

**Información General**

Facultad: CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA			
Programa Académico: INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES		Grupo(s) de Investigación: GNET	
Nombre del semillero /Sigla: Semillero en sistemas de Telecomunicaciones/ SISTEL		Fecha creación: 12 febrero de 2015	
		Regional: Bucaramanga	
Líneas de Investigación: Comunicaciones inalámbricas - Protocolos de Transmisión y Recepción			
Áreas del saber *			
	1. Ciencias Naturales	X	2. Ingeniería y Tecnologías
	3. Ciencias Médicas y de la Salud		4. Ciencias Agrícolas
	5. Ciencias sociales		6. Humanidades

**Información del Director del Proyecto**

Nombre: Johan Leandro Tellez Garzon	No. de identificación: 1101753049	Lugar de expedición: Vélez
Nivel de Formación Académica (Pregrado / Postgrado / Link de CvLAC): Ingeniero en Telecomunicaciones / Maestría en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones / Doctorado en Ingeniería Eléctrica / <a href="https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000812790">https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000812790</a>		
Celular 3017023213	Correo Electrónico: <a href="mailto:jtellez@correo.uts.edu.co">jtellez@correo.uts.edu.co</a>	

**Información de los autores**

Nombre	No. de Identificación y lugar de expedición	Celular	Correo Electrónico
Luis Miguel Avendaño Lozano	1091679365	3126382244	lmavendano97@outlook.es
Jhon Fredy Villamizar Talero	1098800707	3023687725	frackorlion@gmail.com

**Proyecto**

1. Monitoreo web y análisis de datos ambientales de un cultivo invernadero para control de parámetros de riego mediante una red de sensores inalámbricos.	Modalidad del Proyecto				
	PA	PI	TG	RE	Otra. ¿Cuál?

## 2. Resumen del trabajo:

La tecnología es un recurso que va avanzando a grandes escalas y se debe dar uso efectivo para mejorar la calidad de vida de todos los seres humanos en todos los aspectos. El desarrollo de la humanidad a través de los tiempos se ha visto marcado especialmente por este avance tecnológico, por la contaminación y deterioro ambiental que se ha venido causando a lo largo de la globalización y que ha afectado miles de cultivos perdidos y tierras infértiles. ADICIONALMENTE LA DEMANDA MUNDIAL POR ALIMENTOS SE INCREMENTA AÑO A AÑO SEGÚN DATOS DE LA FAO. Por ende, se buscó la implementación de nuevos métodos que han permitido solucionar esta problemática como son los sistemas de cultivo invernadero que han mejorado la productividad agrícola, el cuidado del medio ambiente y también la calidad de vida humana.

En Colombia se han realizado diferentes estudios con los cultivos invernaderos, y la importancia de tener un control de este cultivo conlleva varios beneficios.

Por tal motivo la finalidad de este trabajo es proponer un sistema de Monitoreo, control de riego y Registro de variables como, temperatura, humedad relativa y humedad del suelo en una maqueta de cultivo invernadero mediante un sistema IoT de redes de sensores inalámbricos. Los datos recolectados por los sensores serán enviadas a la ESP8266, que se comunicara con nuestro bróker MQTT y a su vez el bróker con los demás clientes, como Node JS y la aplicación web; todo esto estará en el servidor, el cual tendrá una base de datos para almacenamiento y consulta del histórico de cada sensor inalámbrico, y de acuerdo al estado actual de la humedad del suelo se avisara al gestor del cultivo para activar el sistema de riego. Como herramienta de desarrollo de la base de datos se usará MYSQL.

De esta manera el gestor del cultivo invernadero podrá realizar consultas del histórico de las variables de desarrollo de las plantas para hacer correcciones con la finalidad de mejorar la productividad. Los resultados de este trabajo serán una metodología para implementar una red de sensores inalámbricos, actuador del sistema de riego, las configuraciones de la base de datos y la comunicación de la placa ESP8266 con los demás clientes. Además, se realizará un teste experimental en una maqueta de cultivo invernadero donde se presentarán las evidencias de la implementación y las variables obtenidas en función del tiempo.

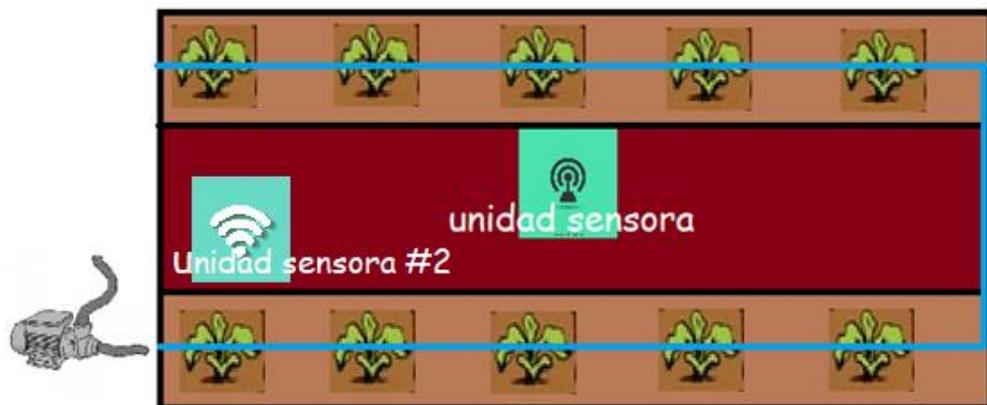
## 3. Objetivo General y Objetivos específicos:

Implementar una red de sensores que permita el envío de los datos ambientales de un cultivo invernadero de tomate a un ente centralizado para ejecución de un análisis de datos con el objetivo de realimentar algunos parámetros de crecimiento de las plantas en tiempo real y mejorar la calidad y competitividad del cultivo.

- Medir variables ambientales de temperatura, humedad relativa, humedad del suelo por medio de una red de sensores inalámbricos con el fin del registro de datos.
- Encontrar alternativas óptimas relación calidad precio de sensores buscando con distintos proveedores ofreciendo una solución económica al campesino.
- Implementar el VPS que contendrá la base de datos y el hosting, para montar una aplicación web visualizando la información recolectada de la red de sensores.
- Realizar un análisis de datos de la información adquirida en el VPS para ejecutar órdenes de control sobre variables del riego del cultivo invernadero de tomate.
- Poner en funcionamiento dentro del VPS el bróker EMQX para poder manejar conexiones simultáneas.

## 4. Análisis de resultados:

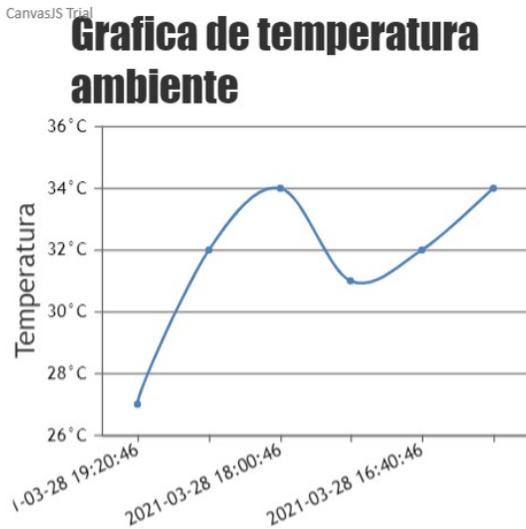
Esta sección muestra los resultados obtenidos del funcionamiento del proyecto de grado mediante la obtención de valores de humedad del suelo, humedad y temperatura del ambiente. Dichos resultados serán mostrados en unas tablas y graficas dentro de la aplicación web gracias a los valores almacenados en una base de datos MYSQL. Por otro lado, comprobaremos el funcionamiento del envío de correos electrónicos ante eventos presentados y a su vez la puesta en marcha del sistema de riego desde la página web.



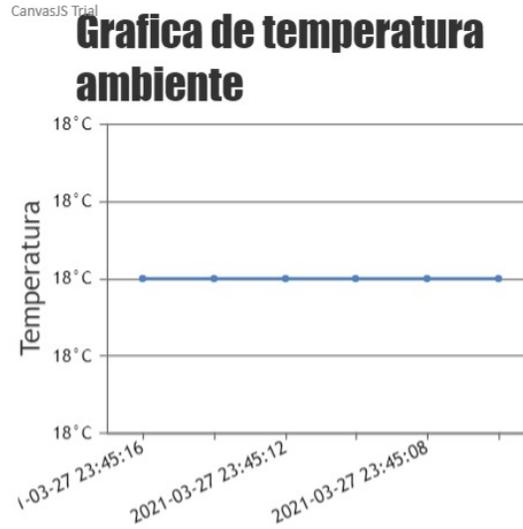
El objetivo del proyecto es comprobar el funcionamiento de la red sensora inalámbrica para mejorar la condición de la planta monitoreando en este caso temperatura y humedad del ambiente y humedad del suelo. Para el cumplimiento de este fin se dispone de una unidad sensora que está conformada por tres sensores y una motobomba de agua y otra unidad sensora que mide solamente temperatura y humedad del ambiente como se muestra en la figura.

En la figura siguiente a y b contiene las mediciones con fecha de la temperatura del ambiente en el día y la noche respectivamente del año 2021. Se puede observar claramente que la temperatura puede variar dependiendo de las horas del día; incluso del tiempo como tal puesto que habrá días nublados y otros que no. Además, podremos obtener un registro más detallado por medio de una tabla y se podrá filtrar por fecha si así se quisiese, sacando distintos dantos que se muestran en la tabla.

A)



B)



**Tabla 1** valores de temperatura extraída de la base de datos

Fecha	Temperatura
2021-03-28 08:22:37	17
2021-03-28 12:00:46	18
2021-03-28 12:40:46	20
2021-03-28 13:20:46	22
2021-03-28 16:40:46	32
2021-03-28 19:20:46	27
2021-03-28 20:00:46	25

##### 5. Conclusiones:

El sistema IoT de la red sensora inalámbrica montada con la Esp8266, el bróker EMQ, y los demás clientes que hicieron parte de este sistema, es completamente confiable en cuanto a transmisión de datos, ya que no presento perdida de información teniendo en cuenta la distancia que existe desde el invernadero al servidor.

De acuerdo a los datos obtenidos por los sensores se concluye que la variación en el clima varía dependiendo de la cantidad de radiación solar halla, por lo que el cultivo está en constante cambio dependiendo de la hora y de cómo se encuentre el día en general. Estos análisis son posibles gracias a todas las partes montadas en el sistema IoT de la red sensora inalámbrica, como la aplicación web que sirvo como visualización, la base de datos que mostro su utilidad almacenando información, el bróker MQTT, interconectando los diferentes clientes para la comunicacion, y por supuesto los sensores quienes tomaban la información.

En cuanto a la construcción del sistema IoT fue bastante económico debido a que la mayoría de las herramientas implementadas son gratuitas, y los equipos utilizados para la medición no fueron muy costosos; brindando incluso un sistema de alertas vía E-mail gracias al servicio de Node JS implementado dentro del VPS. No obstante, este sistema de alertas provocaba spam de correos electrónicos, debido a esto se implementó que el análisis del ambiente para él envío de correos electrónicos se hiciese cada media hora.

Lo anterior permite señalar que se pudo implementar un sistema IoT de una red sensora inalámbrica, tomando datos del ambiente y analizándolos, para generar alertas de acuerdo a eventos ocurridos en el clima. Permitiendo así mejor control para el cuidado de las plantas, además del control sobre el sistema de riego implementado.

No obstante, esto no indica que sea la mejor red inalámbrica implementada para un cultivo invernadero, debido a que se puede implementar mayor variedad de sensores que ayuden a la salud y el cuidado de la planta, a fin de evitar que en un futuro otros factores puedan atentar con el cultivo.

En cuanto al factor de humedad del suelo, se pudo controlar el nivel de agua sobre el cultivo, permitiendo ahorros energéticos en cuanto a bombeo de agua, mejor manejo de este recurso, y por ultimo evitando daños drásticos por exceso de humedad en el suelo. La humedad del ambiente medida por el sensor am2305 no funciono como se esperaba debido a que a veces tomaba valores acordes y otras veces no, de otro lado, el sensor am2302 tomo valores más precisos y reales.

Es necesario tener en cuenta que la velocidad en que el sistema IoT de la red sensora inalámbrica depende de la velocidad del internet que se esté implementando en el sistema

Gracias a este sistema implementado las plantas evolucionan mejor debido a que conociendo las condiciones en las que están se puede tomar acción correctiva ante dicha situación, esto hace posible que se puedan evitar enfermedades de las plantas mejorando la productividad lo que favorece económicamente al campesino. Además, se aprovecha de mejor manera el agua, un recurso natural importante que se debe cuidar y no malgastar.

#### 6. Recomendaciones:

Como primera medida se recomienda montar la red inalámbrica en un invernadero real, haciendo las respectivas pruebas y análisis con más unidades sensoras y por más tiempo, empleando, además, diferentes referencias de sensores para comprar la durabilidad y fiabilidad de los sensores empleados. También se recomienda comprar la producción entre un sistema invernadero con una red sensora inalámbrica y otro que carezca de esta para saber en qué porcentaje aumenta la producción.

Como segunda medida, se recomienda utilizar mayor variedad de sensores con el fin de mejorar la producción y salud de la planta obteniendo como resultado final mayores ganancias por cultivo. Además de implementar control sobre el sistema de alimentación de las plantas como se hizo con el sistema de riego puesto que ambos funcionarían de la misma forma.

Otra recomendación necesaria es en cuanto a la presentación de los datos, para que se implementen distintas gráficas cubriendo un mayor alcance el tiempo para facilitar el análisis y visualización de datos; además, la posibilidad de generar informes de cómo va el cultivo hasta el momento de acuerdo con los datos obtenidos y de esta manera aprovechar los datos realizando un mejor tratamiento de estos.

En cuando al sistema de envío de notificaciones se recomienda hacerlas vía WhatsApp o mediante mensajes de texto, si bien es cierto que generara un costo extra, estos medios son más utilizados por las personas en general lo que brindara en cierta manera mejor comunicación entre el sistema IoT y los usuarios

#### 7. Bibliografía:

- Aakvaag, N., & Frey, J.-E. (Febrero de 2006). Redes de sensores inalámbricos. *ABB*, 39-42. Obtenido de [http://www.materialelectrico.com.co/pdf/ABB/02-2006/39-42%25202M631\\_SPA72dpi.pdf](http://www.materialelectrico.com.co/pdf/ABB/02-2006/39-42%25202M631_SPA72dpi.pdf)
- ALPI, A., & TOGNONI, F. (1999). *Cultivo en invernadero*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- AMAZON. (s.f.). *AMAZON AWS*. Obtenido de AMAZON AWS: <https://aws.amazon.com/es/ec2/>
- Arduino. (s.f.). *Arduino*. Obtenido de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Cama-Pinto, A., De la Hoz, E., & Cama-Pinto, D. (2012). Las redes de sensores inalámbricos y el Internet de las cosas. *REDICUC*, 163-172.
- Cama-Pinto, A., Gil-Montoya, F., Gómez-Lopez, J., & Manzano-Aguigliaro, F. (2014). Sistema inalámbrico de monitorización para cultivos en invernadero. *revistas UNAL*, 164-170.
- Chaniotis, I. K., Kyriakou, K.-I. D., & Tselikas, N. D. (2015). ¿Es Node.js una opción viable para crear aplicaciones web modernas? Un estudio de evaluación del desempeño. *Springer*, 1023-1044.
- Chaudhary, D., Nayse, S., & Waghmare, L. (2011). Application of wireless Sensor Networks for greenhouse parameter control in precision agriculture. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, 140-149.
- Corbett, P. F., & Feitelson, D. G. (1996). El sistema de archivos Paralelos Vesta. *ACM DIGITAL LIBRARY*, 225-264.
- EMQX. (s.f.). *EMQX*. Obtenido de EMQX: <https://www.emqx.io/>
- FAO. (24 de Julio de 2000). *fao.org*. Obtenido de fao.prg: <http://www.fao.org/noticias/2000/000704-s.htm>
- Flores Medina, M., Flores Garcia, F., & Velasco Martinez, V. (2015). Monitoreo de humedad en suelo a través de red inalámbrica de sensores. *Scielo*, 75-88.
- Gascón, D. (2010). Redes de Sensores Inalámbricos, la tecnología invisible. *Tecnología y sociedad*, 53-55.
- Gómez, J. L. (2020). *El IoT como aliado del agro*. Obtenido de El IoT como aliado del agro: <https://www.portafolio.co/opinion/jose-luis-gomez/el-iot-como-aliado-del-agro-532902>
- H., K., S., G., & J., R. (2020). *Una comparación de los agentes de MQTT para la computación periférica de IoT distribuida*. Springer. Obtenido de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58923-3\\_23#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58923-3_23#citeas)
- Instituto de investigaciones agropecuarias. (2017). Manual del cultivo del tomate bajo invernadero. (A. T. P., Ed.) Santiago de Chile, Santiago de Chile, Chile. Obtenido de [http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/29478/INIA\\_Libro\\_0048.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/29478/INIA_Libro_0048.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kouro, S. (1 de 06 de 2001). Automatización Industrial: Sensores de Humedad. Chile. Obtenido de [https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/42590997/Sensores\\_de\\_Humedad.pdf?1455226747=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAutomatizacion\\_Industrial.pdf&Expires=1602199267&Signature=awZSvbCiT554PAXMw77ZU5fCE98bp7TgwUvzGnxuuO42VABsjofkDBcjWBIfWNi](https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/42590997/Sensores_de_Humedad.pdf?1455226747=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAutomatizacion_Industrial.pdf&Expires=1602199267&Signature=awZSvbCiT554PAXMw77ZU5fCE98bp7TgwUvzGnxuuO42VABsjofkDBcjWBIfWNi)
- Leukert, B. (2021). *¿Qué es internet de las cosas?* Obtenido de Definición de internet de las cosas: <https://www.sap.com/latinamerica/insights/internet-of-things.html>
- MQTT. (s.f.). *mqtt*. Obtenido de mqtt.org: <https://mqtt.org/>
- Negal, J. (2012). *Repositorio Cepal*. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4011/S2012079\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4011/S2012079_es.pdf)
- Nodemailer. (s.f.). *Nodemailer*. Obtenido de <https://nodemailer.com/about/>
- Perilla, A., Rodríguez, L. F., & Bermúdez, L. T. (2011). Estudio técnico-económico del sistema de producción de tomate bajo invernadero en Guateque, Sutatenza y Tenza(Boyacá). *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*, 220-232.
- phpMyAdmin. (s.f.). *phpMyAdmin*. Obtenido de <https://www.phpmyadmin.net/>
- Quiñones-Cuenca, M., González-Jaramillo, V., Torre, R., & Jumbo, M. (febrero de 2017). Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas. *Scielo*, 8, 329-343. Obtenido de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422017000100329](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422017000100329)
- Red Hat. (2021). *¿Qué es el Internet de las cosas?* Obtenido de ¿Qué es el Internet de las cosas?: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- Semle, A., & K. -e. (2016). Protocolos IIoT para considerar. *AADECA*, 32-35.
- Urbano-Molano, & Aparicio, F. (2013). Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización en agricultura de precisión para cultivos de café en Colombia. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 46-52.

VESTA. (s.f.). VESTA. Obtenido de VESTA CONTROL PANEL: <https://vestacp.com/>

8. Anexos: Corresponde a las evidencias de realización y resultados de proyecto y a las herramientas desarrolladas y/o utilizadas en su ejecución.

\* *Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)*

\*\* *PA: Plan de Aula, PI: Proyecto integrador, TG: Trabajo de Grado, RE:Reda*