

# PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE CONTROL Y MONITOREO DE PARÁMETROS AMBIENTALES IMPLEMENTANDO INTERNET DE LAS COSAS

## ELECTRONIC PROTOTYPE FOR CONTROL AND MONITORING OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS IMPLEMENTING INTERNET OF THINGS

**Manuel de Jesús Gámez López.**

Ingeniero en Electrónica.

Docente Investigador.

ITCA-FEPADE MEGATEC Zacatecoluca.

manuel.gomez@itca.edu.sv

Recibido: 30/04/2018 - Aceptado: 24/07/2018

### Resumen

El “Internet de las Cosas”, es un fenómeno imparable de conexión de todo con todo, por el auge de sensores, chips programables cada vez más pequeños (nano tecnología), con tecnologías incorporadas como wifi/ BT, y la evolución de la conectividad o ancho de banda de internet. Internet de las Cosas (IoT, por sus iniciales en inglés, Internet of Things), representa quizá uno de los nichos tecnológicos más importantes de los últimos tiempos. Se entiende por IoT un conjunto de dispositivos o “cosas” interrelacionadas entre sí, y a su vez, conectadas a Internet, a través del cual envían o reciben datos. Este artículo describe la implementación de un prototipo electrónico e informático para el control y monitoreo de parámetros ambientales en una sala de equipo de comunicaciones. El dispositivo obtenido es una herramienta tecnológica base, que puede implementarse en diversas aplicaciones; como, por ejemplo: Estaciones meteorológicas (clima), cadena alimenticia, verificación de temperatura ambiente de los alimentos en un refrigerador (salud), sistemas inteligentes en el hogar (luces, aparatos, otros), medición del ritmo cardiaco de una persona (biomédica), deshidratadora de frutas (control y monitoreo de temperatura/humedad), etc. Todo esto haciendo las debidas modificaciones a los tipos de sensores a utilizar que debe estar acorde al área de aplicación entre otros. La investigación fuente de este artículo, se enfocó en el desarrollo de una plataforma web, y el dispositivo electrónico IoT. La conectividad a Internet de dicho dispositivo electrónico, se logra por medio del protocolo TCP/IP, incorporado como una de las características de la tarjeta electrónica Shield Ethernet apilada en Arduino MEGA.

### Palabras clave

Monitoreo - temperatura, computación en la nube, Internet de las Cosas, microcontroladores.

### Abstract

The “Internet of Things”, is an unstoppable phenomenon based on the connection of everything with everything, due to the rise of sensors, increasingly smaller programmable chips (nanotechnology), with built-in technologies such as Wi-Fi / BT, and the evolution of connectivity or internet bandwidth. Internet of Things (IoT), represents perhaps one of the most important technological niches of the recent times. IoT can be described as a set of devices or “things” interrelated between themselves and at the same time connected to the Internet, through which they send or receive data. This article describes the implementation of an electronic and computer prototype for the control and monitoring of environmental parameters in a communications equipment room. The device obtained is a base technological tool, which can be implemented in various applications as, for example: Weather stations (weather), food chain, verification of food ambient temperature inside a refrigerator (health), intelligent systems in the home (lights, appliances, others), measurement of a person's heart rhythm (biomedical), fruit dehydrator (temperature / humidity control and monitoring), etc. All this by making the appropriate modifications to the types of sensors to be used that must be consistent with the area of application, among others. The research source of this article, focused on the development of a web platform, and the electronic devices from IoT. The Internet connectivity of said electronic device is achieved through the TCP / IP protocol, incorporating as one of the characteristics a Shield Ethernet electronic card; stacked in Arduino MEGA.

### Keyword

Monitoring - temperature, cloud computing, Internet of Things, microcontrollers.

## Introducción

El siglo XXI ha sido marcado por grandes avances tecnológicos desde sus primeros años: la creciente miniaturización de las computadoras personales, el nacimiento y auge de los teléfonos inteligentes, las tabletas y el cómputo en la nube, son sólo algunos de los ejemplos más importantes que podríamos destacar; que poco a poco han cambiado el comportamiento de las personas en la llamada sociedad de la información. Un estudio sobre los hábitos de los usuarios de Internet en México 2015, realizado por la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), revela que de los 53.9 millones de usuarios mexicanos, 5 de cada 10 acceden a Internet desde su teléfono inteligente y pasan en promedio 6 horas y 11 minutos al día conectados y la tendencia es que este número aumente gradualmente en los años siguientes (Asociación Mexicana de Internet, 2015) [1].

¿Qué relevancia tiene esta información? Esta pregunta tiene una respuesta muy simple: 53.9 millones de personas que están conectadas en promedio 6 horas y 11 minutos al día a Internet mediante una variedad de dispositivos, genera una cantidad monstruosa de datos al día, por lo que actualmente hay ramas de las tecnologías de la información que se encargan de encarar la ardua tarea de procesar esos datos y cuyos frutos han sido el desarrollo de sistemas que funcionan bajo enfoques diversos como las implementaciones de almacenes de datos (Data Warehouse) o de datos masivos (Big Data) [1].

El Internet de las Cosas, en cuanto a los dispositivos, toma una importancia mayor gracias a su constante miniaturización, su producción en masa que abarata su costo y permite que más y más personas puedan hacerse de ellos, y comenzar a experimentar con su uso. Esto marca el inicio de un concepto llamado M2M, Machine-to-Machine, en el cual dos dispositivos se interconectan entre sí para realizar una acción conjunta. Sin embargo, esta interacción se limitaba a la zona donde los dispositivos estaban ubicados, por lo que a pesar del gran potencial que el M2M representaba, sólo se pudo aprovechar por sectores específicos como la

construcción de edificios inteligentes (torres ejecutivas, centros comerciales, instituciones de gobierno y educación, etc.). Esto cambió totalmente con la llegada del Internet al campo de los dispositivos, que produce un cambio de paradigma al que se le ha denominado simplemente como Internet de las Cosas.

Tres elementos que conforman cualquier diseño de solución basado en IoT son [1]:

- Los objetos físicos y sus características que estamos interesados en medir.
- Los dispositivos que nos permitirán tener una influencia sobre dichos objetos a través de diferentes aproximaciones: censar, hace referencia a la toma de mediciones; controlar tiene un tipo de influencia directa o indirecta en el comportamiento de los objetos; y actuar, que permite otorgar cierta autonomía al objeto para actuar según estímulos y eventos externos sobre el.
- Internet, la principal vía de envío y recepción de datos entre objetos, sin embargo, esto no ha evitado que recientemente se implementen mecanismos alternativos de interconexión.

Este artículo describe el diseño y desarrollo de un sistema IoT para la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea, COCESNA. El sistema está compuesto por un dispositivo electrónico con conectividad a la red LAN e Internet para la medición de magnitudes físicas ambientales a través de sensores; un portal web que contiene como principal elemento pictórico un Dashboard o gráficas interactivas donde se puede visualizar la información que envía el dispositivo IoT; además se describe una aplicación móvil para sistema operativo Android, los cuales interactúan en conjunto para la monitorización en tiempo real de magnitudes físicas de temperatura, humedad, entre otras. Se explica la conectividad de la información por medio del portal web, el cual tiene la opción de poder escalar y adicionar nuevas salas de equipos de comunicaciones por país a nivel de Centro América.

## Metodología

Para el desarrollo del proyecto se aplicó la gestión de proyectos AGILE. Esta es una metodología de gestión de proyectos ampliamente usada en el sector IT (Information Technology) y proyectos de organización

empresariales, que tiene como principal virtud la flexibilidad y capacidad de modificar el producto a lo largo del proyecto, ya que estos se van usando al mismo tiempo que se desarrollan.

Esta metodología se basa en dividir el proyecto en fases o sprint, las cuales fueron:

**Inicio:** se determinó el siguiente objetivo, desarrollar un sistema IoT que realice la monitorización de los datos a través de un dispositivo electrónico, integrado con los sensores de interés; el cual debe estar conectado a Internet a través de un portal web para visualizar la información gráficamente en tiempo real.

### Desarrollo del sprint

Para el sistema IoT se desarrollaron:

- Un dispositivo electrónico con una serie de sensores para leer los datos de las magnitudes físicas preseleccionadas del entorno: temperatura, humedad, movimiento; según los requerimientos de COCESNA; con conectividad a la red LAN e Internet.
- Un portal web que contiene como principal elemento pictórico un Dashboard o gráficas interactivas donde se puede visualizar la información que envía el dispositivo IoT. El portal web tiene la opción de poder escalar y adicionar nuevas salas de controles por país a nivel de Centroamérica.
- Una aplicación móvil para sistema operativo Android, los cuales interactúan en conjunto para la monitorización en tiempo real de magnitudes físicas de temperatura, humedad, entre otras.

**Cierre:** El sistema de IoT fue presentado a los técnicos de COCESNA, quienes tendrán la responsabilidad implementar y desarrollar el proyecto.

## Lugar de implementación

Los criterios empleados para seleccionar el sector e implementar el sistema desarrollado, están centrados en la búsqueda de necesidades reales de la industria salvadoreña en la parte tecnológica. El lugar de implementación seleccionado para el desarrollo de este proyecto fue COCESNA, sede El Salvador, ubicada en el Aeropuerto de Ilopango Km 9 1/2, Boulevard del Ejercito Nacional, Ilopango, El Salvador.

En COCESNA se identificó la necesidad de mejorar el monitoreo de sus salas de equipos de comunicaciones. No se contaba con un registro de parámetros ambientales como temperatura y humedad con alertas o notificaciones oportunas vía e-mail, que permitiera mantener dichas salas dentro de las tolerancias definidas por COCESNA o por el fabricante. Esta situación representaba un riesgo para la estabilidad operativa de los equipos y tomar acciones ante posibles casos de sobrecalentamiento de los mismos, afectando la disponibilidad del servicio.

## Elementos del Sistema IoT

El estudio previo de la investigación, permitió analizar las diferentes alternativas constructivas del sistema de IoT. A través del método de criterios ponderados, se determinó el tipo de dispositivo electrónico a desarrollar.

Como resultado de este proceso se estableció que el sistema a implementar es un dispositivo con conectividad a Internet vía Ethernet (medio guiado o con cableado) descartando la opción de realizarlo vía WIFI (medio no guiado o sin cableado) debido a la existencia de un inhibidor de frecuencia o bloqueador de señal instalado en la Cárcel de Mujeres, cercana a las instalaciones COCESNA. El sistema IoT controla objetos que entran en función cuando se supera un umbral de temperatura o humedad parametrizado en el portal web; además de incorporar avisos o notificaciones oportunas de acciones “todo/nada” en el portal web, vía e-mail y por SMS a través de la red móvil. De esta manera se proporciona información ágil y oportuna para la toma de decisiones inmediatas y prevención de daños en los equipos dentro de la sala.

Este dispositivo electrónico emplea elementos: Open Source en Hardware y Software. En la figura 1 y 2, se puede apreciar la disposición constructiva del dispositivo electrónico.



Figura 1. Construcción del prototipo electrónico.

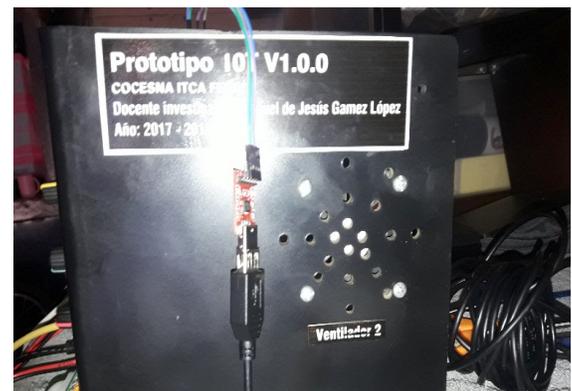


Figura 2. Vista lateral derecha.

Como se aprecia en la figura 1, el dispositivo electrónico se compone principalmente de una tarjeta electrónica controladora (Arduino/cerebro), un Shield Ethernet, sensores y actuadores (indicadores), interfaz electrónica de relé para cargas de alta tensión (DC/AC), interruptores de puesta en marcha o paro del dispositivo, pantalla LCD para visualizar datos de los sensores, sistema de enfriamiento compuesto por dos cooler laterales.

**Arduino.** Es una plataforma de hardware y software de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es decir, una plataforma de código abierto para prototipos electrónicos.

**Shield Ethernet** (Hardware Ethernet en Arduino). El Arduino Ethernet Shield nos da la capacidad de conectar un Arduino a una red Ethernet. Es la parte física que implementa la pila de protocolos TCP/IP. Está basada en el chip Ethernet Wiznet W5100. El Wiznet W5100 provee de una pila de red IP capaz de soportar TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de sockets simultáneas. Usa la librería Ethernet para leer y escribir los flujos de datos que pasan por el puerto Ethernet. Permite escribir sketches que se conecten a Internet usando esta Shield.

Se utiliza un procesador Xtensa Dual-Core LX6 de 32 bits a 160 ó 240 MHz. El usar dos núcleos permite dedicar uno de ellos a la comunicación IP y WIFI y el otro al resto de procesos. Se resuelve así una de las dificultades más importantes que imponía la arquitectura del ESP8266. Tiene una memoria RAM de 520 kB, accesible por ambos procesadores y puede utilizar memoria RAM externa adicional de hasta 8 MB. En la tabla No.1 se puede apreciar las características y diferencias entre estas potentes tarjetas electrónicas.

**Interfaz electrónica.** Para el diseño de la interface de control se utiliza un transistor y un relé, debido a que los pines en la mayoría de los casos de salida del microcontrolador Arduino, solo son capaz de entregar entre 10 y 30 mA, las exigencia de corrientes superiores pueden dañar el pin programado como salida, tomando en cuenta dicha situación, se utilizan transistores para manejar corrientes mayores y se utiliza un relé para manejar corrientes mucho mayores a las que se puede manejar un transistor BJT, además de proveer de aislamiento para manejar corriente alterna. En el diagrama se muestra un opto-acoplador conectado a un transistor NPN, haciendo lo que se conoce como transistor Darlington que permite que la bobina del relé se energice, se utiliza una optocoupla para aislar las corrientes del transistor y de la salida del microcontrolador, para que este maneje un LED que alimentará la base del transistor a través de la optocoupla.

De manera simplificada funciona como un interruptor controlado por un circuito electrónico compuesto por resistencias limitadoras de corriente y una optocoupla, un transistor y un diodo rectificador que protege al transistor. El transistor se utiliza como switch electrónico en el que controla la salida del relé y el electroimán interno se acciona, permitiendo abrir o cerrar los contactos siendo capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

**Sensor.** Es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas.

Las variables de instrumentación pueden ser: intensidad lumínica, temperatura, humedad, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, movimiento, PH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Tipos de sensores.

- Sensores activos: este tipo de sensores inyectan luz, microondas o sonido en el medio ambiente y detectan si existe algún cambio en él.
- Pasivos: muchas alarmas y sensores utilizados usan la detección de ondas infrarrojas. Estos sensores son conocidos como PIR (pasivos infrarrojos). Para que uno de estos sensores detecte a los seres humanos se debe de ajustar la sensibilidad del sensor para que detecte la temperatura del cuerpo humano.

Para implementar el sistema IoT a través de tarjetas electrónicas WIFI, se pueden utilizar:

**ESP8266.** La placa de desarrollo NodeMCU está basada en el popular chip que revolucionó el Wifi en sistemas embebidos.

**ESP32.** Es un dispositivo mucho más potente, no solo porque sea más rápido, sino porque está diseñado pensando en que sea un microcontrolador para el IoT.

En la tabla No.1 se presentan las características eléctricas de módulos WIFI para IoT.

Tabla No.1. Comparación de especificaciones.

Características	ESP8266	ESP32
Procesador	Tensílica LX106 32 bit a 80 MHz (hasta 160 MHz)	Tensílica Xtensa LX6 32 bit Dual Core a 160 MHz (hasta 240 MHz)
Memoria RAM	80 kB (40 kB disponibles)	520 kB
Memoria Flash	Hasta 4 MB	Hasta 16 MB
ROM	No	448 kB
Alimentación	3.0 a 3.6 V	2.2 a 3.6 V
Rango de temperaturas	-40°C a 125°C	-40°C a 125°C
Consumo de corriente	80 mA (promedio) 225 mA máximo	80 mA (promedio) 225 mA máximo
Consumo en modo sueño profundo	25 uA (RTC + memoria RTC)	2.5 uA (10 uA RTC + memoria RTC)
Coprocesador de bajo consumo	No	Si, consumo inferior a 150 uA
WiFi	802.11 b/g/n (hasta +20 dBm) WEP, WPA	802.11 b/g/n (hasta +20 dBm) WEP, WPA
Soft-AP	Si	Si
Bluetooth	No	v4.2 BR/EDR y BLE
UART	2* (En una de ellas solo puede utilizarse el pin Tx)	3
I2C	1	2
SPI	2	4
GPIO (utilizables)	32	11
PWM	8	16
ADC	1 (10 bit)	18 (12 bit)
ADC con preamplificador	No	Si (Bajo ruido) Hasta 60 dB
DAC	No	2 (8 bit)

Características	ESP8266	ESP32
1-Wire	Implementación por software	Implementación por software
I2S	1	2
CAN bus	No	1 x 2.0
Ethernet	No	10/100 Mbps MAC
Sensor de temperatura	No	Si
Sensor efecto HALL	No	Si
IR	Si	Si
Temporizadores	3	4 (64 bits)
Encriptación por hardware	No (TLS 1.2 por software)	Si (AES, SHA, RSA, ECC)
Gen. de núm. aleatorios	No	Si
Encriptación de la flash	No	Si
Arranque seguro	No	Si

**Actuador.** Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica neumática o eléctrica en la activación de un proceso, con la finalidad de generar sobre éste un efecto automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo un ventilador, aire acondicionado, una válvula. Son los elementos que influyen directamente en la señal de salida del automatismo, modificando su magnitud según las instrucciones que reciben de la unidad de control.

**Pantalla LCD.** Una pantalla de LCD (acrónimo de “pantalla de cristal líquido”) está formada por un determinado número de píxeles que se colocan delante de una fuente de luz. El cristal líquido permite que la luz pase de un polarizador al otro. Es el elemento que muestra la información al usuario del ambiente dentro de la sala.

**Portal Web.** Plataforma web diseñada para la comunicación, control y monitoreo de información hacia y desde el dispositivo electrónico.



Figura 3. Inicio de sesión



Figura 4. Pantalla principal

A continuación se muestran una serie de figuras de la 5 a la 9, donde se visualiza la información procesada por el dispositivo IoT dentro de la sala en el portal web.



Figura 5. Configuración de País y sala a monitorear (Centroamérica)

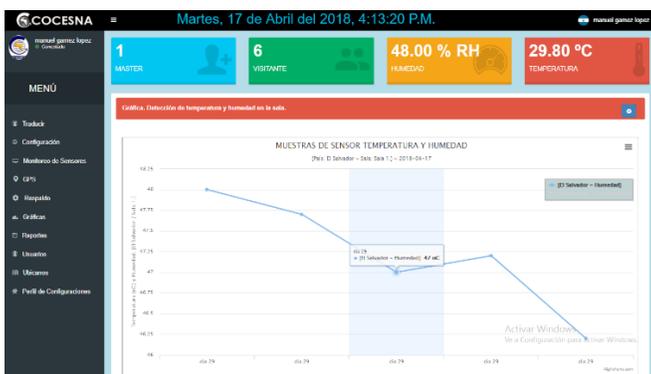


Figura 6. Gráfica de visualización de la humedad

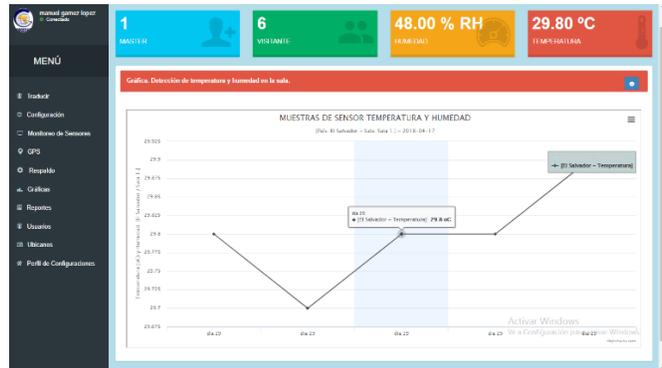


Figura 7. Gráfica de visualización de la temperatura

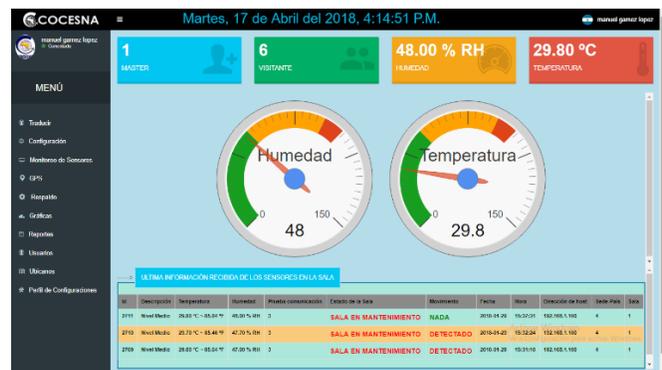


Figura 8. Gráfico analógico de temperatura y humedad

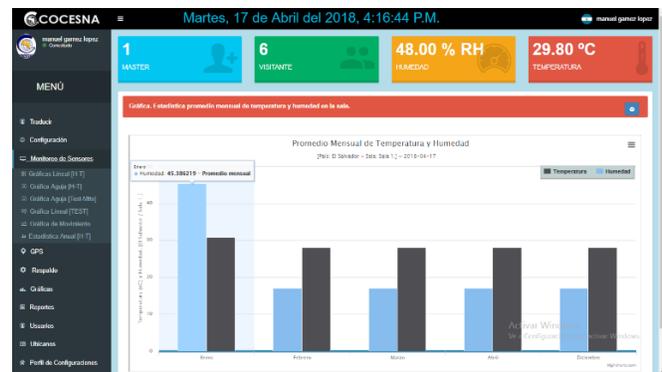


Figura 9. Gráfico estadístico de temperatura y humedad mensual

**App.** Es una aplicación de software que se instala en dispositivos móviles o tablets para ayudar al usuario en una labor concreta, a diferencia de una webapp que no es instalable.

El objetivo de una App es facilitar la consecución de una tarea determinada o asistirnos en operaciones y gestiones del día a día.

Para el desarrollo de la App se utilizó el IDE de Android Studio 3.0

Se presentan una serie de figuras, de la 10 a la 15, con la App desarrollada como parte de este proyecto.



Figura 10. Splash-Screen



Figura 11. Web COCESNA

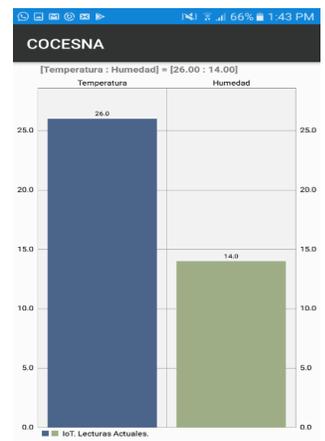
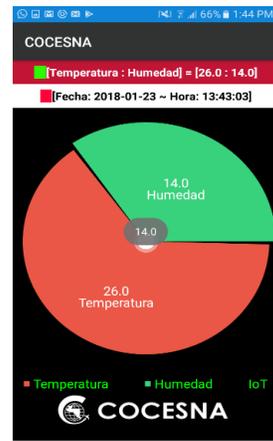


Figura 15. Vistas de lecturas de temperatura y humedad en gráfica de pastel y barras correspondientemente

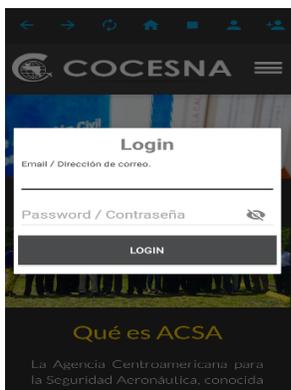


Figura 12. Inicio de sesión



Figura 13. Menú principal

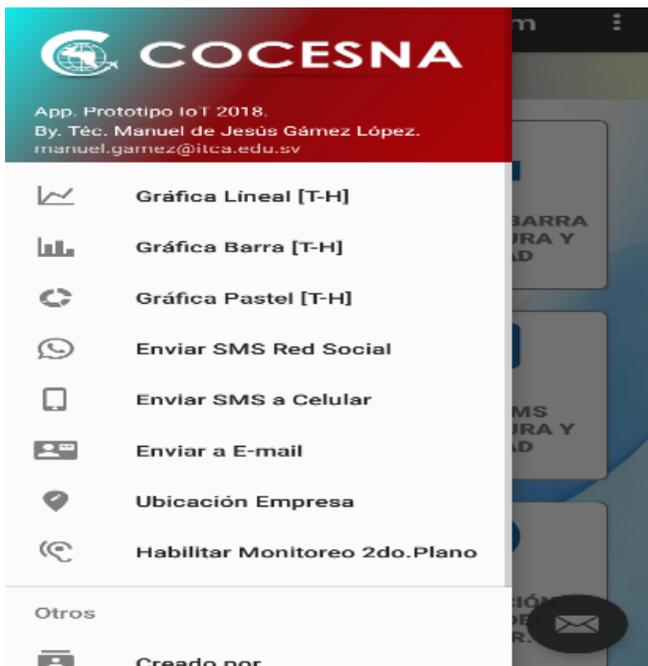


Figura 14. Menú lateral deslizante

## Desarrollo experimental

Con el fin de verificar la correcta operación del sistema IoT desarrollada se procedió a realizar una prueba de comunicación entre las partes del sistema. Estas son:

- **Cerebro del sistema:** este elemento es conformado por una tarjeta electrónica Arduino Mega, la cual lleva apilado un Shield o escudo Ethernet para el intercambio de datos entre placas. Arduino Mega es el responsable de tomar y procesar la información captada por los sensores. Además envía esta información al escudo Ethernet, el cual por sus características permite hacer uso del protocolo TCP/IP para subir la información al servidor local una vez que el cerebro se lo indique.
- **Sensores:** son los elementos que capturan la información del ambiente, la cual es enviada a la tarjeta controladora o cerebro del sistema para ser procesada y a la vez enviada a la red por medio del Shield Ethernet.
- **Actuadores:** estos elementos conformados por una interface electrónica con módulos relé sirven para el control de cargas de alta tensión 120VAC / 220VAC. Los módulos relé son controlados a través de señales TTL proporcionadas por la placa Arduino Mega. A esta interface electrónica se conectan los objetos a controlar, tales como aire acondicionado, ventilador, entre otros.
- **Servidor Web:** este equipo es una aplicación que utiliza el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) para servir los archivos de las páginas web a los usuarios en respuesta a sus solicitudes, que son reenviadas por los clientes HTTP de sus computadoras.
- **Router:** este elemento o dispositivo de hardware es el que permite la interconexión de ordenadores en red. Fue a este elemento donde se conectó

el dispositivo IoT construido para enviar la información de los parámetros ambientales al servidor, entre otros.

Para el envío de la información al servidor remoto fue necesario abrir la web de administración del Router para realizar configuraciones básicas como: habilitar el puerto donde escucha y responde peticiones entrantes y salientes, realizar reserva de dirección IP a través de la dirección MAC del dispositivo IoT; lo anterior permite indicarle al servidor DHCP del Router o sistema operativo de red que el dispositivo siempre adquiera el mismo identificador de red (dirección IP).

- **Dashboard:** es una representación gráfica o una interface gráfica de usuario que sirve para presentar la información que maneja un sistema, para este caso de estudio, las gráficas de temperatura, humedad, movimiento, señal de testing de comunicación y SW on/off. Un ejemplo de Dashboard es el panel de control de cara al conductor de un vehículo o al piloto de una aeronave, que contiene los instrumentos y los controles.
- **Portal Web:** es un sitio web o portal de Internet que ofrece al usuario, de forma fácil e integrada, el acceso a una serie de recursos y de servicios relacionados con un mismo tema. Para este caso de estudio, este portal contiene una serie de elementos gráficos para mostrar la información brindada por el dispositivo IoT figuras 5-9.

El prototipo se probó localmente para poder determinar si era posible desarrollarlo y escalarlo a la nube (Cloud Computing), habiendo logrado los resultados que se aprecian a continuación en la figura 16.

Computación en la Nube o Cloud Computing, conocida también como servicios en la nube, es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que usualmente es Internet.

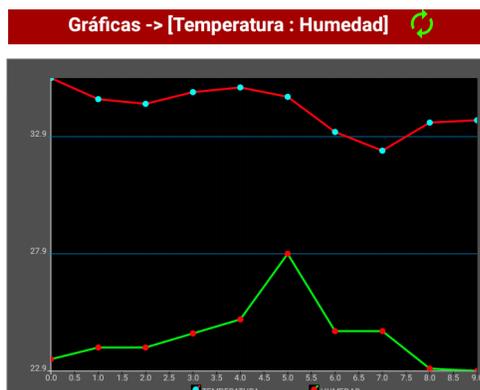


Figura 16. Curvas de temperatura y humedad obtenidas de manera experimental

## Conclusiones

- En este artículo se ha abordado el concepto de Internet de las Cosas (IoT) desarrollado en el proyecto y las particularidades que lo conforman. Se han propuesto soluciones en la interconexión de objetos con acceso a Internet, construyendo un dispositivo electrónico de IoT conectado a la nube; éste a su vez sirve como concentrador o HUB para interconectar otros objetos al sistema a través de los puertos IO (Input /Output), canales digitales y analógicos de entrada y salida que incorpora este dispositivo.
- El dispositivo IoT puede controlar objetos y monitorear a través de la instrumentación electrónica, tantos elementos como canales IO disponga la tarjeta principal. La tarjeta utilizada para la construcción de este dispositivo fue Arduino Mega, la cual tiene 54 pines de entradas/salidas digitales, 14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM, 16 entradas analógicas, 4 UARTs puertos serial por hardware. La tarjeta tiene un cristal oscilador de 16MHz con conexión USB para su programación a través de un ordenador.
- En este proyecto se desarrolló un sistema IoT utilizando dispositivos, tales como sensores y actuadores, entre otros, con el fin de generar soluciones acordes con las necesidades del sector productivo, utilizando hardware y software de bajo costo que incluya la capacidad de comunicarse con otros aplicativos para generar mayor valor a los procesos de negocio.
- Este proyecto tuvo como objetivo incursionar en la Internet de las Cosas que puede ser aplicable en diferentes sectores productivos de El Salvador.
- En coordinación con COCESNA se identificó la oportunidad de mejorar el monitoreo de sus salas de equipos de comunicaciones. Con este proyecto se ha contribuido a controlar y registrar parámetros ambientales, tales como temperatura y humedad, así como alertas o notificaciones oportunas a e-mail que permiten mantener dichas salas con los parámetros ambientales dentro de las tolerancias definidas por COCESNA o por el fabricante. Se ha disminuido el riesgo para la estabilidad operativa de los equipos y se puede incidir en la toma de acciones ante posibles casos de sobrecalentamiento de los mismos que afecten la disponibilidad del servicio brindado por estos.

## Referencias

- [1] G. Acevedo García, y A.D.Ruiz. «Propuesta de un modelo de referencia basado en internet de las cosas para diseñar soluciones utilizando tecnologías de la información y comunicaciones», [en línea]. UNAM: México, D.F., 2015. Disponible en: <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xx/docs/14.02.pdf>. [Accedido: 15-abr-2018]
- [2] A. McEwen y H.Cassimally, Internet de las cosas: la tecnología revolucionaria que todo lo conecta. 1ª ed. Madrid: Anaya Multimedia, 2014. 336 p.