

Definición de Arquitectura de Software para el Internet de las Cosas

TATIANA SUAREZ ACELAS

JUAN CARLOS GARCIA OJEDA

UNIVERSITARIA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

INTRODUCCIÓN

Desde que nació la primera conexión entre computadoras ubicadas en distintos puntos geográficamente, nadie pudo dimensionar el gran crecimiento que tendría el Internet. El internet ha reinventado constantemente la forma como nos comunicamos, la forma de trabajar, de aprender, de vivir. Actualmente es cada vez más fuerte el uso de Internet por parte de las personas y como lo han involucrado a su día a día. Con el paso de los años hemos visto las fases que ha tenido el Internet, primero la WWW en los años 90 e Internet móvil en el 2000, actualmente se ha iniciado una tercera fase mucho más revolucionaria llamada el Internet de las Cosas o *Internet of Things* (IoT).

IoT hace referencia a tener un mundo conectado en todo el sentido de la palabra donde no solo seres humanos si no también objetos físicos, puedan interactuar en el mismo lugar y tiempo por medio de sensores que permitirán extraer información de los objetos, para poder reaccionar automáticamente a ciertos eventos del mundo físico y/o real ejecutando acciones que satisfagan un servicio determinado.¹

¹ CLUSTER ICT – Audiovisual de Madrid. Internet de las cosas: Objetos interconectados y dispositivos inteligentes. [en línea] Disponible en:

Esta nueva evolución del Internet implicara una estructura que soporte entornos inteligentes. El propósito del desarrollo de este proyecto es proponer una arquitectura basada en la captura, almacenamiento y procesamiento de los datos que soporte estos entornos y que sea adaptable según las necesidades del usuario.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el Internet se ha convertido en un recurso y/o herramienta esencial para nuestra vida cotidiana, si bien podríamos vivir sin él, el hecho de poder mantener una comunicación en tiempo real, a bajo costo con cualquier parte del mundo – solo por tener un ejemplo - hace que sea casi que imprescindible o de gran importancia para cada persona. Esto es tan solo un pequeño aspecto de lo que hoy conocemos como la Internet del Futuro, la cual está compuesta por diferentes tipos de Internet. En primer lugar, vemos como el Internet poco a poco ha cobrado mayor importancia en la vida de las individuos, enfocándose en la transmisión de información y la interacción entre si convirtiéndose en el Internet para las personas, trayendo consigo la necesidad de mantenerse conectados desde cualquier lugar, fortaleciendo así un aspecto de movilidad que garantiza una mejor experiencia a los usuarios. En segundo lugar, tenemos el Internet del conocimiento el cual apunta a ser una red de trabajo colaborativo, generando nuevo conocimiento en todos los campos de la sociedad y por supuesto que dicho conocimiento sea accesible a todas las personas para poder contribuir a una mejor calidad en su educación. Por último, se hace necesario tener disponible como un servicio en Internet, todo lo que

<https://actualidad.madridnetwork.org/imgArticulos/Documentos/635294387380363206.pdf> [citado en Marzo de 2013]

necesitamos para usar aplicaciones de software, como el propio software, herramientas de desarrollo y plataformas de almacenamiento para ejecutar programas, esto lo conocemos como el Internet de los servicios.

El Internet ha cubierto varios ejes claves como lo son las personas, el conocimiento, los servicios, pero no podemos olvidar las cosas u objetos que nos rodean los cuales también forman parte de nuestra cotidianidad y deben formar parte también del Internet del Futuro. Es por esto que poco a poco el término de Internet de las cosas ha ido tomando más fuerza durante los últimos años.

La tecnología tiene el potencial para mejorar nuestras vidas, pero también ayuda a la gente a vivir de forma más productiva, sana y segura. El Internet de las cosas es lo que unirá el Internet y las cosas para saber dónde están, para monitorizar, para saber cuándo están fallando. Se trata de traer todo el poder del Internet al mundo real para que todos podamos administrar de manera más eficiente todas las cosas que tenemos. Nuestras computadoras no saben nada del mundo que las rodea solo saben lo que nosotros introducimos por medio del teclado, pero es necesario añadir sensores en las cosas para que las computadoras puedan entender el mundo a su alrededor.

El termino en sí “Internet de las Cosas” fue mencionado por primera vez por Kevin Ashton en una conferencia en la compañía Procter & Gamble en 1998: *“Adicionando identificación por radio frecuencia y otros sensores a objetos cotidianos, crearemos un Internet de las Cosas y se sentaran las bases de una nueva era de percepción*

*de la maquina*² es decir permitir que las cosas se comuniquen para que tengamos una mejor vida.

El Internet de las cosas busca darle identidad a los objetos, interconectarlos e integrarlos en la red, otorgándoles un papel en el Internet del Futuro, permitiéndoles intercambiar información sin la necesidad de interacción humana. Ningunas de estas interacciones necesitan ser verbales o comprensibles por un ser humano, pero necesitan ser estandarizadas y comprensibles por cualquier dispositivo que necesite intercambiar dicha información.³

El incremento de la cantidad de datos que serán capturados por medio de los sensores incrustados en dispositivos y cosas de nuestro entorno así como el almacenamiento y transmisión de los mismos traen consigo ciertos retos o riesgos que se deben superar para lograr una correcta implantación de la tecnología.

De forma general podemos hablar en primera medida de la Privacidad. Hablamos de miles de millones de objetos conectados a internet alrededor del mundo los cuales por medio de los sensores estarán capturando datos del entorno propio del objeto así como del entorno que los rodea y de las personas. Actualmente ha aumentado el hecho de proteger a las personas del uso ilegal de datos o información

² SANTUCCI, Gérald. Cordis Europea: Paper for International Conference on FutureTrends of the Internet. From Internet of Data to Internet of Things. [en línea] Disponible en: http://cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/enet/20090128-speech-iot-conference-lux_en.pdf [citado el 28 de Enero del 2009]

³ GASCÓN, Juan. Cintel Proyectos TIC Innovadores: Revista Colombiana de Telecomunicaciones. Internet del Futuro: La convergencia como factor clave para la evolución tecnológica. [en línea] Disponible en: http://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/RCT_53.pdf [citado en Agosto de 2009]

personal y confidencial pero a pesar de todas las medidas que se han adoptado es casi imposible proteger completamente todas las nuevas formas que surgen día a día para capturar datos de forma ilegal. Con el IoT, los datos se duplicaran y triplicaran por eso es uno de los principales retos que tiene actualmente el Internet de las Cosas.

En segunda medida hablamos de Seguridad. Si bien la automatización y sistematización permite capturar y procesar ciertos datos para tomar decisiones inteligentes y eficientes en un entorno industrial o personal, abre también una nueva puerta para que piratas informáticos ingresen a nuestro sistema y use dicha información para actuar de forma indebida. Y en tercer lugar hablamos de la Responsabilidad. ¿Hasta qué punto un objeto conectado a internet debe tomar una decisión que afecta a un individuo de forma positiva pero está afectando a otro de forma negativa? Una serie de objetos interconectados forman parte de una red inteligente y esta a su vez hace uso de los datos capturados por cada objeto para ejecutar un proceso específico. ¿Qué pasa si no obtenemos el resultado esperado de dicho proceso? ¿Cuál de los dispositivos asume la responsabilidad si algo falla?

En efecto, la protección de la infraestructura es uno de los aspectos más interesantes de la IoT. Sin embargo, al volcar cada vez más nuestros sistemas críticos de infraestructura y seguridad a los objetos de IoT, corremos el riesgo de que se produzca una catástrofe si estos objetos fallan.⁴

⁴ DUBRAVAC, Shawn; RATTI, Carlos. American International Group, Inc: Internet de las Cosas: Evolución o revolución?. Riesgos de la IoT: Responsabilidad [en línea] Disponible en: <http://www.aig.com/content/dam/aig/america-canada/us/documents/brochure/aig-iot-spanish-report.pdf> [citado en Diciembre del 2015]

2. JUSTIFICACIÓN

Según diferentes análisis de la industria de tecnología se estima que hay alrededor de 15 mil millones de “objetos” conectados a internet y en uso en la actualidad. Todo este entorno de cosas conectadas es la base del Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT). Aunque es una gran cifra, se espera que aproximadamente en cinco años este número sea insignificante comparado con la cantidad de objetos que estarán conectados, que se calcula ascenderá a 40 mil y 50 mil millones, incluyendo cosas desde un lapicero, ropa, carros, electrodomésticos y equipos industriales.

Si bien, el Internet de las cosas proporciona muchos beneficios y aspectos positivos para la cotidianidad, también trae consigo muchos retos y aspectos a cubrir para garantizar la eficiencia, procesamiento, almacenamiento y seguridad de los datos que serán capturados por medio de dispositivos u objetos conectados a Internet. Dentro de los retos a cubrir podemos encontrar: (1) Errores en la medición y precisión de los datos recolectados; (2) Calidad en la comunicación y procesamiento de los datos; y (3) Granularidad de las observaciones y mediciones en ambas dimensiones espaciales y temporales.⁵

Analizando de forma más profunda todos los retos que trae consigo el Internet de las Cosas con el fin de garantizar la calidad de los datos generados en una red Inteligentes encontramos el siguiente resumen:

⁵ BARNAGHI, Payam; BERMUDEZ-EDO, Maria & TONJES, Ralf. ACM Journal Data Information Quality. Challenges for Quality of Data in Smart Cities. [en línea] Disponible en: http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/P.Barnaghi/doc/QoI_v.3.pdf [citado en Julio del 2005)

Tabla 1. Resumen de los principales problemas y desafíos

PROBLEMAS		RETOS
Tipo de Problema	Problema	
Calidad de la Información	Precisión	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo adaptativo • Calibración del dispositivo • Exactitud dispositivo
	Exactitud	<ul style="list-style-type: none"> • Filtrado de ruido y procedencia de procesamiento.
	Granularidad	<ul style="list-style-type: none"> • Interpolación y densidad espacio-temporal
Características de los Datos	Volumen y Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • sss
	Variedad	<ul style="list-style-type: none"> • Semántica interoperable y dinámica.
Restricciones		<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento y comunicación de almacenamiento jerárquico y

Fuente: Challenges for Quality of Data in Smart Cities⁶

Varios avances tecnológicos recientes han permitido la aparición del IoT, tales como las redes de sensores inalámbricas, comunicaciones móviles y la computación ubicua. Sin embargo, todavía hay una serie de retos que hay que superar para aprovechar la amplia difusión de este paradigma, especialmente en relación con el desarrollo de aplicaciones y una alta heterogeneidad debido a la inherente diversidad de tecnologías de hardware y software que el medio ambiente.

Es por esto que debido a la heterogeneidad del Internet de las Cosas, la cual abarca dispositivos con diferentes capacidades, funcionalidad y protocolos de red y a la falta de estandarización para garantizar la interoperabilidad de los mismos se hace necesario plantear una arquitectura de referencia basada en la captura,

⁶ BARNAGHI, Payam; BERMUDEZ-EDO, Maria & TONJES, Ralf. ACM Journal Data Information Quality. Challenges for Quality of Data in Smart Cities. [en línea] Disponible en: http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/P.Barnaghi/doc/QoI_v.3.pdf [citado en Junio del 2015)

almacenamiento y procesamiento de los datos que permita (1) apoyar eficientemente la heterogeneidad y dinámica de los entornos de Internet de las cosas; (2) proporcionar abstracciones sobre los dispositivos físicos y los servicios a las aplicaciones y usuarios; (3) proporcionar gestión de dispositivos y mecanismos de descubrimiento; (4) permitir la conexión de estos dispositivos a través de la red; (5) administrar grandes volúmenes de datos; y (6) abordar cuestiones de seguridad y escalabilidad. ⁷.

3. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

Se realizó una investigación sobre proyectos similares desarrollados en torno al tema en cuestión de la presente contribución.

- **PROPUESTA DE UNA ARQUITECTURA DE RED BASADA EN INTERNET DE LAS COSAS PARA LA INTEGRACIÓN UBICUA DE ENTORNOS CLINICOS CON SOPORTE ESCALABLE A LA SEGURIDAD Y LA MOVILIDAD⁸**

⁷ CAVALCANTE, Everton; PITANGA ALVES, Marcelo; BATISTA, Thais; DELICATO, Flavia C & PIRES, Paulo. F. Research Gate: Proceedings of CobRA 2015 - 1st International Workshop on Exploring Component-Based Techniques for Constructing Reference Architectures. An Analysis of Reference Architectures for the Internet of Things. [En línea] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275960674_An_analysis_of_reference_architectures_for_the_Internet_of_Things [Citado el 06 de Mayo de del 2015]

⁸ JARA VALERA, Antonio Jesús. Universidad de Murcia: Facultad de Informática, Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones. Propuesta de una arquitectura de red basada en el internet de las cosas para la integración ubicua de entornos clínicos con soporte escalable a la seguridad y la movilidad: Tesis doctoral [en línea] Disponible en: <https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/36978/1/Documento%20Tesis.pdf> [citado el 08 de Abril de 2013]

Autor: Antonio Jesús Jara Valera. Universidad de Murcia

Año: 2013

Ubicación: Murcia, España.

“La arquitectura de comunicación para entornos clínicos ha sido evaluada exhaustivamente para enfermedades crónicas como la diabetes, la monitorización continua de enfermedades cardíacas, adherencia y seguimiento del tratamiento, y finalmente en el contexto del proyecto AIRE, para paciente con problemas respiratorios. Internet de las cosas es considerado uno de los mayores avances en las tecnologías de la comunicación durante los últimos años. Internet de las cosas ofrece los pilares para el desarrollo de aplicaciones y servicios colaborativos. Muchos trabajos se están llevando a cabo para la aplicación del Internet de las cosas en otras áreas como automatización de edificios, transportes, y en particular para entornos clínicos.

El potencial del Internet de las cosas para entornos clínicos ha sido presentado en esta tesis, presentando las capacidades de las tecnologías de identificación para la identificación de medicamentos, y las capacidades de comunicación para ofrecer terapia de forma ubicua y móvil, a través de las capacidades de conectividad inalámbrica y movilidad para dispositivos personales y objetivos inteligentes, permitiendo la recolección de datos en cualquier lugar y en cualquier momento. Esta tesis ha desarrollado los componentes clave para explotar la capacidades descrita de Internet de las cosas in construir una arquitectura de comunicación para ofrecer salud personalizada en el entorno del paciente. A este respecto, la arquitectura

busca la extensión de esos entornos personales a entornos clínicos. De esa manera una integración de entornos clínico de forma ubicua, segura y móvil es alcanzada.”

- **ESTUDIO DE ARQUITECTURAS SOFTWARE PARA SERVICIOS DE INTERNET DE LAS COSAS.⁹**

Autor: Samuel Moreno. Universidad Politécnica de Madrid

Año: 2015

Ubicación: Madrid, España

“Este trabajo final de grado se centra en el estudio de las arquitecturas orientadas a eventos, contrastándolas con el resto de los principales patrones arquitectónicos. Esta comparación se ha efectuado atendiendo a los requisitos no funcionales de cada uno, como, por ejemplo, la seguridad frente a amenazas externas. Asimismo el objetivo principal es el estudio de arquitecturas EDA (Event-Drive-Architecture) y su relación con la red de Internet de las Cosas, que permite a cualquier dispositivo acceder a los servicios desplegados en esa red mediante Internet. El objeto del trabajo de grado es observar y verificar las ventajas de esta arquitectura, debido a su carácter de tipo inmediato, mediante el envío y recepción de mensajes en tiempo real y de forma asíncrona. También se ha realizado un estudio del estado del arte de estos patrones de arquitectura de software, así como de la red de Internet de las cosas y sus servicios.”

⁹ MORENO SAIZ, Samuel. Universidad Politécnica de Madrid: Escuela técnica superior de ingenieros de telecomunicaciones. Trabajo final de grado: Estudio de arquitecturas software para servicios de Internet de las Cosas [en línea] Disponible en: http://oa.upm.es/37339/7/PFC_SAMUEL_MORENO_SAIZ_2015.pdf [citado el 31 de Agosto de 2015]

- **UNA ARQUITECTURA PUB-HUB PARA EL INTERNET DE LAS COSAS.**¹⁰

Autor: Agustin Iannicelli. Universidad Nacional de la Plata

Año: 2015

Ubicación: Buenos Aires, Argentina.

En el contexto de Internet de las Cosas, donde los objetos contarán incrementalmente con la capacidad de conectarse y compartir información, es necesario una arquitectura publish-to-hub que tiene como objetivo extender los beneficios de la comunicación publish-subscribe a dispositivos físicos que cuenten con recursos de computación y comunicación limitados tal cual sucede con los objetos que integran Internet de las Cosas. El esquema donde uno de los componentes (el “Hub”) recibe todas las peticiones de los clientes que deseen publicar alguna información. Las entidades (dispositivos y aplicaciones de software) de la red local que estén interesadas en alguno de los temas pueden suscribirse al tema específico para recibir actualizaciones de información.

El trabajo aporta la extensión de una arquitectura pub-hub para permitir la publicación y suscripción de canales descriptos a partir de combinaciones de tags arbitrarios basados en lenguaje natural, el descubrimiento del hub en la red y la comunicación server push a objetos de la red.”

¹⁰ LANNICELLI, Agustín. Universidad Nacional de la Plata: Facultad de Informática. Tesina de Licenciatura: Una arquitectura PUB-HUB para la Internet de las cosas [en línea] Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48086/Documento_completo.pdf?sequence=1 [citado en Mayo de 2015]

- **ARQUITECTURA DE SEGURIDAD LIGERA PARA EL INTERNET DE LAS COSAS BASADA EN HIMMO¹¹**

Autor: José Luis Torre Arce. Universidad de Cantabria

Año: 2015

Ubicación: Cantabria, España

“El Internet de las cosas carece de una arquitectura de seguridad que sea capaz de conceder la escalabilidad, un buen rendimiento, y cuántica de seguridad mientras que también cumpla con las restricciones apretadas que este escenario presenta en términos de potencia de computación, disponibilidad de la memoria, y consumo de energía. Para hacer frente a este problema, es necesario:

- Hacer una descripción general de los requisitos de seguridad del Internet de las cosas.
- Arquitectura de seguridad adecuada que tenga en cuenta los requisitos anteriores.
- Implementación portable que se pueda integrar fácilmente en los protocolos estándar mientras que sea eficiente.

Proponemos una nueva arquitectura de seguridad para el Internet de las Cosas basados en HIMMO que es capaz de hacer frente a estos problemas. Para ello, se analiza el escenario del Internet de las cosas y se presenta una lista de requerimientos que una arquitectura de seguridad del Internet de las cosas debería

¹¹ TORRE ARCE, José Luis. Universidad de Cantabria: Escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicación. Trabajo fin de grado: Arquitectura de seguridad ligera para el Internet de las Cosas basada en HIMMO. [en línea] Disponible en: <http://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/7228> [citado en Julio de 2015]

cumplir, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de un dispositivo desde el momento en que es fabricado. Con base en este análisis, diseñamos una arquitectura de seguridad para el Internet de las cosas y su implementación de software. Creamos una aplicación de software para las criptografías primitivas utilizadas en nuestra arquitectura de manera que puedan ser utilizadas en el futuro para probar su desempeño en diferentes escenarios. Por último, se presentan los resultados de rendimiento que apoyan nuestra afirmación de que nuestra solución es factible bajo las limitaciones de los dispositivos del Internet de las cosas”

- **ARQUITECTURA DE SOFTWARE DE REFERENCIA PARA OBJETOS INTELIGENTES EN INTERNET DE LAS COSAS¹²**

Autor: Ariel Segura. Universidad Nacional de Lanus

Año: 2015

Ubicación: Buenos Aires, Argentina.

“La solución propuesta es una arquitectura de software para objetos inteligentes. Dicha solución presenta dos componentes: una arquitectura de software en capas que posee todos los componentes que un objeto inteligente necesita, presentándose a la misma en un vistazo general y luego en detalle, y un conjunto de vistas arquitectónicas que permiten tener diferentes perspectivas de la arquitectura propuesta y, por ende, del objeto inteligente, mostrando cómo se relacionan los componentes” La arquitectura del proyecto está inspirada en el

¹² SEGURA, Apu Ariel. Universidad Nacional de Lanus: Departamento de desarrollo productivo y tecnológico. Arquitectura de Software de referencia para objetos inteligentes en internet de las cosas: Trabajo Final de Licenciatura de Sistemas [en línea] Disponible en: <http://sistemas.unla.edu.ar/sistemas/gisi/TFLS/Segura-TFL.pdf> [citado en Diciembre del 2015]

modelo propuesto por Microsoft Patterns & Practices Team para sistemas distribuidos.

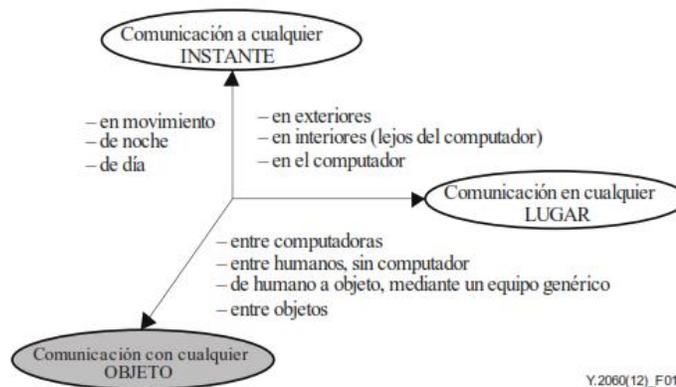
4.2. MARCO TEORICO

4.2.1. ¿Qué es y cuando nace el Internet de las Cosas?

Internet de las Cosas (IoT) puede considerarse un concepto ambicioso con repercusiones tecnológicas y sociales. Desde la perspectiva de la normalización técnica, IoT puede concebirse como una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) presentes y futuras. Aprovechando las capacidades de identificación, adquisición de datos, procesamiento y comunicación, IoT utiliza plenamente los "objetos" para ofrecer servicios a todos los tipos de aplicaciones, garantizando a su vez el cumplimiento de los requisitos de seguridad y privacidad.¹³

Figura 1. La nueva dimensión que introduce Internet de los Objetos

¹³ UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Sector de Normalización de las Telecomunicaciones. Serie y: infraestructura mundial de la Información, aspectos del protocolo Internet y redes de la próxima generación. Descripción general de Internet de los objetos: Recomendación UIT-T Y.2060 [en línea] Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-l/es> [citado el 15 de Junio de 2012]



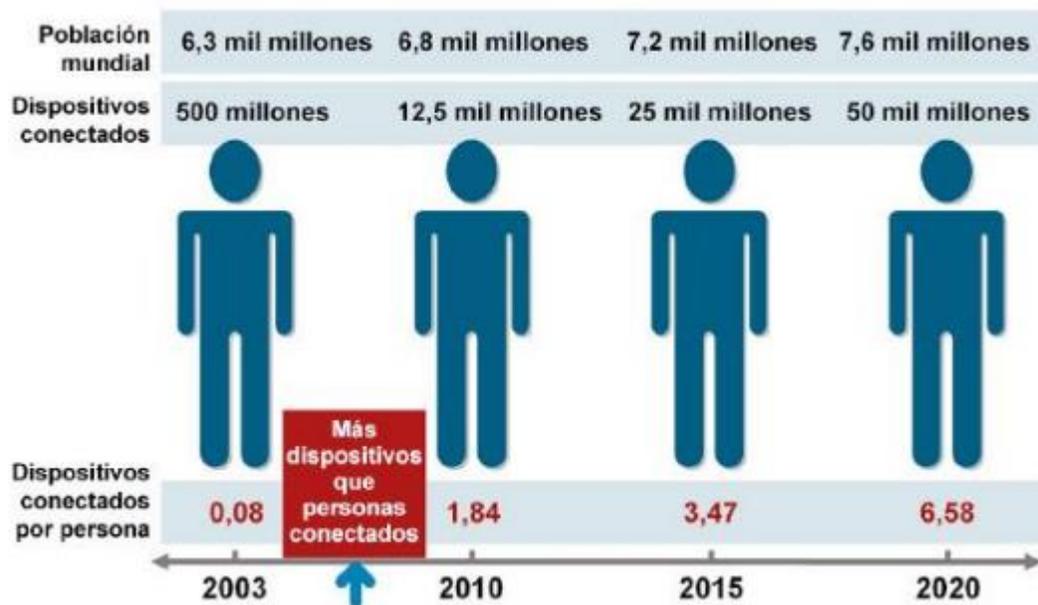
Fuente: Recomendación UIT-T Y.2060

De acuerdo al Forrester Research de la Oficina de Censos de EE.UU, en 2003 había aproximadamente 6,3 mil millones de personas en el planeta y *había 500 millones de dispositivos conectados a Internet*¹⁴. Según estos datos Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), calculó el número de dispositivos conectados por persona. Por lo tanto CISCO IBSG estima que IoT nació en algún punto entre 2008 y 2009.¹⁵

Figura 2. Internet de las cosas “nació” entre los años 2008 y 2009

¹⁴ COLONY, George. InfoWorld: Operating Systems. Forrester CEO: Web services next IT storm: Colomy discusses three parts of technology wave [en línea] Disponible en: <http://www.infoworld.com/article/2681101/operating-systems/forrester-ceo--web-services-next-it-storm.html> [citado el 10 de Marzo de 2003].

¹⁵ EVANS, Dave. CISCO Internet Business Solutions Group – IBSG. Internet de las Cosas: Como la próxima evolución de Internet lo cambia todo [en línea] Disponible en: <http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf> [citado en Abril del 2011]



Fuente: CISCO IBSG

El internet de las cosas (del inglés Internet of Things – IoT)¹⁶ es un paradigma que aboga por un mundo de objetos físicos integrados con sensores, conectados por redes inalámbricas y comunicándose a través de Internet, conformando una red de objetos inteligentes capaces de realizar diversos procesamientos, capturar variables del ambiente y reaccionar a estímulos externos. Estos objetos están interconectados entre sí y con otros recursos (físicos o virtuales) y pueden ser controlados a través de Internet, lo que permite la aparición de un gran número de aplicaciones que pueden beneficiarse de nuevos tipos de datos, servicios y operaciones disponibles. IoT es una de las tecnologías emergentes claves que

¹⁶ ATZORI, Luigi; LERA, Antonio y MORABITO, Giacomo. Journal Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking. The Internet of Things: A survey [en línea] Disponible en: <https://cs.uwaterloo.ca/~brecht/courses/854-Emerging-2014/readings/iot/iot-survey.pdf> [citado el 01 de Junio de 2010]

contribuyen a la consecución de nuevas áreas de aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), tales como el dominio de las ciudades inteligentes, donde el uso de tecnologías avanzadas de la comunicación y la detección tiene como objetivo proporcionar servicios de valor añadido a los órganos de administración de dichas ciudades y sus ciudadanos. ¹⁷

4.2.2. **Características fundamentales del Internet de las Cosas**

- **Interconectividad:** En el contexto de IoT, todo puede estar interconectado con la infraestructura mundial de la información y la comunicación.
- **Servicios relacionados con objetos:** IoT es capaz de suministrar servicios relacionados con los objetos dentro de las restricciones de objetos, como protección de la privacidad y coherencia semántica entre los objetos físicos y sus correspondientes objetos virtuales. Para ofrecer servicios relacionados con objetos dentro de las restricciones de objetos, las tecnologías en el mundo físico y en el de la información evolucionarán.
- **Heterogeneidad:** Los dispositivos en IoT son heterogéneos dado que se basan en diferentes plataformas hardware y redes. Pueden interactuar con otros dispositivos o plataformas de servicios a través de redes diferentes.

¹⁷ ZANELLA, Andrea; BUI, Nicola; CASTELLANI, Angelo; VANGELISTA, Lorenzo y ZORZI, Michele. IEEE Internet of Things Journal: Internet of Things for Smart cities [en línea] Disponible en: <http://professor.ufabc.edu.br/~joao.kleinschmidt/aulas/rsf2016/iot-smart.pdf> [citado en Febrero de 2014]

- Cambios dinámicos: El estado de los dispositivos varía dinámicamente, por ejemplo del modo reposo al activo, conectado y/o desconectado, así como el contexto del dispositivo, como la ubicación y velocidad. Además, el número de dispositivos también puede cambiar dinámicamente.
- Escala enorme: El número de dispositivos que ha de gestionarse y que se comunican entre sí puede ser incluso un orden de magnitud mayor que el número de dispositivos conectados actualmente a Internet. El porcentaje de comunicación que requerirán estos dispositivos será muchísimo mayor que el de la comunicación entre humanos. Será incluso más esencial la gestión de los datos generados y su interpretación para fines de aplicación, aspectos éstos que guardan relación con la semántica de datos y la manipulación eficiente de datos.

18

4.2.3. **Internet de las Cosas en la actualidad**

El internet de las cosas ha crecido rápidamente durante los últimos años. En 2005 aproximadamente se podía encontrar algunos artículos sobre el tema y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) lo describía como “una promesa de un mundo de dispositivos interconectados que proveen contenido relevante a los usuarios”. Sin embargo, el origen de los objetos conectados se remonta hasta los albores tecnológicos del siglo XIX, en lo que se consideran los primeros experimentos de telemetría de la historia. El primero del que se tiene constancia fue el llevado a cabo en 1874 por científicos franceses. Estos instalaron dispositivos de

¹⁸ UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Sector de Normalización de las Telecomunicaciones. Serie y: infraestructura mundial de la Información, aspectos del protocolo Internet y redes de la próxima generación. Descripción general de Internet de los objetos: Recomendación UIT-T Y.2060 [en línea] Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-l/es> [citado el 15 de Junio de 2012]

información meteorológica y de profundidad de nieve en la cima del Mont Blanc. A través de un enlace de radio de onda corta, los datos eran transmitidos a París. Otros experimentos, ya en el siglo XX, se realizaron desde iniciativas originadas en países como Rusia o Estados Unidos, ayudando al crecimiento de la telemetría y llevándola a un uso extensivo impulsado por la evolución de distintas tecnologías de telecomunicación.¹⁹

Actualmente el Internet de las Cosas representa un entorno en el que los objetos pueden ser controlados de forma remota y servir como punto de acceso a internet. Dicho entorno seguirá creciendo debido a que la industria cada día se centra en miniaturizar los dispositivos electrónicos e integrarlos a cualquier objeto de nuestro día a día.

En su último pronóstico, Gartner Inc. predice que cerca de 6,4 mil millones de “cosas” conectadas estarán en uso en 2016, un 30% sobre la cifra de 2015. Según Gartner, las empresas pagarán un total de \$868 mil millones en Internet de las Cosas (IoT) el próximo año en cosas conectadas para industrias cruzadas y verticales específicas –todo desde bombillas inteligentes y HVACs hasta monitores hospitalarios y rastreadores.²⁰

¹⁹ CRUZ VEGA, Mario. Gobierno de España: Escuela de Organización Industrial. Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0: El Internet de las cosas como tecnología disruptiva en la industrial 4.0 [en línea] Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80491/EOI_TecnologiasIoT_2015.pdf [citado el 10 de Noviembre de 2015]

²⁰ HOLAK, Brian. Search DataCenter en Español; Gartner: en 2016 emergerán los servicios para IoT y las ‘cosas’ conectadas. [en línea] Disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Gartner-en-2016-emergeran-los-servicios-para-iot-y-las-cosas-conectadas> [citado en Noviembre de 2015]

4.3. MARCO CONCEPTUAL

4.3.1. Arquitectura de Software

Etimológicamente, la palabra arquitectura procede del griego. Es la conjunción de dos palabras: arjé, el principal, el que manda, el principio, el primero, y tekton, que significa construir, edificar. El arquitecto es, por tanto, el primero de entre aquellos que realizan la tarea de construir. Por un lado, es el que define las bases, los principios. Por otro, es el que dirige, el que manda en la actividad constructiva. La arquitectura, como actividad, como oficio, es el conocimiento y la práctica que permiten llevar a término estas funciones: determinar aquello que es básico para construir un edificio y también tener la responsabilidad de llevar a término algo determinado.²¹

Este concepto de la Arquitectura tradicional maneja cierta similitud con el concepto de Ingeniería del Software, así como Pressman lo enuncia en su libro: “Cuando se piensa en la arquitectura de una construcción, llegan a la mente muchos atributos distintos. En el nivel más sencillo, se considera la forma general de la estructura física. Pero, en realidad, la arquitectura es mucho más que eso. Es la manera en la que los distintos componentes del edificio se integran para formar un todo cohesivo. Es la forma en la que la construcción se adapta a su ambiente y se integra a los demás edificios en la vecindad. Es el grado en el que el edificio cumple con su propósito y en el que satisface las necesidades del propietario. Es la sensación

²¹ MORALES, Ignasi de Solá. Introducción a la arquitectura: Conceptos Fundamentales. Arquitectura: Definiciones [en línea] Disponible en: <http://enredadosenlaweb.com/wp-content/uploads/2012/07/Introducci%C3%B3n+a+la+arquitectura+-+Conceptos+fundamentales.pdf> [citado en Octubre del 2000]

estética de la estructura —el efecto visual de la edificación— y el modo en el que se combinan texturas, colores y materiales para crear la fachada en el exterior y el “ambiente de vida” en el interior. Es los pequeños detalles: diseño de las lámparas, tipo de piso, color de las cortinas...la lista es casi interminable. Y, finalmente, es arte.”²²

Pero, ¿qué es la arquitectura de software? La arquitectura de software de un sistema o programa de cómputo es la estructura o estructuras del sistema, que comprenden componentes de software, las propiedades externamente visibles de esos componentes, y las relaciones entre ellos.²³

En muchas ocasiones la arquitectura tradicional tiene ciertas fallas ya que no se consideran ciertos escenarios o factores, del mismo modo, en la arquitectura de software no tomar algunas decisiones pueden llevar al fracaso a una solución de software. En cualquier caso, a lo largo de la historia de la ingeniería de software se ha identificado que, a pesar de que la mayoría de los sistemas son distintos entre sí, existen algunas similitudes entre las arquitecturas de los mismos. Estas similitudes suelen seguir lo que se conoce como patrón o estilo arquitectónico que captan la esencia de una arquitectura que se usó en diferentes sistemas de software. ²⁴

²² PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del Software: Un enfoque práctico.

²³ BASS, Len, CLEMENTS, Paul & KAZMAN, Rick. Software Architecture in Practice Third Edition [en línea] Disponible en: <http://disi.unal.edu.co/dacursci/sistemasycomputacion/docs/SWEBOK/Addison%20Wesley%20-%20Software%20Architecture%20In%20Practice%202nd%20Edition.pdf> [citado en Septiembre de 2012]

²⁴ SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería del Software. Séptima Edición. [en línea] Disponible en: http://zeus.inf.ucv.cl/~bcrawford/AULA_IC1441/Ingenieria%20del%20Software%207ma.%20Ed.%20-%20Ian%20Sommerville.pdf [citado en 2005]

4.3.2. **Computación Ubicua**

El concepto de computación ubicua fue propuesto por primera vez por el científico Mark Weiser en 1991, en su artículo “The Computer for the 21st Century” quien presenta dos aproximaciones de lo que debería ser la Computación Ubicua.²⁵

Primera Aproximación

“Inspirado por sociólogos, filósofos y antropólogos en PARC, hemos tratado de tomar una mirada radical en como la computación y su interconexión debería ser. Creemos que las personas viven a través de la experiencia y su conocimiento tácito, por eso las cosas más poderosas son las que son invisibles para el usuario. Esto es un reto para todos los científicos en computación. Nuestra aproximación preliminar: Activar al mundo. Proporcionar cientos de dispositivos inalámbricos por persona, por oficina, en todas las escalas (desde pantallas de una pulgada al tamaño de una pared). Esto ha requerido trabajar de nuevo en sistemas operativos, interfaces de usuario, redes inalámbricas, pantallas (displays) y en otras áreas más. Llamamos a nuestro trabajo “computación ubicua”. Esto es diferente de los PDAs, dynabooks (laptop), o información en la punta de los dedos. Esto es invisible, computación en todos lados que no vive en un dispositivo personal de ningún tipo, pero está en todos lados.”

Segunda Aproximación

²⁵ WEISER, Mark. ACM SIGMOBILE: Mobile Computing and Communications Review. Special issue dedicated to Mark Weiser: The Computer for the 21st century [en línea] Disponible en: <https://www.ics.uci.edu/~corps/phaseii/Weiser-Computer21stCentury-SciAm.pdf> [citado en Julio de 1999]

"Durante treinta años la mayoría del diseño de interfaces y computadoras ha seguido la línea de la maquina "espectacular". Su gran ideal era crear una computadora tan excitante, tan maravillosa, tan interesante, que nunca pensaríamos estar sin ella.

Un camino menos transitado lo llamo "invisible", su ideal es crear computadoras tan integradas, tan adaptables, tan naturales, que lo podemos usar sin siquiera pensar en ello. (También llame a esta noción, "computación ubicua", y puse sus orígenes en el post-modernismo). Creo que en los próximos 20 años el segundo camino va a ser el dominante. Pero no va a ser fácil, muy poco de la infraestructura de los sistemas actuales va a permanecer. Hemos estado desarrollando versiones de la infraestructura-del-futuro en PARC para los últimos cuatro años, en formatos de computadoras de tamaños de pulgadas, pies y yardas que llamamos Tabs, Pads y Boards. Nuestros prototipos a veces han tenido éxito, pero la mayoría de las veces han fallado en ser invisibles. De lo que hemos aprendido, ahora estamos explorando nuevas direcciones para la computación ubicua".

Como hemos visto, el Internet de las cosas contempla a personas y objetos interactuando entre sí en cualquier momento y lugar, siendo parte esencial para lograrlo, la computación ubicua, la cual es la capacidad de estar presente al mismo tiempo en todas partes.

4.3.3. **Privacidad**

El mismo concepto de privacidad cambiará a medida que el Internet de las Cosas se desarrolle. Los ciudadanos pueden decidir qué información consideran privada

ahora. Algunos expertos sostienen incluso que "para la mayoría de la gente, la privacidad terminará muy pronto." Ellos creen que la privacidad como lo conocemos llegará a ser imposible de alcanzar: los discos duros permitirá a las personas recopilar información masiva sobre las transacciones que realizo, cámaras permitirán que las personas recojan grandes cantidades de información acerca de las ubicaciones; la potencia del computador permitirá la clasificación y la búsqueda de grandes cantidades de información que serán relevantes para cualquier persona en particular; computadoras permitirán que casi cualquier persona acceder a la historia de vida almacenada de alguna persona. Otros expertos sostienen que "el silencio de los chips" debe ser preservado como un derecho fundamental de los ciudadanos.

4.3.4. **Protocolos**

Los protocolos de comunicación entre dispositivos que forman parte de un entorno de Internet de las Cosas, juegan un papel muy importante ya que son la base para establecer comunicación con el entorno mediante la información que es capturada por los sensores.

4.3.4.1. **TCP/IP**

Conjunto de protocolos para comunicaciones de datos. Este conjunto toma su nombre de dos de sus protocolos más importantes, el protocolo TCP (Transmission Control Protocol) y el protocolo IP (Internet Protocol). TCP/IP garantiza una conexión de punto a punto especificando datos transmitidos, direccionados, enrutados y recibidos por el destino.

4.3.4.2. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

Protocolo usado para la comunicación M2M (Machine to Machine) en entornos de Internet de las Cosas, específicamente orientado a la comunicación de sensores, ya que consume pocos recursos de ancho de banda y puede ser usado en la mayoría de dispositivos empotrados con pocos recursos. También es un protocolo ideal para aplicaciones móviles.

4.3.4.3. Protocolo IPV6

Este protocolo tiene la capacidad de comunicarse con todos los dispositivos existentes ya que el espacio de direcciones que maneja es extremadamente grande. Es el protocolo más usado e implementado hoy en día ya que aumenta el número de direcciones de internet y así mismo aumenta la capacidad de analizar y procesar grandes volúmenes de datos.

4.3.5. RFID

Es una tecnología de identificación automática sin contacto llamada "Radio Frequency Identification" (Identificación por radiofrecuencia). Es el uso de ondas de radio para leer y capturar la información almacenada en una etiqueta pegada a un objeto. Una etiqueta se puede leer desde y hasta varios pies de distancia y no necesita estar dentro de la línea de visión directa del lector a ser rastreado.

Un sistema RFID se compone de dos partes: una etiqueta y un lector. Las etiquetas RFID se encajan con un transmisor y un receptor. El componente de RFID en las etiquetas tiene dos partes: un microchip que almacena y procesa la información, y

una antena para recibir y transmitir una señal. La etiqueta contiene el número de serie específico para un objeto específico. Para leer la información codificada en una etiqueta, un radio de dos vías emisor-receptor llamado interrogador o lector emite una señal a la etiqueta utilizando una antena. La etiqueta responde con la información escrita en su banco de memoria. El interrogador transmitirá entonces los resultados de lectura en un programa de ordenador RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio.

4.3.6. **Sensores**

Los sensores son una tecnología clave: con la detección, medición cómputo y comunicación, pueden activar los sistemas pasivos. Los sensores se utilizan para medir todo, desde la aceleración y la ubicación hasta la temperatura, el consumo de energía, la química del suelo, la contaminación del aire, y las condiciones de salud. Ayudan a garantizar la integridad estructural de los aviones, puentes, edificios y otras infraestructuras críticas, y hacen nuestros entornos de vida más sensible a nosotros. Los flujos de datos que generan, soportan una mejor gestión de los recursos y proporcionan alertas anticipadas de fenómenos significativos, desde los inminentes ataques al corazón hasta el cambio climático.

Por medio de estos sensores se logra la recopilación de información en tiempo real en entornos de Internet de las Cosas y se puede acceder a dicha información desde cualquier lugar lo cual permite tomar decisiones desde el lugar que se encuentra el dispositivo o remotamente. Gracias a los avances en nanotecnología, se ha logrado

que el tamaño de los microprocesadores sea cada vez menor sin pérdidas de velocidad de procesamiento esto hace que cada vez más elementos comunes pueden interactuar con la red de Internet sin observar cambios considerables en los equipos.

4.3.7. **NFC**

NFC (Near field communication), Comunicación de campo cercano, es una tecnología que permite conexiones entre teléfonos móviles y cosas físicas, ha sido diseñada para aumentar la capacidad de uso de los dispositivos móviles e integrar servicios de red dentro del espacio físico. Esta tecnología presenta un sentido del tacto, donde las interacciones entre los dispositivos son iniciados por aproximación física.

4.3.8. **ZigBee**

ZigBee, un estándar para redes de malla, en la que pequeños radios de baja potencia forman redes mediante el paso de datos entre sí, es otra solución prometedora para ciertas aplicaciones de Internet de las Cosas. En febrero de 2008, la ZigBee Alliance, un ecosistema global de compañías que crea soluciones inalámbricas para uso en aplicaciones de gestión de la energía, comerciales y de consumo, confirmaron su compromiso para mejorar aún más la conectividad ZigBee a Internet y otras redes. Como estándar abierto global, ZigBee ofrece una red inalámbrica a una amplia gama de dispositivos que van desde los interruptores de luz a termostatos y medidores eléctricos a los productos sanitarios. Para tomar sólo un ejemplo reciente, el software "Tendril" que permite a las empresas de los sectores de automatización industrial y de edificios, seguridad física y de

automatización del hogar, construir, desplegar y gestionar aplicaciones ZigBee, respondiendo así a las tendencias macro de la eficiencia energética, la seguridad, la esperanza de vida y la conectividad.²⁶

4.4. MARCO LEGAL

4.4.1. ITU-T

ITU (International Telecommunication Union). Unión internacional de telecomunicaciones, organismo especializado de las naciones unidas (ONU) para regular las tecnologías de la información y comunicaciones a nivel internacional. De forma general, la ITU contempla una serie de estándares globales y un conjunto de documentos o recomendaciones agrupados por “series”, correspondientes a un tema en específico. También se encarga de la asignación del espectro radioeléctrico y de las órbitas de satélite a nivel mundial así como de la elaboración de normas técnicas que garanticen la interconexión continua de las redes y las tecnologías.

Para el tema en cuestión de Internet de las Cosas, ITU-T plantea una recomendación UIT-T Y.2060, la cual habla acerca de la Infraestructura mundial de la información, redes de la próxima generación y específicamente está orientada a dar una descripción general del Internet de los Objetos.

²⁶ SANTUCCI, Gérald. Cordis Europea: Paper for International Conference on FutureTrends of the Internet. From Internet of Data to Internet of Things. [en línea] Disponible en: http://cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/enet/20090128-speech-iot-conference-lux_en.pdf [citado el 28 de Enero del 2009]

4.4.2. ISO

ISO (International Organization for Standardization) es la Organización Internacional de Estandarización que se encarga de promover el desarrollo de estándares internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. Su ámbito de trabajo abarca desde la creación de estándares para actividades tradicionales como agricultura y construcción, pasando por la ingeniería mecánica, la elaboración de estándares de fabricación y distribución, de transporte, hasta la normalización de las tecnologías de información y comunicaciones. Los estándares ISO aseguran que los productos y servicios son seguros, fiables y de buena calidad.

4.4.3. W3C (World Wide Web Consortium)

El consorcio W3C es una comunidad internacional que desarrolla estándares los cuales garantizan el crecimiento de la Web a largo plazo. El objetivo del W3C es guiar la Web hacia su máximo potencial a través del desarrollo de protocolos y pautas que aseguren el crecimiento futuro de la Web. Debajo tratamos importantes aspectos de este objetivo, los cuales promueven la visión del W3C de **Web Única**.²⁷

W3C ha trabajado en algunos puntos con respecto a la estandarización del Internet de las cosas. Entre ellos podemos encontrar: Tecnologías de redes Ethernet, Bluetooth, ZigBee y redes de sensores, Esquemas de direccionamiento en redes,

²⁷ W3C España. Objetivos del W3C [en línea] Disponible en: <http://www.w3c.es/Consortio/mision>

Seguridad y privacidad en las comunicaciones, mecanismos de transporte de eventos.

El internet de las cosas sufre una falta de interoperabilidad entre plataformas. Como resultado, desarrolladores se enfrentan a depósitos de datos, altos costos y potencial de mercado limitado. Esto se puede comparar con la situación antes de Internet, cuando había competencia entre tecnologías de redes no interoperables. El Internet hace que sea fácil de desarrollar aplicaciones en red de forma independiente de esas tecnologías. El W3C está tratando de hacer lo mismo para el Internet de las cosas.

4.4.4. IETF (Internet Engineering Task Force)

El Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF) es una gran comunidad internacional abierta de diseñadores de red, operadores, vendedores e investigadores que se ocupan de la evolución de la arquitectura de Internet y el buen funcionamiento de Internet.²⁸

Más allá de que el trabajo de IETF este centrado específicamente en escenarios de Internet de las Cosas, toda la pila de protocolos web está evolucionando rápidamente y muchas de las nuevas tecnologías desarrolladas en otros grupos de trabajo de IETF probablemente terminaran siendo usadas por el Internet de las Cosas. El Internet de las Cosas tiene determinados problemas de seguridad y privacidad. IETF está diseñando mecanismos de autenticación y autorización para los dispositivos más limitados que son parte del Internet de las Cosas.

²⁸ IETF. About the IETF [en línea] Disponible en: <https://www.ietf.org/about/>

4.4.5. **Ley 1581 de 2012: Para proteger los datos personales**

La información es el activo más importante en el mundo actual, es por ello que el 17 de octubre de 2012 el Gobierno Nacional expidió la Ley Estatutaria 1581 de 2012 mediante la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales, en ella se regula el derecho fundamental de hábeas data y se señala la importancia en el tratamiento del mismo tal como lo corrobora la Sentencia de la Corte Constitucional C – 748 de 2011 donde se estableció el control de constitucionalidad de la Ley en mención. La nueva ley busca proteger los datos personales registrados en cualquier base de datos que permite realizar operaciones, tales como la recolección, almacenamiento, uso, circulación o supresión (en adelante tratamiento) por parte de entidades de naturaleza pública y privada.²⁹

4. METODOLOGÍA

Una metodología es un conjunto de herramientas, técnicas y procedimientos que permiten abordar de forma uniforme y directa cada una de las actividades del ciclo de vida de un proceso de investigación para alcanzar un resultado válido. Es un proceso de software detallado y completo. Particularmente, una metodología se basa en una combinación de modelos de proceso para obtener una salida que solucione un problema.

²⁹ CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. ABC PARA PROTEGER LOS DATOS PERSONALES. Antecedentes Normativos [en línea] Disponible en: https://colombiadigital.net/publicaciones_ccd/anexos/certicamara_proteccion_datos_ago28.pdf [citado en 2013]

La metodología que será usada en el desarrollo del presente proyecto se basa en la metodología cascada, debido a que esta permite especificar cada etapa de desarrollo del proyecto de forma consecutiva una tras la otra. De igual forma la metodología cascada está orientada a proyectos de corto plazo (como es el caso del presente proyecto). Este proyecto se divide principalmente en 3 fases:

5.1. FASE CONCEPTUAL

En esta primera fase se hace necesario ordenar y sistematizar todas las inquietudes, preguntas y organizar los conocimientos que servirán de punto de partida para el desarrollo del proyecto, definiendo cual será la base del estudio. La fase conceptual va desde el planteamiento del problema de investigación hasta la definición de los objetivos que se pretenden llegar a cabo.

Toda investigación parte del interés de encontrar una respuesta o proponer una solución sobre algún tema. Para el desarrollo de esta fase se hace necesario realizar una investigación exhaustiva sobre el tema propuesto. Se realizara consulta de artículos y propuesta existentes actualmente sobre Arquitecturas de Software para Internet de las Cosas con el fin de establecer una base de trabajo para el planteamiento de una arquitectura propia, objetivo de este proyecto. A partir de esta investigación se caracterizara la información recolectada.

5.2. FASE PROPOSITIVA

En esta fase se busca definir los requerimientos técnicos que debe cumplir la arquitectura de software que se quiere proponer, con base en la caracterización realizada con la información recolectada en la fase conceptual.

De acuerdo a los requerimientos técnicos definidos se dispone a definir un prototipo de arquitectura para el internet de las cosas basada en la filosofía de adquirir, almacenar y procesar.

5.3. FASE DE IMPEMENTACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN

En esta fase se realizara la implementación y puesta en marcha de la arquitectura de software propuesta en un entorno de rutas de evacuación de un edificio con el fin de validar su funcionamiento. El prototipo debe cumplir las funcionalidades básicas establecidas en fases anteriores y debe ser probado para asegurar su correcto funcionamiento.

Luego de finalizada las pruebas se deben establecer las correcciones o mejoras en caso que sea necesario y proceder a validar los procedimientos realizados y documentar.

ATZORI, Luigi; LERA, Antonio y MORABITO, Giacomo. Journal Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking. The Internet of Things: A survey [en línea] Disponible en: <https://cs.uwaterloo.ca/~brecht/courses/854-Emerging-2014/readings/iot/iot-survey.pdf> [citado el 01 de Junio de 2010]

BARNAGHI, Payam; BERMUDEZ-EDO, Maria & TONJES, Ralf. ACM Journal Data Information Quality. Challenges for Quality of Data in Smart Cities. [en linea] Disponible en: http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/P.Barnaghi/doc/QoI_v.3.pdf [citado en Julio del 2005]

BASS, Len, CLEMENTS, Paul & KAZMAN, Rick. Software Architecture in Practice Third Edition [en línea] Disponible en: <http://disi.unal.edu.co/dacursci/sistemasycomputacion/docs/SWEBOK/Addison%20Wesley%20-%20Software%20Architecture%20In%20Practice%202nd%20Edition.pdf> [citado en Septiembre de 2012]

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. ABC PARA PROTEGER LOS DATOS PERSONALES. Antecedentes Normativos [en línea] Disponible en: https://colombiadigital.net/publicaciones_ccd/anexos/certicamara_proteccion_datos_ago28.pdf [citado en 2013]

CAVALCANTE, Everton; PITANGA ALVES, Marcelo; BATISTA, Thais; DELICATO, Flavia C & PIRES, Paulo. F. Research Gate: Proceedings of CobRA 2015 - 1st International Workshop on Exploring Component-Based Techniques for Constructing Reference Architectures. An Analysis of Reference Architectures for the Internet of Things. [En línea] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275960674_An_analysis_of_reference_architectures_for_the_Internet_of_Things [Citado el 06 de Mayo de del 2015]

CLUSTER ICT – Audiovisual de Madrid. Internet de las cosas: Objetos interconectados y dispositivos inteligentes. [en línea] Disponible en: <https://actualidad.madridnetwork.org/imgArticulos/Documentos/635294387380363206.pdf> [citado en Marzo de 2013]

COLONY, George. InfoWorld: Operating Systems. Forrester CEO: Web services next IT storm: Colomy discusses three parts of technology wave [en línea] Disponible en: <http://www.infoworld.com/article/2681101/operating-systems/forrester-ceo--web-services-next-it-storm.html> [citado el 10 de Marzo de 2003].

CRUZ VEGA, Mario. Gobierno de España: Escuela de Organización Industrial. Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0: El Internet de las cosas como tecnología disruptiva en la industrial 4.0 [en línea] Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80491/EOI_TecnologiasIoT_2015.pdf [citado el 10 de Noviembre de 2015]

DUBRAVAC, Shawn; RATTI, Carlos. American International Group, Inc: Internet de las Cosas: Evolución o revolución?. Riesgos de la IoT: Responsabilidad [en línea] Disponible en: <http://www.aig.com/content/dam/aig/america-canada/us/documents/brochure/aig-iot-spanish-report.pdf> [citado en Diciembre del 2015]

EVANS, Dave. CISCO Internet Bussiness Solutions Group – IBSG. Internet de las Cosas: Como la próxima evolución de Internet lo cambia todo [en línea] Disponible en: <http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf> [citado en Abril del 2011]

GASCÓN, Juan. Cintel Proyectos TIC Innovadores: Revista Colombiana de Telecomunicaciones. Internet del Futuro: La convergencia como factor clave para la evolución tecnológica. [en línea] Disponible en: http://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/RCT_53.pdf [citado en Agosto de 2009]

HOLAK, Brian. Search DataCenter en Español; Gartner: en 2016 emergerán los servicios para IoT y las 'cosas' conectadas. [en línea] Disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Gartner-en-2016-emergeran-los-servicios-para-iot-y-las-cosas-conectadas> [citado en Noviembre de 2015]

IETF. About the IETF [en línea] Disponible en: <https://www.ietf.org/about/>

JARA VALERA, Antonio Jesús. Universidad de Murcia: Facultad de Informática, Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones. Propuesta de una arquitectura de red basada en el internet de las cosas para la integración ubicua de entornos clínicos con soporte escalable a la seguridad y la movilidad: Tesis doctoral [en línea] Disponible en: <https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/36978/1/Documento%20Tesis.pdf> [citado el 08 de Abril de 2013]

LANNICELLI, Agustín. Universidad Nacional de la Plata: Facultad de Informática. Tesina de Licenciatura: Una arquitectura PUB-HUB para la Internet de las cosas [en línea] Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48086/Documento_completo.pdf?sequence=1 [citado en Mayo de 2015]

MORALES, Ignasi de Solá. Introducción a la arquitectura: Conceptos Fundamentales. Arquitectura: Definiciones [en línea] Disponible en: <http://enredadosenlweb.com/wp-content/uploads/2012/07/Introducci%C3%B3n+a+la+arquitectura+-+Conceptos+fundamentales.pdf> [citado en Octubre del 2000]

MORENO SAIZ, Samuel. Universidad Politécnica de Madrid: Escuela técnica superior de ingenieros de telecomunicaciones. Trabajo final de grado: Estudio de arquitecturas software para servicios de Internet de las Cosas [en línea] Disponible en: http://oa.upm.es/37339/7/PFC_SAMUEL_MORENO_SAIZ_2015.pdf [citado el 31 de Agosto de 2015]

SANTUCCI, Gérald. Cordis Europea: Paper for International Conference on Future Trends of the Internet. From Internet of Data to Internet of Things. [en línea] Disponible en: http://cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/enet/20090128-speech-iot-conference-lux_en.pdf [citado el 28 de Enero del 2009]

SEGURA, Apu Ariel. Universidad Nacional de Lanús: Departamento de desarrollo productivo y tecnológico. Arquitectura de Software de referencia para objetos inteligentes en internet de las cosas: Trabajo Final de Licenciatura de Sistemas [en línea] Disponible en: <http://sistemas.unla.edu.ar/sistemas/gisi/TFLS/Segura-TFL.pdf> [citado en Diciembre del 2015]

SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería del Software. Séptima Edición. [en línea] Disponible en: http://zeus.inf.ucv.cl/~bcrawford/AULA_IC1441/Ingenieria%20del%20Software%207ma.%20Ed.%20-%20Ian%20Sommerville.pdf [citado en 2005]

TORRE ARCE, José Luis. Universidad de Cantabria: Escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicación. Trabajo fin de grado: Arquitectura de seguridad ligera para el Internet de las Cosas basada en HIMMO. [en línea] Disponible en: <http://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/7228> [citado en Julio de 2015]

UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Sector de Normalización de las Telecomunicaciones. Serie y: infraestructura mundial de la Información, aspectos del protocolo Internet y redes de la próxima generación. Descripción general de Internet de los objetos: Recomendación UIT-T Y.2060 [en línea] Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-l/es> [citado el 15 de Junio de 2012]

W3C España. Objetivos del W3C [en línea] Disponible en: <http://www.w3c.es/Consortio/mision>

WEISER, Mark. ACM SIGMOBILE: Mobile Computing and Communications Review. Special issue dedicated to Mark Weiser: The Computer for the 21st century [en línea] Disponible en: <https://www.ics.uci.edu/~corps/phaseii/Weiser-Computer21stCentury-SciAm.pdf> [citado en Julio de 1999]

ZANELLA, Andrea; BUI, Nicola; CASTELLANI, Angelo; VANGELISTA, Lorenzo y ZORZI, Michele. IEEE Internet of Things Journal: Internet of Things for Smart cities [en línea] Disponible en: <http://professor.ufabc.edu.br/~joao.kleinschmidt/aulas/rsf2016/iot-smart.pdf> [citado en Febrero de 2014]