

**Monitoreo de nodos de sensores para el almacenamiento de datos a través de RS485****Monitoring of sensor nodes for data storage by RS485**

VARGAS-FERRER, Juan<sup>1†\*</sup>, ROJAS-BALBUENA, Dorian<sup>2</sup>, LUNA-SANTOS, Ricardo<sup>1</sup> y LUNA-TREJO, Cupertino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Área Electromecánica y Automatización

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango

ID 1<sup>er</sup> Autor: Juan, Vargas-Ferrer / **ORC ID:** 0000-0002-1661-3907, **Researcher ID Thomson:** X-6746-2019, **CVU CONACYT ID:** 806081

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Dorian, Rojas-Balbuena / **ORC ID:** 0000-0002-4770-8669, **CVU CONACYT ID:** 299726

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Ricardo, Luna-Santos / **ORC ID:** 0000-0001-8280-6769, **CVU CONACYT ID:** 442648

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Cupertino, Luna-Trejo / **ORC ID:** 0000-0001-5898-8486, **Researcher ID Thomson:** I-6465-2018, **CVU CONACYT ID:** 904398

**DOI:** 10.35429/JTEN.2019.10.3.13.18

Recibido 03 de Marzo, 2019; Aceptado 30 Junio, 2019

**Resumen**

Xicotepec de Juárez es caracterizado por tener tierras fértiles, lo cual genera la existencia de productores agrícolas. Hoy en día los productores se ven afectados en la producción de sus cultivos principalmente por los cambios climáticos, y esto debido a que la toma de decisiones para la obtención de un mejor producto no siempre se hace de la mejor manera. De ahí que la solución que se propone influirá en la toma de decisiones para generar productos de buena calidad y así tener producciones eficientes que eviten pérdidas innecesarias. La presente investigación tiene finalidad el desarrollo de módulos de sensores y su monitoreo para los cultivos agrícolas de la región realizados en invernaderos, teniendo como beneficio la mejora del entorno y el proceso de cultivo con el que se cuenta actualmente, y esto se lograra con el almacenamiento de la lectura de los datos generados mediante dispositivos móviles, usando como medio tarjetas de desarrollo como lo son Arduino y Raspberry Pi.

**Arduino, Nodos de sensores, Raspberry Pi**

**Abstract**

Xicotepec de Juárez is characterized by having fertile lands, which generates the existence of agricultural producers. Nowadays, producers are affected in the production of their crops mainly due to climate change, and this is because the decision making process to obtain a better product is not always done in the best way. So the proposed solution will influence decision making to generate good quality products and thus have efficient productions that avoid unnecessary losses. This research aims to develop sensor modules and their monitoring for agricultural crops in the region carried out in greenhouses, with the benefit of improving the environment and the cultivation process that is currently available, and this will be achieved with the storage of the reading of the data generated by mobile devices, using as development cards such as Arduino and Raspberry Pi

**Arduino, Raspberry PI, Sensor nodes**

**Citación:** VARGAS-FERRER, Juan, ROJAS-BALBUENA, Dorian, LUNA-SANTOS, Ricardo y LUNA-TREJO, Cupertino. Monitoreo de nodos de sensores para el almacenamiento de datos a través de RS485. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2019. 3-10: 13-18

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: [juan.vargas@utxicotepec.edu.mx](mailto:juan.vargas@utxicotepec.edu.mx))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Como es bien sabido hoy en día el campo agrícola y el área agroindustrial están un poco alejados de la parte tecnológica, y más en zonas poco industrializadas como lo es Xicotepec de Juárez, de ahí que el uso de nodos de sensores para monitoreo y almacenamiento de datos podrá ayudar a generar una buena toma de decisiones a mejorar eficientemente el proceso de cultivos de una manera más cuantitativa y objetiva, mediante un continuo monitoreo y el uso de una base de datos obtenida de los cambios de las diferentes variables medidas por los sensores que se tengan en la red.

Lo que se pretende es la optimización de cultivos, lo que conlleva a un incremento de la economía lo cual es un factor importante, ya que, al tener un buen proceso de cultivo, existe el incremento de producción, lo que propicia un aumento de ventas para el agricultor y ganancias para la región.

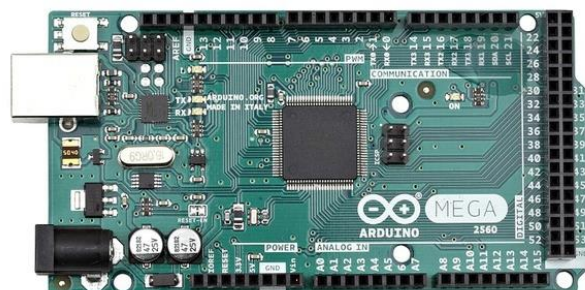
Para este proyecto particularmente, uno de los puntos más importantes es el tecnológico ya que es el principal partícipe debido a que con él generaremos la modernización de un proceso tradicional de cultivo empleando las tecnologías adecuadas.

## Materiales y métodos

Para el monitoreo se propone tecnología que no requiere de grandes inversiones, tal es el caso de la plataforma de hardware libre Arduino la cual debido a la amplia variedad de sensores que son compatibles con el microcontrolador, permite reducir costos para el desarrollo de los nodos, además la plataforma de programación en esta tecnología es fácilmente entendible para su desarrollo.

Se decidió elegir la plataforma Arduino porque es una tarjeta que permite adquirir datos de manera sencilla lo cual es primordial para lo que se busca experimentar y así poder conocer el comportamiento de los productos dentro de un invernadero en la región de Xicotepec de Juárez, para lograr una mejor producción y tener así un prototipo de bajo costo que servirá como propuesta para desarrollos posteriores.

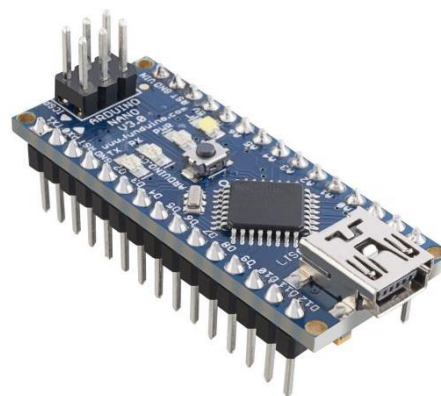
La placa que se determinó utilizar para el nodo maestro fue un Arduino Mega (Figura 1), por la cantidad de puertos de entrada y salida que contiene, ya que son necesarios para adquirir varios datos como la temperatura y humedad, por ejemplo.



**Figura 1** Arduino Mega.

Fuente: <https://www.pololu.com/product/1699>

Junto con esa placa se utilizaron placas Arduino Nano (Figura 2) las cuales fungirán como los nodos a las cuales se conectarán los sensores para conformar la red y así tener el monitoreo. La razón por la cual se optó por estas placas fue por el tamaño reducido, lo cual ayuda a compactar los componentes que se incluirán en todo el sistema.

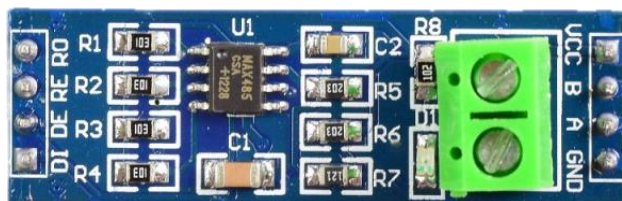


**Figura 2** Arduino Nano

Fuente: <https://www.steren.com.mx/placa-con-sistema-arduino-nano.html>

En lo que respecta a la interconexión entre nodos con el nodo central se usaron módulos RS485 (Figura 3), los cuales son sistemas de interconexión para transmisión de datos a grandes distancias y aptos para operar en ámbitos eléctricamente ruidosos. Este fue uno de los factores que se consideraron para su uso, además, el RS485 es un protocolo industrial ampliamente utilizado por su robustez, fácil implementación y buenas prestaciones, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos.

Si se construye un sistema pequeño de pocas terminales que utilizan estos circuitos integrados la diferencia monetaria es poca, pero al emplearlo en grandes cantidades el ahorro es importante.



**Figura 3** Módulo RS485

Fuente: <https://naylorlampmechatronics.com/alambrico/62-modulo-rs485-a-serial-ttl.html>

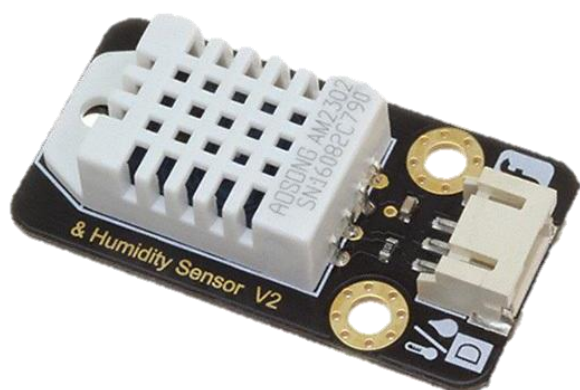
Para recabar la información se emplearon sensores con variables agronómicas programados en Arduino, las cuales son:

Variable	Sensor
Humedad relativa	SEN0137
Temperatura	SEN0137
CO <sub>2</sub>	SEN0159

**Tabla 1** Variables y sensores a utilizar

Fuente: *Elaboración Propia*

El sensor SEN0137 (Figura 4) permite monitorear temperatura y humedad relativa de forma precisa y sencilla a un bajo precio, características que fueron consideradas como importantes para su elección, de igual manera la salida suministrada es de tipo digital, lo que facilita la manipulación de la información. Otras razones por las cuales se eligió fueron: mejor resolución, mayor precisión y un empaque más robusto.



**Figura 4** Sensor SEN0137

Fuente: <https://naylorlampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html>

En lo que se refiere al sensor SEN0159 (Figura 5) este mide la concentración de gas presente en el ambiente, es un sensor de CO<sub>2</sub> y permite el control de calidad de aire en el cuarto o ambiente y también permite el control de proceso de fermentación entre otras aplicaciones más, y se consideró dadas sus características además de ser un sensor de tipo industrial.



**Figura 5** Sensor SEN0159

Fuente: <https://www.digikey.es/product-detail/es/drobot/SEN0159/1738-1125-ND/6588547>

Para poder tener configurada y administrada la red de sensores se tuvo que hacer uso de una Raspberry Pi 2 (Figura 6) y esto debido a que es una pequeña computadora lo que nos acerca a una experiencia muy parecida a la de una PC de escritorio y mantiene su tamaño un poco más grande que una tarjeta de crédito.



**Figura 6** Raspberry Pi 2.

Fuente: <https://www.geekfactory.mx/tienda/raspberry-pi/raspberry-pi-2-modelo-b/>

Otra razón por la cual se optó por la tarjeta anterior fue debido a que dentro de sus opciones podemos configurar las herramientas necesarias para poder hacer el almacenamiento de datos y su monitoreo, dichas herramientas usadas fueron:

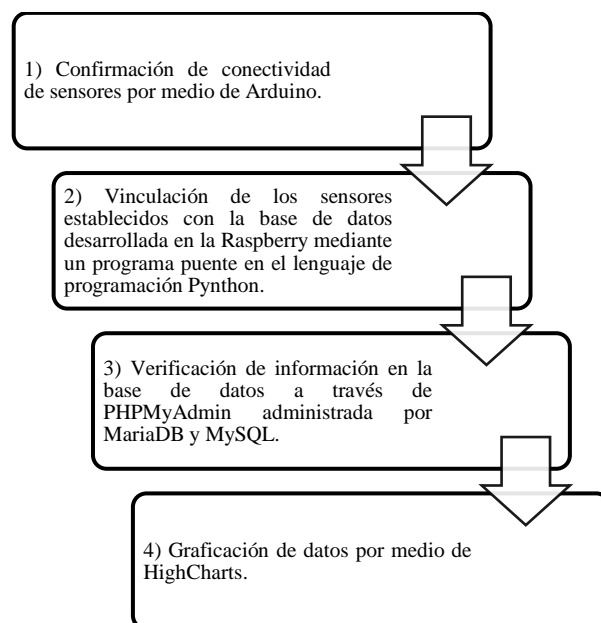
**MariaDB:** Es un sistema de base de datos que proviene de MySQL, pero con licencia GPL, desarrollado por Michael Widenius, fundador de MySQL y la comunidad de desarrolladores de software libre. MariaDB corre bajo una licencia GPL. Por lo tanto, incorpora todas las mejoras de la versión de MySQL.

**phpMyAdmin:** Es un software de código abierto, diseñado para manejar la administración y gestión de bases de datos MySQL a través de una interfaz gráfica de usuario. Escrito en PHP, phpMyAdmin se ha convertido en una de las más populares herramientas basadas en web de gestión de MySQL. Además, phpMyAdmin le permite administrar usuarios MySQL y privilegios de usuario. Otra característica común es su función de importación. Con phpMyAdmin, importar base de datos MySQL de copia de seguridad es fácil y se puede importar un volcado SQL o CSV con unos clics del ratón.

**Python:** Lenguaje de programación en scripts, competencia directa de Perl. Permite dividir el programa en módulos reutilizables desde otros programas Python. También viene con una gran colección de módulos estándar que proporcionan E/S de ficheros, llamadas al sistema, sockets, interfaces GUI, etc. Se trata de un lenguaje interpretado, lo que permite ahorrar el proceso de compilado.

**HighCharts:** Es una librería escrita en Javascript que permite la creación de gráficas. La librería ofrece un método fácil e interactivo para insertar graficas en su sitio web o aplicación web.

Con todo lo descrito anteriormente para llevar a cabo el proceso de recolección de datos se hizo el siguiente proceso descrito en la figura 7.



**Figura 7** Proceso para recolección de datos

Fuente: *Elaboración Propia*

En lo que respecta al primer punto que describe el funcionamiento del proceso para la recolección de datos lo que se realizó fue vincular los sensores de los nodos con el Arduino “maestro” con la intención de tener la intercomunicación entre los nodos, y para ello se tuvo que codificar un bloque de código que hace la petición de información inicialmente a través de una dirección para posteriormente tener recepción de la misma, parte de la codificación se muestra a continuación.

```

void loop()
{
  //solicitamos una lectura del
  sensor-
  Serial.print("I");
  Serial.print("101");//direccion del
  esclavo
  Serial.print("L"); //L para
  indicarle que vamos a Leer el sensor
  Serial.print("F"); //fin de trama
  Serial.flush(); //Esperamos hasta
  que se envíen los datos

  //Leemos la respuesta del Esclavo
  digitalWrite(EnTxPin, LOW); //RS485
  como receptor

  if(Serial.find("i")) //esperamos el
  inicio de trama
  {
    int esclavo = Serial.parseInt();
    char c1 = Serial.read();
    int s1 = Serial.parseInt();
    char c2 = Serial.read();
    int s2 = Serial.parseInt();
    char c3 = Serial.read();
    int s3 = Serial.parseInt();
  }
}
  
```

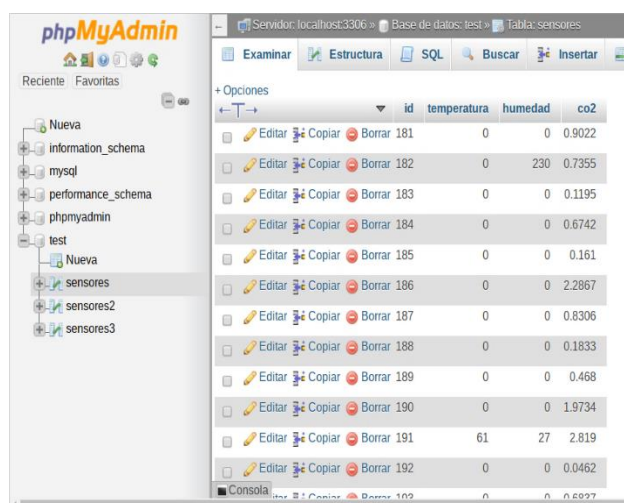
```

        if (Serial.read() == 'f' && esclavo ==
101) //si fin de trama y direccion son
los correctos
    {
        Serial.print("\nNodo\":1,");
        Serial.print("\ntemperatura\
");
        Serial.print(s1);
        Serial.print(",");
        Serial.print("\nhumedad1\");
        Serial.print(s2);
        Serial.print(",");
        Serial.print("\nco21\");
        Serial.print(s3);
        Serial.println("\n");
    }
}

digitalWrite(EnTxPin, HIGH);
//RS485 como Transmisor
//-----fin de la respuesta-----

```

Una vez que se establece la comunicación entre los nodos esclavos y el maestro se procede a vincular la información entre la Raspberry y el nodo maestro, y para ello se tuvo que hacer uso de los recursos de la tarjeta anteriormente descritos, primeramente se usó Python como un puente entre el maestro y el servidor web con la intención de separar la información enviada por los sensores conectados a los nodos, una vez separada la información esta pasa a ser insertada dentro de una tabla en MariaDB para posteriormente ser comprobada mediante phpMyAdmin, en la figura 8 se observa lo mencionado.

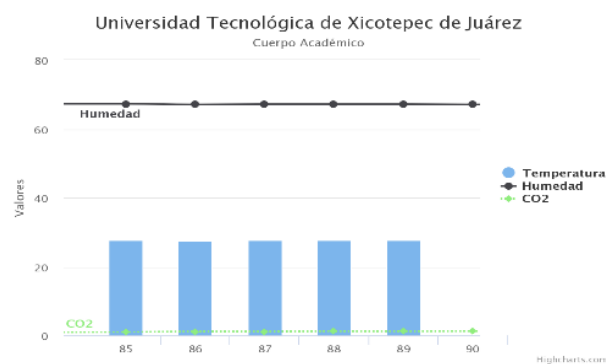


id	temperatura	humedad	co2
181	0	0	0.9022
182	0	230	0.7355
183	0	0	0.1195
184	0	0	0.6742
185	0	0	0.161
186	0	0	2.2867
187	0	0	0.8306
188	0	0	0.1833
189	0	0	0.468
190	0	0	1.9734
191	61	27	2.819
192	0	0	0.0462
193	0	0	0.6827

**Figura 8** Interfaz phpMyAdmin.

Fuente: Elaboración Propia

Con la información almacenada en la base de datos se pudo hacer uso de una aplicación web donde se muestran los datos leídos mediante graficas a través de HighCharts, en la figura 9 se hace una ejemplificación de lo mencionado.



**Figura 9** Graficación de datos

Fuente: Elaboración propia

## Resultados

Los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto fueron el armado y conectado de nodos de sensores a través de RS485, y con esto se obtienen resultados que pueden derivar más investigaciones y trabajos debido a que no hay aplicaciones como lo propuesto.

De igual forma se desarrollaron diferentes códigos de programación que nos permitieron ir optimizando la comunicación con los sensores y la interacción con los dispositivos electrónicos que se pretenden implementar en los invernaderos de prueba, dentro de los códigos desarrollados, se encuentra el que nos permite la confirmación de la conectividad de los sensores por medio de Arduino y posteriormente el envío de las lecturas.

También se logró implementar un programa que sirve de puente para la comunicación serial mediante Python, dejando a un lado los clásicos programas y lenguajes de programación que hacen uso de recursos computacionales y que pueden afectar la integridad de los datos, los siguientes trabajos se enfocaron a aplicaciones móviles que hagan uso de servicios web donde se pueda consultar la información desde cualquier lugar geográfico.

## Conclusiones

Con todo lo descrito en el presente trabajo, se pretende contribuir con herramientas tecnológicas para mejorar e incrementar la producción agrícola en la región norte del estado de Puebla, así como, permitir a los productores contar con información valiosa para la toma de mejores decisiones para aumentar su producción.

Al tener una base de datos y contar con información en tiempo real nos da un aporte tecnológico el cual contribuye con el buen crecimiento del cultivo en invernaderos, y esto da pauta para más estudios y mejoras en los procesos que se encuentran inmersos en dicho proceso, ya que la mayoría de las veces pueden parecer insignificantes, pero tras la obtención de diferentes parámetros se pueden realizar ciertos ajustes que hagan la diferencia en sus procesos de producción.

Por otro lado, el campo ha ido decreciendo no solo en nuestra región, si no en general en el país, provocando que muchos campesinos abandonen sus tierras y emigren a otros estados o incluso países, es por ello que consideramos que al proporcionarles herramientas tecnológicas adaptadas a sus necesidades e involucrarlos en el proceso de su desarrollo se espera que haya un fuerte impacto para que se reactiven muchos de los campesinos y se logre el incremento de invernaderos en la región, así como el incremento de productos característicos de la zona.

## Referencias

- CALONGE PRADOS, A. N. T. O. N. I. O. (2018). Diseño de un módulo pasarela de ModBUS/RS485 a RF en las bandas ISM orientado a IoT (Doctoral dissertation).
- Cama-Pinto A. (2014). Sistema inalámbrico de monitorización para cultivos de invernadero. Medellín, Colombia. Universidad Nacional De Colombia Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/496/49630405023.pdf>
- El Informador. (2018). Crean invernadero inteligente para optimizar producción de jitomate. México. Informador MX Recuperado de <https://www.informador.mx/tecnologia/Crean-invernadero-inteligente-para-optimizar-produccion-de-jitomate-20180618-0012.html>
- G. (2018). Robótica y redes de sensores en sistemas de tiempo real. In XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste).
- Marlow D. (2011). Aporte de CO2 en un invernadero. Jalisco, México. Meister Media Worldwide Recuperado de <http://www.hortalizas.com/horticulturaprotegida/invernadero/aporte-de-co2-en-un-invernadero/>
- Romero, F., Encinas, D., De Giusti, A. E., Medina, S., Pi Puig, M., Villagarcía Wanza, H. A., ... & Tinetti, F. G. (2019, June). Robótica, simulación y redes de sensores en sistemas de tiempo real. In XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2019, Universidad Nacional de San Juan).
- Romero, F., Méndez, M., Encinas, D., De Giusti, A. E., Medina, S., Pi Puig, M., ... & Tinetti, F.
- Soriano, N. J., Ortega, V. H. G., Saavedra, J. C. S., Paredes, R. B., González, R. O., & Tovar, R. H. (2018). Prototipo de sistema para control y monitoreo de una red de sensores mediante comunicación GSM aplicada a domótica. *Pistas Educativas*, 35(108).
- Villegas, Y. V., & Casadiego, Y. S. (2019). Implementación de sensores en los sistemas de riego automatizado. *Documentos de Trabajo ECAPMA*, (1).