

Otoniel Flores-Cortez<sup>1</sup>, Ronny Cortez<sup>2</sup>, Verónica Idalia Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>.omar.flores <sup>2</sup>.ronny.cortez <sup>3</sup>.veronica.rosa : @utec.edu.sv

Vicerrectoría de Investigación - Universidad Tecnológica de El Salvador

## Introducción

El medio ambiente es esencial en la vida del ser humano. Aspectos como la agricultura, el transporte, las comunicaciones, la salud y otros pueden verse afectados por cambios en magnitudes ambientales como temperatura, humedad, presión atmosférica, la velocidad del viento, contaminación del aire, entre otras. Por lo que es de suma importancia conocer en tiempo real el comportamiento de estas y otras magnitudes, y así poder tomar acciones para prevenir o corregir impactos en la vida de los seres vivos.

Uno de los contaminantes ambientales de mayor impacto es el Material de Partículas, o PM por sus siglas en inglés. Se define como una mezcla de partículas líquidas y sólidas, que están suspendidas en el aire. Se clasifican, según su diámetro, como PM10 (<= 10um) y PM2.5 (<= 2.5um), ver figura 1 (MARN,2017).

El índice centroamericano de calidad del aire (ICCA), es valor numérico adimensional para la notificación de la calidad del aire. Indica el grado de pureza o contaminación atmosférica y los efectos para la salud, Ver imagen 2. En El Salvador, el ente encargado del monitoreo de la calidad del aire es el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN por sus siglas. Actualmente el MARN cuenta con 3 estaciones para el monitoreo de la calidad del aire y todas ubicadas en la ciudad de San Salvador (MARN,2017). Algunos de los problemas de las estaciones actuales son: alto costo de adquisición inicial, alto costo de mantenimiento o reparación, son voluminosas, instalación y puesta en marcha y poco o nulo personal capacitado experto. A partir de lo anterior, este trabajo busca aplicar técnicas de internet de las cosas (IoT), en el diseño e implementación de una estación telemática de monitoreo de contaminante PM, así como una plataforma web para el despliegue de los datos colectados por la estación remota; esto con el objetivo de ser un apoyo a las labores de monitoreo del MARN.

## Metodología

Los bloques principales intervienen en el sistema IoT son: Nodos IoT: dispositivo con sensores / actuadores conectados directamente a través de redes inalámbricas y que acceden a Internet. Gateway: dispositivo que actúan como intermediarios entre el nodo y la nube. Plataforma IoT: servicios en línea en la nube, que sirve de colector de los datos provenientes de los nodos. Aplicaciones: la forma en que el sistema presenta los datos al usuario final (Bahga,2014).

El diseño del sistema IoT inicio definiendo el propósito del sistema: estación de monitoreo automatizado para contaminante PM dotada de comunicación vía Wifi que permita el reporte y visualización Web de sus mediciones, la estación cuenta un controlador digital programado para realizar una lectura periódica del sensor y a su vez transmitir por medio de un transceptor Wifi datos hacia un servicio o plataforma en la "nube". Los componentes técnicos que se utilizaron para implementar el sistema son: un microcontrolador LoPy Esp32 microPython, como sensor de material de partículas se uso el sensor PMS5007, el sensor DS18B20 para tomar temperatura, una pantalla Oled para despliegue en el dispositivo de los valores captados.

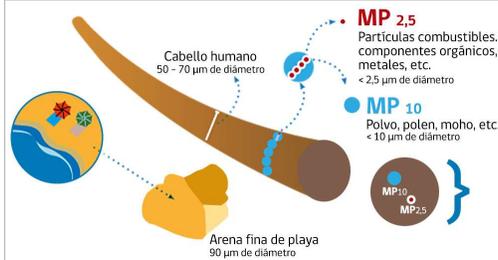


Figura 1: Comparación diámetros de Material Particulado 2.5 y 10

Tabla 2. Índice Centroamericano de Calidad del Aire	
ICCA	Interpretación
Buena	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
Satisfactoria	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
No satisfactoria (dañina a la salud de los grupos sensibles)	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre.
Dañina a la salud	La gente con enfermedades respiratorias tales como asma, deben evitar el esfuerzo al aire libre; todas las demás personas, sobre todo los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
Muy dañina a la salud	Las personas con enfermedades respiratorias tal como asma deben evitar todo el esfuerzo al aire libre; especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
Peligroso	Toda persona debe evitar el esfuerzo al aire libre; personas con la enfermedad respiratoria tales como asma, deben permanecer dentro de sus casas.

Figura 2: Índice Centroamericano de Calidad del Aire

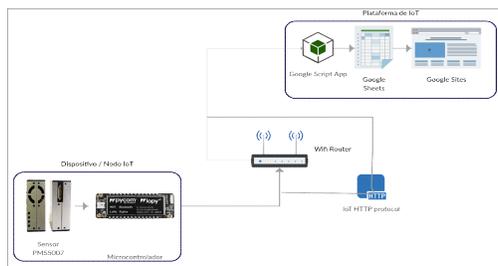


Figura 3: Arquitectura del sistema IoT planteado



Figura 4: Prototipo electrónico de estación telemática

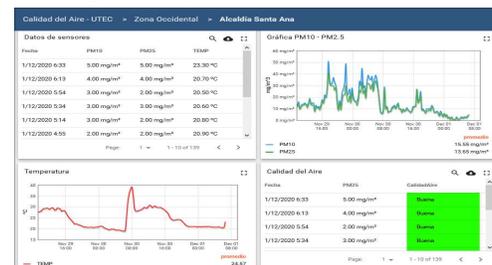


Figura 5: Vista Web de datos de una estación del sistema IoT



Código QR  
Panel web



Código QR  
Artículo la investigación

Como API de comunicación se usa Google Script API y la comunicación de datos se hace con protocolos 802.11, IPV4/6, TCP y HTTP. En el lado de la plataforma de visualización en línea, se utilizó el protocolo JSON en el enlace telemático entre la estación y la aplicación web, además de las aplicaciones del AWS para el despliegue de tableros y almacenamiento de la información de cada estación, ver figura 3. En la elección de cada componente se prefirió aquellos que destacaran por su bajo costo, calidad y desempeño.

El principal resultado de este proyecto es el prototipo de IoT de estación electrónica que permite monitorear los niveles de contaminación por material de partículas, la cual se muestra en la figura 4, junto a un sitio web con tableros para la visualización de los datos enviados por cada estación en tiempo real. En una etapa inicial del sistema se implementaron 5 estaciones en diversos puntos del país: San Salvador, Santa Tecla, Santa Ana, San Miguel y La Unión. Para cada punto se instaló una estación en un punto de la ciudad, junto a cada estación se creó una página web con gráficos y tablas de datos de la calidad del aire y temperatura para cada ciudad, así como la ubicación geográfica y fotografías de la instalación física de la estación, ver figura 5. El acceso público a los datos reportados por las estaciones del sistema está disponible vía la siguiente dirección: <https://bit.ly/2VnMtWa>

Las estaciones del sistema llevan en funcionamiento aproximadamente un año, hasta el momento uno de los mayores logros ha sido la validación del trabajo por personeros del MARN, quienes realizaron una prueba piloto de comparación de los datos de las estaciones del centro de San Salvador y los datos resultaron ser sumamente similares.

## Conclusiones y trabajo futuro

El sistema fruto de este trabajo, se vuelve una herramienta, funcional y de bajo costo, a disposición del MARN, alcaldías y demás sectores interesados en el monitoreo de la calidad del aire. Se contribuye por tanto al monitoreo, el cual es un paso fundamental en el estudio de comportamiento, impactos y acciones dentro del estudio y cuidado de medio ambiente. Se ha aportado conocimiento científico nuevo, de manera que se muestran nuevas e innovadoras técnicas de uso de componentes de hardware y software, en la implementación de sistemas de IoT. Como trabajo futuro, se desarrolló de más estaciones, el aplicar análisis predictivo y utilizar los conocimientos de este proyecto en el desarrollo de investigación en áreas como: análisis de mantos acuíferos, agricultura, ganadería, desempeño deportivo, entre otros. El proyecto se encuentra en el nivel 5 de maduración de tecnología.

## Referencias Bibliográficas

- MARN. (n.d.). Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente (INEMA) 2017. Retrieved from <http://www.marn.gob.sv/descargas/informe-nacional-del-estado-del-medio-ambiente-inema/>
- Bahga, A., & Madiseti, V. (2014). Internet of Things: A hands-on approach. Vpt

## Agradecimientos

- Esta investigación fue desarrollada gracias a fondos de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Tecnológica de El Salvador
- Agradecemos al personal departamento de monitoreo de calidad del aire del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador por su consejo y apoyo logístico al proyecto