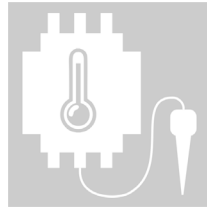


# Aplicaciones de Internet de las cosas por medio de redes inalámbricas de sensores

**RESUMEN:** Actualmente la sociedad está en constante cambio en las formas de convivencia y comunicación, esto se debe a la presencia de las Tecnologías de la Información y comunicación (TIC). Como parte de esta evolución de las TIC, han surgido nuevas tendencias como el de Internet de las cosas (IoT) que consiste en dotar a los objetos de uso común de la capacidad percibir información del medio en el que se encuentran inmersos, transmitir información y tomar decisiones. Por ejemplo, la creación de una red inalámbrica de sensores que serían los encargados de monitorear de todo lo que sucede y realizar actividades requeridas. Se presenta una investigación que consiste en automatizar los procesos de riego de un invernadero por medio de una red inalámbrica de sensores para que éstos tomen decisiones con base en los valores obtenidos del medio en el que se encuentran conectados (decidir cuándo abrir o cerrar el sistema de riego). Este documento presenta la primera parte de la investigación que consiste en la selección, validación e instalación de la red sensores en el invernadero. Los resultados de la implementación todavía se están procesando y serán reportados posteriormente.

**PALABRAS CLAVE:** Internet, Internet de las Cosas, Red Inalámbrica de Sensores, Tecnologías de la información y comunicación, Toma de decisiones.



## Colaboración

Lino Rangel Gómez; Agustín Esquivel Pat; Augusto Neftalí Ruiz Cahuich; Manuel Abraham Zapata Encalada, Instituto Tecnológico de Chetumal

**ABSTRACT:** Today society is immersed in constant change in the forms of coexistence and communication; this is due to the presence of Information and Communication Technologies (ICT). As part of this evolution of ICT, new trends have emerged, such as the Internet of Things (IoT), which consists of providing commonly used objects with the capacity to receive information from the medium in which they are immersed transmit information and make decisions. For example, the creation of a wireless network of sensors that would be responsible for monitoring everything that happens carrying out required activities. It presents the research which is to automate the processes of irrigation of a greenhouse by means of a wireless network of sensors that make decisions based on the values obtained from the environment in which they are connected (decide when to open or close the irrigation system). This document presents the first part of the research that consists in the selection, validation and installation of the sensor network in the greenhouse. The results of the implementation are still being processed and will be reported later.

**KEYWORDS:** Decision making, Internet, Internet of Things, Information and communication technologies, Wireless Sensor Network.

## INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de las Tecnologías de Información y Comunicaciones han dado surgimiento a tecnologías como el Wifi que prácticamente ha venido a revolucionar la forma de utilizar la Internet ya que a través de esta tecnología podemos permanecer conectados las 24 horas del día los 365 días del año casi desde cualquier punto del planeta, esto permite estar presente o disponibles en todo momento. Se considera que el número de dispositivos o componentes electrónicos conectados a la Internet supera incluso el número de habitantes del planeta, esto quiere decir que una persona seguramente tiene conectado más de un dispositi-

vo a la vez [1]. Esto ha traído nuevos retos y nuevas ideas para suponer que además de los seres humanos todas las cosas puedan también estar conectadas al Internet. Por ejemplo, un frasco de medicamentos podría estar conectado a la Internet y reportar al doctor que el paciente ha tomado cierta medicina. Adicionalmente, el paciente podría tener conectados algunos sensores para monitoreo de signos vitales y enviar los resultados desde el teléfono inteligente a su Doctor. Actualmente, algunos productos que se guardan en el refrigerador también podrían estar conectados al Internet para avisarle las fechas próximas de caducidad, otros ejemplos pueden ser la estufa, su cafetera, su horno, las alarmas de su casa, su reloj, la idea básica es conectar prácticamente cualquier cosa a la red, todas aquellas con las que se interactúan [1]. En el Centro de Innovación Tecnológica del estado de Quintana Roo [2] se han realizado diferentes tipos de proyectos, tanto de software como de hardware, sin embargo los de mayor interés han sido aquellos que se relacionan con el uso de redes de sensores para monitoreo de diferentes acciones o actividades [3]. Por ejemplo: Monitoreo de la calidad del agua de la Bahía de Chetumal, Monitoreo de las pilas de crianza de tilapias como se muestra en la figura 1, monitoreo del uso de energía eléctrica de edificios [4], entre otros.



Figura 1. Pilas para criadero de tilapias Instituto Tecnológico de Chetumal.

El desarrollo de los proyectos de investigación cómo los ya mencionados se caracterizan por la construcción de redes de sensores que a su vez estaban formados por diferentes tipos de dispositivos tales como, termómetros, hidrómetros, medidores de alcalinidad del agua, etc. Cada uno de los dispositivos son capaces de sensar el medio en el que se les conecta y registrar los valores que se generan, posteriormente estos datos son enviados de forma inalámbrica a otros dispositivos que tienen la capacidad de procesar la información recibida, estos dispositivos son por ejemplo, Arduinos y Raspberry. Para poder responder a esta exigencia, fue necesario probar diferentes protocolos y arquitecturas de comunicación de dispositivos electrónicos hasta

lograr determinar cuál de ellos sería el más seguro y confiable para servir de base a los proyectos que hacen uso de redes de sensores. Adicionalmente, es importante considerar la gran cantidad de información que se genera por parte de cada uno de los sensores, llegando a ser tan abundante que el manejo de estos datos se conoce en el ámbito computacional como Big Data (grandes datos).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Desde los inicios del Centro de Innovación Tecnológica del Estado de Quintana Roo se ha enfocado en realizar investigación precisamente en el ámbito de IoT y más específicamente en la construcción de redes de sensores que sean de bajo costo y que pueda transmitir en los datos obtenidos de forma inalámbrica a otros dispositivos. Inicialmente, se utilizan dispositivos electrónicos de la marca Libelium muy efectivos y variables que prácticamente abarcan las principales áreas productivas, como agricultura, medicina, actividades marítimas, etc. Pero en el año 2011, no se eran de uso común ya que tanto la documentación como la posibilidad de adquisición era difícil por no contar con la facilidad de tener un distribuidor en nuestro país. Los estudios, pruebas e investigaciones realizadas demostraban que el protocolo Zigbee era muy efectivo para ser usado como plataforma de operación de las actividades de monitoreo de sensores. En [5] se describe como elemento base este protocolo, independientemente del tipo de sensor o tarjeta de control que se utilice. En los subsecuentes proyectos sobre redes de sensores realizados en el Centro de Innovación Tecnológica del estado de Quintana Roo, se utilizaron sensores se incluye el uso del protocolo Zigbee combinado con las tarjetas de radio comunicación Xbee. De esta forma, se utilizaron las tarjetas Xbee Pro S2b [4] y con base en lo indicado en la guía de usuario, se permite la transmisión de datos en lugares cerrados entre 60 y 90 metros; y en lugares abiertos entre 1500 y 3200 metros, esto es suficiente para el tipo de trabajo que se ha desarrollado [6].

El trabajo de investigación más reciente sobre este tema (Agosto 2017 – Julio 2018) consistió en la construcción e instalación de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de temperatura y humedad de un invernadero en la localidad de Ucum, ubicado en las coordenadas GPS: Longitud -88.518333 y latitud 18.503056 a una mediana altura de 40 metros sobre el nivel del mar, esta localidad pertenece al Municipio de Othón P. Blanco y a una distancia aproximada de 30 kilómetros de la ciudad de Chetumal, capital del Estado de Quintana Roo México. El objetivo de este proyecto en su primera etapa consistió en construir la red de sensores que midan parámetros tales como humedad, temperatura en un invernadero y posteriormente, en una segunda etapa utilizar esos datos y dotar de algoritmos que permitan darle autonomía a esos sensores y tomar decisiones sobre controlar electro-válvulas



para un sistema de riego autónomo. Primero se hicieron pruebas de laboratorio de los sensores que serían seleccionados para ser instalados. Posteriormente, se diseñó la forma en que se instalarían los sensores en el invernadero y cómo se lograría recepcionar en la oficina principal la señal de los sensores que emitía el arduino y que recepciona la tarjeta raspberry.

## RESULTADOS

El invernadero tiene 3 “camas” y 3 sembradíos en piso que contienen cultivos de chile habanero y a las cuales se les han instalado dos sensores de humedad, dos sensores de temperatura y una electroválvula para riego, en la figura 2 se muestran estos cultivos.



Figura 2. Cultivos de Chile habanero en las “camas” a las que se les conectaron los sensores.

Para el control de los sensores se utilizaron tarjetas electrónicas Arduino Mega a las cuales se le conectaron cuatro sensores de humedad, cuatro de temperatura, dos electroválvulas, ver Figura 3.



Figura 3. Tarjeta Arduino Mega con sensores y tarjeta Xbee.

Los sensores arriba mencionados, envían información a una tarjeta Xbee que se encarga de concentrar y transmitir la información a una tarjeta tipo Arduino-Uno, que a su vez tiene conectada una tarjeta Xbee, esta última es la encargada de recibir toda la información y pasar-

la por medio de un enlace vía ethernet a una base de datos almacenada en una computadora Raspberry PI 3.

En la figura 4 se muestra parte del proceso de elaboración de la red de sensores. En la figura 5 se muestran los sensores ya conectados y colocados en piso.



Figura 4. Proceso de elaboración de la red de sensores.

Esta arquitectura es la más comúnmente utilizada con éxito en cuatro proyectos anteriores desarrollados en el Centro de Innovación Tecnológica del Estado de Quintana Roo. Con base en lo anterior, se considera una buena alternativa para su uso en proyectos relacionados con la transmisión de grandes volúmenes de información obtenida por sensores.



Figura 5. Sensores colocados en piso.

Cabe señalar que es muy importante que la red destinada para la transportación de la información suministrada por los sensores, sea inalámbrica. En caso contrario la conectividad estaría condicionada a la infraestructura y a las condiciones geográficas del área en donde se vaya a implementar. En la figura 6 se muestra un diagrama a bloques de la estructura utilizada en el Invernadero de Ucum, Quintana Roo.

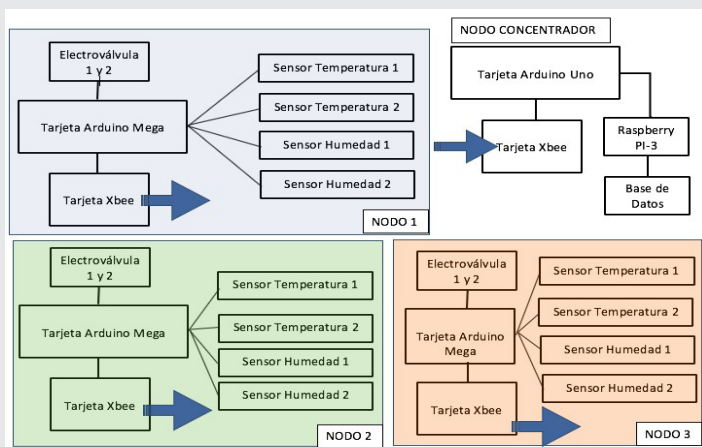


Figura 6. Diagrama a bloques de la estructura utilizada en el Invernadero de Ucum Quintana Roo.

dad. <http://www.libelium.com/libelium-downloads/libelium-bit-coit.pdf>.

[4] Esquivel et al (2015) Esquivel Pat, Agustín. (julio - diciembre 2015). Implementación de una Red de Sensores para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua. Revista del Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología. Volumen 8, ISSN: 2007-6428

[5] Cama-Pinto et al (2016). Cama-Pinto, Alejandro, Acosta-Coll, Melisa, Piñeres-Espitia, Gabriel, Cacedo-Ortiz, José, Zamora-Musa, Ronald, & Sepulveda-Ojeda, Jorge. (2016). Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 24(4), 581-599. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000400005>

[6] Archila (2013). Archila Diana. A. (julio - diciembre 2013). Estado del arte de las redes de sensores inalámbricos. Revista Digital TIA. Volumen 2 (Número 1), ISSN: 2344-8288.

### CONCLUSIONES

Con base en todo lo anterior se puede concluir que el Internet de las cosas más específicamente la red de sensores es una tecnología que se encuentra actualmente al alcance de todos. Lo importante es considerar los diferentes escenarios en los pueden aplicar y la utilidad de éstos. Otro punto importante que se debe considerar, son la gran cantidad de datos que se generan por parte de los sensores, esto significa que se debe de estar preparado para el manejo de esta gran cantidad de información que se obtiene cada segundo. También hay que considerar que una red de sensores aunque pueda ser muy útil, también debe de ser económica para poder ser tanto factible como viable. La experiencia aquí presentada es de suma importancia ya que se pudo trabajar con varios tipos de sensores y tarjetas inteligentes que puede procesar información, y determinar la más económica. Para éste tipo de acciones en de suma importancia tener las siguientes consideraciones:

- La red de sensores debe ser inalámbrico.
- Debe considerar grandes distancias (como mínimo en lugares abiertos 100 metros).
- Debe permitir el envío y recepción de grandes volúmenes de información.

### BIBLIOGRAFIA

[1] Bankinter. (2011). El Internet de las Cosas. AC-CENTURE. Banafa, Ahmed. (enero 2015). Internet de las cosas (IC): la tercera oleada. Lugar de publicación: Estados Unidos. <https://www.bbvaopenmind.com/internet-de-las-cosas-ic-la-tercera-oleada/>.

[2] May et al (2013). May Canche, Isaías. (julio - diciembre 2013). Implantación del Centro de Innovación Tecnológica del estado de Quintana Roo. Revista del Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología. Volumen 6, ISSN: 2007-6428.

[3] Gascón (2010). Redes de Sensores Inalámbricos, la tecnología invisible. España: Tecnología y socie-