



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

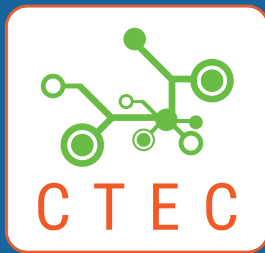
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**

**DIRECCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES**

## MEMORIA DE ARTÍCULOS

**DOMINIO 8**

**NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS AL TERRITORIO**



**I Congreso Internacional de Ciencia  
y Tecnología UTMACH 2015**





# I CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA UTMACH 2015

Memoria de Artículos

centro\_de\_investigaciones@utmachala.edu.ec



## CLOUD COMPUTING PARA EL INTERNET DE LAS COSAS. CASO DE ESTUDIO ORIENTADO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Dixys Leonardo Hernández Rojas<sup>1</sup>, Bertha Eugenia Mazón Olivo<sup>1</sup>, Ariel Mauricio Campoverde Marca<sup>1</sup>  
 Universidad Técnica de Machala<sup>1</sup>  
 dhernandez@utmachala.edu.ec  
 bmazon@utmachala.edu.ec

### RESUMEN

La agricultura de precisión mediante el uso de las TIC permite incrementar la eficiencia y productividad de los cultivos. El uso de redes de sensores inalámbricos (WSN) para medir variables asociadas al suelo, planta y frutos de los cultivos ayudan a definir estrategias para el control de riego en pro de la productividad y optimización de recursos naturales. El caso de estudio de este proyecto es aplicado al control de riego de una plantación experimental de cacao. El objetivo propuesto es definir la arquitectura y componentes de una Cloud Computing para el Internet de las Cosas, actuando como Centro de Control y Monitoreo de un Sistema de telemetría, que gestiona los procesos y los datos medidos de humedad a distintos niveles del suelo, grosor del tronco de la planta y tamaño del fruto; medidas ambientales como humedad relativa, temperatura, velocidad y dirección del aire, y cantidad de precipitaciones.

**Palabras clave:** Internet de las cosas, agricultura de precisión, WSN, Red de sensores inalámbricos, Cloud computing.

### ABSTRACT

Precision agriculture is today one of the most advanced technologies to increase the efficiency and productivity of crops through the use of ICT solutions. One of the applied technologies is the wireless sensor network (WSN) to measure variables associated with soil, plant and fruit crops that allow among others; define strategies for irrigation control towards productivity and optimization of vital natural resources such as the water. The case study of this project is applied to control risk of an experimental cocoa plantation. The proposed objective is to define the architecture and components of a Cloud computing to the Internet of Things, acting as Monitoring and Control Center of Telemetry system. This system manages and processes data related variables measures moisture soil at different levels, thickness of the trunk of the plant and size of fruit; environmental measures such as relative humidity, temperature, speed and wind direction, and rainfall.

**Keywords:** Internet of things, precision agriculture, WSN, Wireless sensor network, Cloud computing.

## INTRODUCCIÓN

El avance de la electrónica, las comunicaciones y el desarrollo científico y tecnológico ha permitido a lo largo de los años que el hombre sea capaz de comunicarse remotamente con otras personas y con equipos, maquinarias, etc., presentes en todas las ramas de la economía y la sociedad. El internet como consecuencia de ello ha evolucionado gradualmente, con mayor velocidad, capacidad, recursos y servicios disponibles en la nube. El internet actual permite interacciones tipo: hombre – hombre, hombre – máquina y máquina – máquina (M2M), lo cual ha abierto un abanico inmenso de aplicaciones reales, permitiendo el monitoreo y control de prácticamente todo lo que tenga capacidad de conectarse a internet. Uno de los conceptos modernos del Internet, denominado Internet de las cosas (IoT), (Ackermann, 2015), hace posible este hecho.

El término Internet de las Cosas, en inglés Internet of Things (IoT), fue acuñado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts o Massachusetts Institute of Technology (MIT), el cual en el año 1999 comenzó a diseñar infraestructuras RFID (Radio Frequency Identification). En el 2002, su cofundador, Kevin Ashton, citaba en la revista Forbes: “Necesitamos un Internet de las Cosas, una forma estandarizada para que los ordenadores puedan entender el mundo real”, (Ackermann, 2015), (Christin, 2009).

El Internet de las Cosas (IoT) constituye un avance con gran impacto en la sociedad y los negocios. Millones de usuarios a nivel mundial, utilizan Internet, tanto en su vida laboral como en la social y gracias a la tecnología inalámbrica, han ampliado las posibilidades de interacción con la red a cualquier lugar y en cualquier momento. A medida que la información y las personas están cada vez más conectadas, la tecnología sirve como herramienta de colaboración y toma de decisiones en un mundo en el que converge lo físico con lo digital, (Accenture, 2011).

En el aspecto técnico, el Internet de las Cosas describe un escenario en el que los objetos se encuentran identificados y conectados a Internet; en este escenario se posibilita el control remoto de situaciones críticas o relevantes para un dominio, a través de sensores y actuadores distribuidos geográficamente. Sin embargo, para poder detectar dichas situaciones es necesario comunicar, almacenar, analizar y procesar eficientemente la gran cantidad de información generada cada día por estos dispositivos inteligentes, (Boubeta, 2013).

El Internet de las Cosas (IoT) es una tecnología que hace posible la conectividad de varios objetos inteligentes (smart things/objects) a Internet. Téc-

nicamente, consiste en la integración de sensores y dispositivos a objetos comunes o cotidianos, los cuales a su vez, están conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas. El campo de aplicación de IoT es diverso, el hecho de que Internet esté presente al mismo tiempo en todas partes permite que la adopción masiva de esta tecnología sea más factible. Dado su tamaño y coste, los sensores son fácilmente integrables en hogares, entornos de trabajo, lugares públicos, en el sector industrial, agrícola, de transporte, entre otros. De esta manera, cualquier objeto es susceptible de ser conectado y manifestarse en la red, convirtiéndose en una fuente inagotable de datos, (Mattern, 2010).

El IoT permite interactuar con el mundo real a través de dispositivos electrónicos con sensores y actuadores incorporados, capaces de obtener información en tiempo real de los procesos, como el estado del tiempo, humedad del suelo, crecimiento de un fruto o una planta, información de equipos médicos conectados a un paciente, parqueaderos disponibles, etc. Algunas de las aplicaciones más comunes del IoT son las ciudades inteligentes (Smart Cities), Agricultura de precisión y salud (eHealth). Muchas veces estos sensores-actuadores son inalámbricos y agrupados en redes específicas denominadas Redes de Sensores Inalámbricos, utilizados en el argot técnico en el idioma inglés, como Wireless Sensor Network (WSN), (Christin, 2009).

Las tecnologías de redes inalámbricas se han desarrollado rápidamente en los últimos años como un componente fundamental de IoT. Comenzando por el infrarrojo (Irda) para comunicaciones punto a punto a las WPAN de corto alcance y multipuntos como Bluetooth (IEEE 802.15.1) o las redes de alcance medio multisaltos como ZigBee (IEEE 802.15.4), la tecnología WIFI (IEEE 802.11g) para redes locales WLAN, la tecnología WIMAX (IEEE 802.16) para redes WMAN, la telefonía celular de largo alcance (GPRS) o el desarrollo de las comunicaciones M2M (Máquina a Máquina) con tecnología inalámbrica, (Jurado, 2014).

La Red de Sensores Inalámbricos (WSN) forma parte de la Inteligencia Ambiental (pervasive computing, ambient intelligence y computación ubicua), (Fernández, 2015), (Vasseur, 2010), el estándar actual es ZigBee (IEEE 802.15.4), (Faludi, 2011). Una WSN se basa en dispositivos de bajo coste y consumo (nodos) que son capaces de obtener información de su entorno mediante sensores, procesarla localmente y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación. Los nodos actúan como elementos de la infraestructura de comuni-

caciones al reenviar los mensajes transmitidos por nodos más lejanos hacia al centro de coordinación (Fernández, 2015). Los costos de implementar este tipo de red cada vez disminuye y la fiabilidad de las aplicaciones software van en aumento.

La arquitectura de IoT según (Michael, 2014) está conformada por los siguientes componentes: Productos inteligentes que disponen de hardware (sensores, procesadores, elementos de conectividad) y software (Sistema operativo embebido, aplicaciones embebidas de comunicación y control); Conectividad (protocolos de comunicación); Producto Cloud o Cloud Computing que involucra: base de datos, aplicaciones de plataforma Smart, motor de reglas y análisis, software de monitoreo, control, optimización y operación autónoma de dispositivos Smart; Identificación y seguridad. Fuentes de información externa; y, Integración a otros sistemas de negocio (ERP, CRM, BI, etc.).

Algunos retos de la IoT, por una parte, están relacionados con en el manejo de millones de cosas conectadas a la internet, requiriendo el uso de redes IPV6 que garantizan una mayor capacidad de direccionamiento; por otro lado, el uso de las redes WSN con motes o hardware de sensores de reducido tamaño, bajo procesamiento, baja capacidad de memoria y sobre todo necesidad de tiempo de vida largo, por tanto es necesario el uso de redes de telemetría eficientes para IOT, siendo necesario utilizar protocolos adecuados como el 6LowPAN, (Shelby, 2009).

Las aplicaciones de monitoreo y control del IoT (PA), (Mohamed, 2014) actualmente son de propósito específico y resultan poco escalables a nivel industrial. Aún les falta redefinir sus procesos para crear eficiencia y valor perdurable en los datos para convertirlos en información y la información en conocimiento útil para la toma de decisiones.

Por otra parte, la agricultura de precisión constituye hoy en día una de las soluciones más avanzadas para aumentar la eficiencia y productividad de los cultivos, la cual hace uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Una de las tecnologías aplicadas es el uso de sensores electrónicos para medir las principales variables asociadas al suelo, planta y frutos de los cultivos que posibilitan entre otros definir estrategias para el control de riego, el cual influye directamente en la productividad, optimización de recursos naturales vitales como es el agua.

La agricultura de precisión se ha convertido en una tecnología efectiva para la modernización de la producción agrícola, siendo uno de sus propósitos la adquisición e integración de la información digital

del proceso productivo para garantizar su calidad, (Li, 2013).

Este trabajo está enfocado solamente en el diseño de una parte del Sistema IoT necesario para el control de riego de una plantación de cacao (Caso de estudio), específicamente en el diseño de la Cloud Computing, que forma parte de toda una arquitectura IoT, la cual se define en, (Michael, 2014).

El término Cloud Computing (Computación en la Nube) fue definido por NIST (National Institute of Standard and Technology), (Mell, 2011) como un modelo para permitir, el acceso ubicuo a la red bajo demanda a un conjunto de recursos informáticos compartidos y configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser distribuidos y liberados rápidamente con mínimo esfuerzo de administración o interacción del proveedor de servicios. Este modelo de nube se compone de cinco características esenciales, tres modelos de servicio, y cuatro de despliegue modelos.

En este artículo primeramente se exponen los requerimientos del caso de estudio y los criterios empleados por la comunidad científica para la selección de tecnologías y herramientas. Luego se define la arquitectura del Sistema de Monitoreo Multipropósito para el IoT y los componentes seleccionados para la Cloud Computing.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño de una Cloud Computing del Internet de las Cosas (IoT), se procedió a revisar el estado del arte, posteriormente se identificaron los componentes y las tecnologías existentes con el objetivo de determinar las herramientas idóneas según los requerimientos planteados en el caso de estudio de la Agricultura de Precisión y en concordancia con la comunidad científica.

Para la construcción de un sistema de telemetría aplicado a la agricultura de precisión para el monitoreo del cultivo de Cacao, se requiere de un sistema que cuente con: sensores (para el monitoreo de variables como: humedad del suelo a diferentes niveles de profundidad, grosor del tallo y del fruto, así como variables ambientales: radiación sola, humedad relativa, temperatura, precipitación, dirección y velocidad del viento, entre otras); actuadores (Dispositivos cuya acción se ve reflejada en el medio ambiente, por ejemplo: interruptor de luz, control del riego); y, la Cloud Computing, toda la información recogida de los sensores debe ser almacenada y gestionada por la aplicación informática de telemetría y estar disponible al usuario final desde cualquier lugar donde

la necesite para la generación de reportes, análisis y toma de decisiones, monitoreo y control de eventos.

### **Criterios de selección:**

El diseño de una Cloud Computing para el IoT enfocado a la agricultura de precisión se sustenta en los parámetros definidos por NIST. A continuación se explica cada uno:

### **Características Esenciales:**

- Autoservicios bajo demanda: el consumidor podrá aprovisionar recursos computacionales en forma unilateral, según lo requiera, y sin requerimiento de interacción humana con el proveedor del servicio.
- Permitir el acceso desde la red (pública, privada, híbrida, comunitaria): todos los recursos que ofrece la nube están disponibles en la red, y el consumidor no sólo puede acceder a ellos a través de mecanismos estándar, sino que también mediante plataformas heterogéneas como teléfonos móviles, laptops, PDAs, etc.
- Grupos de recurso según características de servicios: los recursos del proveedor estarán agrupados para servir a múltiples consumidores, utilizando un modelo de separación segura una vez asignados. Estos recursos pueden ser físicos o virtuales y deben tener todos componentes necesarios para brindar un SERVICIO COMPLETO, entendiéndose que éste podrá incluir recursos de almacenamiento, conectividad, procesamiento, elementos de software, políticas, métricas, entre otros.
- Capacidad de rápido crecimiento (Flexibilidad): las unidades de capacidad pueden ser rápidas y fácilmente aprovisionadas (en algunos casos en forma automática), escaladas (crecimiento) o liberadas. Para el consumidor, estos recursos suelen parecer ilimitados, y pueden ser adquiridos en cualquier cantidad y momento.
- Servicio medido: los sistemas de la nube controlan de forma automática y optimizada la utilización de los recursos. Este uso de los recursos puede ser monitoreado y controlado, además, es posible realizar reportes para ambas partes, a fin de establecer la facturación del servicio.

### **Modelos de Servicios:**

- Software como Servicio, en inglés Software

as a Service (SaaS). Modelo de distribución de software donde una empresa sirve el mantenimiento, soporte y operación que usará el cliente durante el tiempo que haya contratado el servicio.

- Plataforma como Servicio, en inglés Platform as a Service (PaaS). modelo en el que se ofrece todo lo necesario para soportar el ciclo de vida completo de construcción y puesta en marcha de aplicaciones y servicios web completamente disponibles en la Internet.
- Infraestructura como Servicio, en inglés Infrastructure as a Service (IaaS). Modelo de distribución de infraestructura de computación como un servicio, normalmente mediante una plataforma de virtualización. En vez de adquirir servidores, espacio en un centro de datos o equipamiento de redes, los clientes compran todos estos recursos a un proveedor de servicios externo.

### **Modelos de desarrollo:**

- Cloud Privada. Solamente una organización de forma exclusiva, utilizando tecnologías como la virtualización, tiene acceso a los recursos que se utilizan para implementar la nube.
- Cloud Pública. Se caracteriza por ofrecer recursos TIC sobre infraestructuras compartidas entre múltiples clientes. A estos recursos el cliente accede a través de internet o mediante conexiones de Redes Virtuales Privadas (VPN).
- Cloud Híbrida. Servicio cloud integrado que utiliza tanto cloud privada como pública de distintos proveedores, para realizar diferentes funciones dentro de una misma organización.

En el diseño de nuestra Cloud Computing, también se ha tenido en cuenta los siguientes criterios para la selección de la tecnología y herramientas a usar:

- Estandarización: Consiste en la aplicación de normas y metodologías aplicadas a la gestión de tecnologías y sistemas de información.
- Escalabilidad: Adaptabilidad y/o crecimiento de las tecnologías, servicios y aplicaciones sin perder su calidad.
- Accesibilidad: Acceso a la información en cualquier momento, lugar y por distintos medios.
- Tiempo Real: Capacidad de capturar, alma-

cenar, procesar y presentar los datos de forma casi inmediata hacia los clientes.

- Flexibilidad: Uso de tecnologías Open Source.
- Soporte para protocolo de comunicación con ahorro de recursos: Importante para dispositivos móviles con restricción de recursos tales como memoria, ancho de banda, batería.
- Amplia comunidad. Disponibilidad de documentación útil en caso de afrontar algún inconveniente.
- Rendimiento: Garantiza disponibilidad de los recursos, servicios y datos.
- Seguridad: Garantiza la seguridad de los datos y accesos a la información.
- Bajo Coste: Uso de tecnologías Open Source

## RESULTADOS Y DISUSIÓN

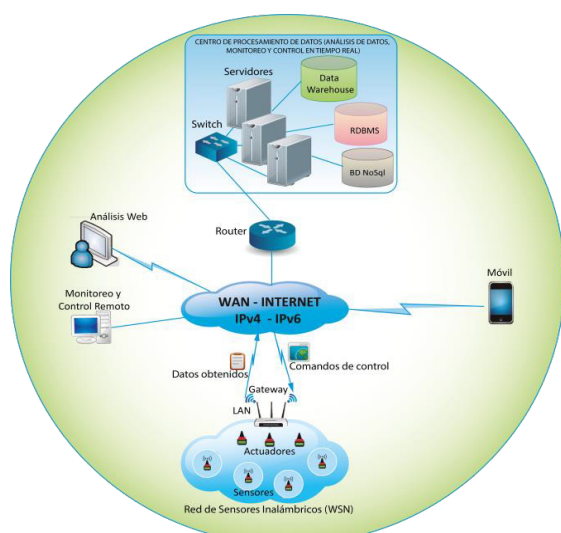
Para dar solución a nuestro caso de estudio hemos definido en este trabajo lo siguiente:

- Arquitectura IoT para Agricultura de Precisión,
- Componentes necesarios para el Cloud Computing.

### Arquitectura IoT para Agricultura de Precisión:

En la Figura 1 se muestra la arquitectura del sistema de telemetría propuesto.

Figura 1. Arquitectura propuesta



Elaboración propia: Hernández y col., (2014)

En la misma podemos apreciar en la parte inferior a la red de sensores y actuadores inalámbricos (WSN), encargada de tomar las mediciones del cultivo de cacao mediante sensores y por medio de los actuadores, controlar los elementos de riego. Las redes WSN típicamente usan Zigbee o Bluetooth Low Energy u

otro protocolo de comunicación; además, requieren de un Gateway para poder acceder a la Cloud vía redes IPV4 o IPV6. En la parte superior de la figura se encuentra la Cloud Computing propuesta, la cual está formada por uno o varios servidores físicos o lógicos, que implementan varios servicios que proporcionan el soporte para la aplicación informática de telemetría que se encarga del monitoreo, control, generación de eventos, análisis y presentación de la información a los consumidores finales (otras aplicaciones, personas) de manera flexible en diferentes formatos (pdf, html, xls, cvs) e interfaces (web, escritorio, móvil).

### Componentes necesarios para el Cloud Computing.

Para diseñar el Cloud Computing para el Internet de las Cosas (IoT) hemos definido primeramente los siguientes componentes: Servidor Web, Plataformas de desarrollo Web, Base de datos, Protocolos de comunicación, Sistema Operativo y Plataforma física. Luego se procedió a revisar el estado del arte de cada componente con el objetivo de identificar las herramientas idóneas en cada caso tanto Open Source como Privativas teniendo en cuenta la metodología antes explicada. Dichos componentes se encuentra detallados en la Tabla 1, donde además se definen las características deseables para cada uno de los componentes del Cloud Computing.

## CONCLUSIONES

1. Para diseñar una Cloud Computing para el Internet de las Cosas (IoT), se deben considerar componentes que gestionen la captura de datos provenientes de la red inalámbrica de sensores en tiempo real, luego, dichos datos se almacenen de forma distribuida e integrada a otras fuentes de datos propias de la empresa logrando un equilibrio de carga y procesamiento, para su posterior análisis, monitoreo, gestión de eventos y control de actuadores. Los componentes a tener en cuenta son: Plataforma Física, Sistema Operativo, Protocolos de comunicación, Plataforma de desarrollo, Control de eventos, Base de datos: SQL, NoSql y/o Data Warehouse, Software de servidores: web, sistema de archivos distribuidos, gestión de logs, mensajería en tiempo real y seguridad.
2. Se define una arquitectura para un sistema de telemetría multipropósito para el Internet de las Cosas en base al caso de estudio de la Agricultura de Precisión, sin embargo es aplicable esta arquitectura a cualquier caso.

**Tabla 1. Componentes de un Cloud Computing para Agricultura de Precisión**

Componentes del Cloud	Herramientas Open Source	Características deseadas
Servidor Web	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apache, (Bowen, 2007)</li> <li>- Nginx, (Nedelcu, 2013)</li> <li>- Lighttpd, (Lighttpd, 2015)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arquitectura orientada a eventos</li> <li>- Capacidad para atender decenas de miles de peticiones concurrentes</li> <li>- Bajo consumo de memoria</li> <li>- Peticiones procesadas en un solo hilo de ejecución</li> <li>- Sencillo de configurar y Alto rendimiento y disponibilidad</li> </ul>
Plataforma de desarrollo Web	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tornado, (Cantelon, 2014)</li> <li>- Node.js, (Adam, 2012),</li> <li>- Play Framework, (Petrella, 2013)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programación orientada a objetos o eventos</li> <li>- Soporte eficiente para WebSockets y/o web services.</li> <li>- Amplia comunidad para obtener soporte técnico</li> <li>- Bajo consumo de recursos (memoria, CPU, almacenamiento en disco) y Alta escalabilidad</li> </ul>
Base de datos SQL, Nosql o Datawarehouse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MongoDB, (Chodorow, 2013)</li> <li>- CouchDB, (Anderson, 2010)</li> <li>- Couchbase (Brown, 2013)</li> <li>- MySQL, PostgreSQL, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notificaciones en tiempo real ante algún cambio en los datos</li> <li>- Arquitectura tolerante a fallos</li> <li>- Replicación, Capacidad de baja latencia y Control de Concurrencia</li> </ul>
Protocolo de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- COAP (Karagiannis, 2015)</li> <li>- MQTT, MQTT (2014)</li> <li>- WAMP, WAMP (2015)</li> <li>- XMPP, (Saint-Andre, 2009)</li> <li>- AMQP, AMQP (2012)</li> <li>- SOAP, SOAP (2007)</li> <li>- REST, (Webber, 2010).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en estándares.</li> <li>- Diseñado para dispositivos con restricciones de memoria, batería, etc.</li> <li>- Transmisión de mensajes en formato binario.</li> <li>- Comunicación bajo el modelo Publicador/Suscriptor.</li> <li>- Soporte de conexiones concurrentes.</li> <li>- Calidad del servicio.</li> <li>- Sistema de autenticación.</li> </ul>
Sistema Operativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linux Centos</li> <li>- Ubuntu server.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo costo, Flexibilidad. Facilidad de personalización.</li> <li>- Comunidades activas y Actualización permanente.</li> </ul>
Plataforma Física	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IBM</li> <li>- HP</li> <li>- Dell</li> <li>- Lenovo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paralelismo, Latencia y Concurrencia (Procesador y RAM)</li> <li>- Fiabilidad (Discos duros RAID)</li> </ul>

Elaboración propia: Hernández y col., (2014)

3. Se definen los componentes que debe tener una Cloud Computing que sirva como Centro de Datos, Control y Monitoreo en un sistema de telemetría para IoT, considerando procesos de comunicación, captura de datos en tiempo real, almacenamiento temporal, integración con otras fuentes de datos, almacenamiento permanente, gestión de eventos, monitoreo y emisión de alertas, control de actuadores, análisis, reportes, búsqueda de datos y los debidos procesos de seguridad.
4. Luego de un análisis exhaustivo del estado del arte, de tecnologías y herramientas de cada uno de los componentes descritos se definen las características para cumplir con los requerimientos establecidos y reconocidos por la comunidad científica de IoT.
5. La selección de herramientas para cada componente de Cloud Computing depende de las características definidas en el proyecto de telemetría; el caso de estudio nuestro está enfocado a un sistema de agricultura de precisión que permita la interacción de máquinas y per-

sonas en un ambiente eficiente, compartido, seguro e independiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accenture, (2011). Internet de las Cosas. En un mundo conectado de Objetos Inteligentes, Fundación de la Innovación Bankinter y Miembros del Future Trends Forum.
- Ackermann, M. (2015). Internet of Things Changes the Definition of What a Product is, Embedded World Exhibition & Conference, Nuremberg, Germany
- AMQP Standard Specification. (2012). Disponible en internet: <http://docs.oasis-open.org/amqp/core/v1.0/os/amqp-core-complete-v1.0-os.pdf>.
- Anderson, C., Lehnardt, J. & Slater, N. (2010). CouchDB: The Definitive Guide, California: O'Reilly Media.
- Boubeta, J., Ortiz, J. & Medina, I. (2013). Integración del Internet de las Cosas y las Arquitecturas Orientadas a Servicios. Un Caso

- de Estudio en el Ámbito de la Domótica, Departamento de Ingeniería Informática, Universidad de Cádiz.
- Bowen, R. & Coar, K. (2007). Apache Cookbook, 2nd Edition, California: O'Reilly Media.
  - Brown, MC. (2013). Developing with Couchbase Server, California. O'Reilly Media.
  - Cantelon, M., Harter, M., Holowaychuk T. & Rajlich, N. (2014). Node.js in Action, New York: Manning Publications
  - Chodorow, K. (2013). MongoDB: The Definitive Guide, 2nd Edition, California: O'Reilly Media.
  - Christin, D., Reinhardt, A. Mogre, & R. Steinmetz, (2009). Wireless Sensor Networks and the Internet of Things: Selected Challenges, Struct. Heal. Monit., vol. 5970.
  - Faludi, R. (2011). Building Wireless Sensor Networks, Ed. O'Reilly Media, Inc., U.S.A.
  - Fernández, M. (2015). Wireless Sensor Network”, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Cádiz. Disponible en internet: (<http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>);
  - Jurado, L., Velásquez, W. & Vinueza, N. (2014). Estado del Arte de las Arquitecturas de Internet de las Cosas (IoT), Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos, Universidad Politécnica de Madrid.
  - Karagiannis, V., Chatzimisios, P., Vázquez, F. & Zarate, J. (2015). A Survey on Application Layer Protocols for the Internet of Things, Transaction on IoT and Cloud Computing 2015.
  - Li, M. & Guangyu, Z. (2013). Information Service of Agriculture Iot. Automatika, vol 54 (4).
  - Lighttpd, (2015). Disponible en internet: <http://www.lighttpd.net/>.
  - Mohamed, M., Ibrahim, M. & Ahmad, N. (2014). Wireless Sensor Networks in Precision Agriculture Application. MIMOS, Ministry of Science, Technology and Innovation.
  - Mattern, F. & Floerkemeier, C. (2010). From the Internet of Computers to the Internet of Things. Distributed Systems Group, Institute for Pervasive Computing, ETH Zurich.
  - Mell, P. & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. National institute of Standards and Technology Special Publication.
  - Michael, D., Adam, P. & Brendan, B. (2012). Introduction to Tornado, California: O'Reilly Media.
  - Michael, J. & Heppelmann, E. (2014). How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review.
  - MQTT Standard Specification, (2014).
  - Nedelcu, C. (2013). Nginx HTTP Server Second Edition, Birmingham: Packt Publishing.
  - Petrella, A. (2013). Learning Play! Framework 2, Birmingham: Packt Publishing.
  - Saint-Andre, P., Smith, K. & Tronçon, R. (2009). XMPP: The Definitive Guide, California: O'Reilly Media.
  - Shelby & Bormann. (2009). The Wireless Embedded Internet Companion Lecture Slides The Book 6LoWPAN&#8239; The Wireless Embedded Internet.
  - SOAP Standard Specification, (2007). Disponible en internet: <http://www.w3.org/TR/soap12/>.
  - Vasseur, J. & Dunkels, A. (2010). Interconnecting Smart Objects with IP, The Next Internet, Ed. Morgan Kaufmann, U.S.A.
  - WAMP Standar Specification. (2015). Disponible en internet: <https://github.com/tavendo/WAMP/blob/master/spec/basic.md>.
  - Webber, J. & Robinson, I. (2010). REST in Practice, California: O'Reilly Media.