEs)*, 2016, pp. 285–290.
- [22] G. Chong, L. Zhihao, and Y. Yifeng, “The research and implement of smart home system based on Internet of Things,” in *2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)*, 2011, pp. 2944–2947.
- [23] S. N. Han, Q. H. Cao, B. Alinia, and N. Crespi, “Design, implementation, and evaluation of 6LoWPAN for home and building automation in the Internet of Things,” in *2015 IEEE/ACS 12th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)*, 2015, pp. 1–8.
- [24] N. Vikram, K. S. Harish, M. S. Nihaal, R. Umesh, A. Shetty, and A. Kumar, “A Low Cost Home Automation System Using Wi-Fi Based Wireless Sensor Network Incorporating Internet of Things (IoT),” in *2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*, 2017, pp. 174–178.
- [25] D. P. F. Moller and H. Vakilzadian, “Ubiquitous networks: Power line communication and

- Internet of things in smart home environments,” in *IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, 2014, pp. 596–601.
- [26] Gabriel E. Flórez G., “Colombia descrestó con casa inteligente y logró certificado - eltiempo.com,” 2015. [Online]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15943795>. [Accessed: 03-Aug-2018].
- [27] Y. C. Zhuoqun Yang, Zhi Li, Zhi Jin, “Protocol for a Systematic Literature Review of Requirements Modeling and Analysis for Self-adaptive Systems,” *Springer Int.*, vol. 8396, p. 17, 2104.
- [28] The Institution of Engineering and Technology, “IEEE Xplore digital library - The IET,” 2018. [Online]. Available: <https://www.theiet.org/resources/library/virtual-library/IEEE/index.cfm>. [Accessed: 04-Aug-2018].
- [29] Biblioteca San Juan de Dios, “¿Qué es Scopus? ¿Y para qué sirve? - Biblioteca San Juan de Dios,” 2018. [Online]. Available: <http://bibliosjd.org/2018/01/24/scopus-que-es-para-que-sirve/#.W2Ztcy3SFt8>. [Accessed: 05-Aug-2018].
- [30] Y. Jiang, X. Liu, and S. Lian, “Design and Implementation of Smart-Home Monitoring System with the Internet of Things Technology,” Springer, New Delhi, 2016, pp. 473–484.
- [31] D.-L. Wang, “The Internet of Things the Design and Implementation of Smart Home Control System,” in *2016 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS)*, 2016, pp. 449–452.
- [32] L. Liu, C. Lian, Y. Ma, D. He, J. Li, and T. Li, “Design and Implementation of Intelligent Outlet System Based on Android and Wifi,” Springer, Cham, 2018, pp. 290–299.
- [33] D. Pishva, “Internet of Things: Security and privacy issues and possible solution,” in *2017 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2017, pp. 797–808.
- [34] S. Sasidharan, A. Somov, A. R. Biswas, and R. Giaffreda, “Cognitive management framework for Internet of Things: — A prototype implementation,” in *2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 2014, pp. 538–543.
- [35] A. Razaque, P. Oddo, F. H. Amsaad, M. Sangavikar, S. Manchikatla, and Niraj, “Power reduction for Smart Homes in an Internet of Things framework,” in *2016 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, 2016, pp. 0117–0121.
- [36] A. Mckeown, H. Rashvand, T. Wilcox, and P. Thomas, “Priority SDN Controlled Integrated Wireless and Powerline Wired for Smart-Home Internet of Things,” in *2015 IEEE 12th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence and Computing and 2015 IEEE 12th Intl Conf on Autonomic and Trusted Computing and 2015 IEEE 15th Intl Conf on Scalable Computing and Communications and Its Associated Workshops (UIC-ATC-ScalCom)*, 2015, pp. 1825–1830.
- [37] Zhangjinglu and Chenlili, “The Internet of Things the Design and Implementation of Smart Home Control System,” in *2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City*, 2015, pp. 876–879.
- [38] P.-C. Lin, “Optimal smart gateway deployment for the Internet of Things in smart home environments,” in *2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 2015, pp. 273–274.
- [39] Y. Kim and Y. Lee, “Automatic Generation of Social Relationships between Internet of Things in Smart Home Using SDN-Based Home Cloud,” in *2015 IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, 2015, pp. 662–667.
- [40] M. S. Kamal, S. Parvin, K. Saleem, H. Al-Hamadi, and A. Gawanmeh, “Efficient low cost

- supervisory system for Internet of Things enabled smart home,” in *2017 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, 2017, pp. 864–869.
- [41] K. Moser, J. Harder, and S. G. M. Koo, “Internet of things in home automation and energy efficient smart home technologies,” in *2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2014, pp. 1260–1265.
- [42] A. G. Ismaeel and M. Q. Kamal, “Worldwide auto-mobi: Arduino IoT home automation system for IR devices,” in *2017 International Conference on Current Research in Computer Science and Information Technology (ICCCIT)*, 2017, pp. 52–57.
- [43] Y. Ashibani, D. Kauling, and Q. H. Mahmoud, “A context-aware authentication framework for smart homes,” in *2017 IEEE 30th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, 2017, pp. 1–5.
- [44] X. Hong, C. Yang, and C. Rong, “Smart Home Security Monitor System,” in *2016 15th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPDC)*, 2016, pp. 247–251.
- [45] P. Gupta and J. Chhabra, “IoT based Smart Home design using power and security management,” in *2016 International Conference on Innovation and Challenges in Cyber Security (ICICCS-INBUSH)*, 2016, pp. 6–10.
- [46] C. Yang, E. Mistretta, S. Chaychian, and J. Siau, “Smart Home System Network Architecture,” Springer, Cham, 2017, pp. 174–183.
- [47] S. A. Patil and V. Pinki, “Home Automation Using Single Board Computing as an Internet of Things Application,” Springer, Singapore, 2017, pp. 245–253.
- [48] F. Ramparany, M. Thalgott, S. Bolle, and S. Martin, “Exploiting Data Analytics for Home Automation Services,” in *2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, 2016, pp. 228–234.
- [49] H.-R. Wang, C.-Y. Hsu, T.-R. Jian, and A.-Y. Chen, “On the Design and Implementation of an Innovative Smart Building Platform,” in *2016 International Conference on Networking and Network Applications (NaNA)*, 2016, pp. 404–409.
- [50] P. Masek, R. Fujdiak, K. Zeman, J. Hosek, and A. Muthanna, “Remote networking technology for IoT: Cloud-based access for AllJoyn-enabled devices,” in *2016 18th Conference of Open Innovations Association and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology (FRUCT-ISPIT)*, 2016, pp. 200–205.
- [51] L. Y. Mano *et al.*, “Exploiting IoT technologies for enhancing Health Smart Homes through patient identification and emotion recognition,” *Comput. Commun.*, vol. 89–90, pp. 178–190, Sep. 2016.
- [52] T. Adiono, R. V. W. Putra, M. Y. Fathany, M. A. Wibisono, and W. Adijarto, “Smart home platform based on optimized wireless sensor network protocol and scalable architecture,” in *2015 9th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)*, 2015, pp. 1–5.
- [53] A. Wilde, O. Ojuroye, and R. Torah, “Prototyping a voice-controlled smart home hub wirelessly integrated with a wearable device,” in *2015 9th International Conference on Sensing Technology (ICST)*, 2015, pp. 71–75.
- [54] C. Cheuque, F. Baeza, G. Marquez, and J. Calderon, “Towards to responsive web services for smart home LED control with Raspberry Pi. A first approach.,” in *2015 34th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*, 2015, pp. 1–4.
- [55] X. Mao, K. Li, Z. Zhang, and J. Liang, “Design and implementation of a new smart home control system based on internet of things,” in *2017 International Smart Cities Conference*

- (ISC2), 2017, pp. 1–5.
- [56] S. Ilieva, A. Penchev, and D. Petrova-Antonova, “Internet of Things Framework for Smart Home Building,” Springer, Cham, 2016, pp. 450–462.
- [57] W. Hlaing, S. Thepphaeng, V. Nontaboot, N. Tangsunantham, T. Sangsuwan, and C. Pira, “Implementation of WiFi-based single phase smart meter for Internet of Things (IoT),” in *2017 International Electrical Engineering Congress (iEECON)*, 2017, pp. 1–4.
- [58] T. A. Abdulrahman, O. H. Isiwekpeni, N. T. Surajudeen-Bakinde, and A. O. Otuoze, “Design, Specification and Implementation of a Distributed Home Automation System,” *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 94, pp. 473–478, 2016.
- [59] M. Kalochristianakis, D. Katrinakis, G. Atsali, A. Malamos, T. Manios, and S. Panagiotakis, “HOLISTIC: An IoT system for residential water recycling based on open source technologies,” in *2016 International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU)*, 2016, pp. 1–6.
- [60] M. Mrinal, L. Priyanka, M. Saniya, K. Poonam, and A. B. Gavali, “Smart home — Automation and security system based on sensing mechanism,” in *2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, 2017, pp. 1–3.
- [61] T. Malche and P. Maheshwary, “Internet of Things (IoT) for building smart home system,” in *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2017, pp. 65–70.
- [62] D.-M. Han and J.-H. Lim, “Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 56, no. 3, pp. 1417–1425, Aug. 2010.
- [63] K. Bing, L. Fu, Y. Zhuo, and L. Yanlei, “Design of an Internet of Things-based smart home system,” in *2011 2nd International Conference on Intelligent Control and Information Processing*, 2011, pp. 921–924.
- [64] D. Pavithra and R. Balakrishnan, “IoT based monitoring and control system for home automation,” in *2015 Global Conference on Communication Technologies (GCCT)*, 2015, pp. 169–173.

Sobre los autores

José Y. García H.

Asistente investigador del Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas, CEA- IoT. Estudiante de maestría en Telemática en la Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB. Especialista en Telecomunicaciones (2014) de la Universidad Industrial de Santander – UIS e Ingeniero de Sistemas (2013) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia Extensión Bucaramanga.