Congr. Int. en Ing. Electrónica. Mem. ELECTRO, Vol. 40, pp. 133 - 139, Oct 2018, Chihuahua, Chih. México
http://electro.itchihuahua.edu.mx/memorias_electro/MemoriaElectro2018.zip
ISSN 1405-2172

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NODO PROTOTIPO PARA MONITOREO DE HUMEDAD DE SUELO EN INVERNADEROS ORNAMENTALES

Delgadillo Gaytán Rodrigo, García Díaz Noel, García Virgen Juan, Osorio Llerenas Erick Eduardo
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Colima
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Av. Tecnológico no.1, Villa de Álvarez, Colima.
Tel: 3126393, Ext. 113.
G1746011@itcolima.edu.mx, ngarcia@itcolima.edu.mx, jgarcia@itcolima.edu.mx,
13460337@itcolima.edu.mx

RESUMEN.

El auge actual de las tecnologías inalámbricas ha permitido la aparición y desarrollo de sistemas de monitoreo para invernaderos; en este artículo se presenta el diseño de un prototipo de nodo de sensores inalámbrico para la medición y monitoreo de la humedad de suelo basado en el microcontrolador ESP8266-12, enfocado al bajo costo, bajo consumo energético, tamaño y movilidad. Se detalla la selección y adecuación de los componentes electrónicos, la programación del sistema para el envío y recepción datos en un servidor y las consideraciones de diseño para cada etapa.

Palabras Clave: ESP8266, nodo de sensores, invernadero, humedad de suelo, WemosD1 mini

ABSTRACT.

The actual wireless technologies have allowed the emergence and development of monitoring systems for greenhouses; this article shows the design and makes of a prototype of wireless sensor node for the measurement and monitoring of soil moisture based on the microcontroller ESP8266-12, with scope in the low cost, low energy consumption, size and mobility. In it is detailed the selection and the attachment of the electronic components, the system programming code for send and receive data in a server and the design chooses for each stage.

Keywords: ESP8266, sensor node, greenhouse, soil moisture, WemosD1 mini

1. INTRODUCCIÓN

La horticultura es en términos generales una actividad agrícola mediante la cual se cultivan plantas para uso alimenticio, medicinal y ornamental. La horticultura ornamental hace referencia al cultivo de plantas que por su aspecto son utilizadas como adorno [1], estas plantas serán referidas en este artículo como plantas ornamentales. A nivel global los países del oeste de Europa, Norte América y Japón son considerados los principales productores y consumidores de plantas ornamentales en el mundo [2]. En México la agricultura es un importante sector de la economía pese a que representa un pequeño porcentaje del Producto Interno Bruto (3.6% en el 2015) [3], particularmente en el Estado de Colima se produce anualmente más de 3.8 millones de toneladas de productos agropecuarios y pesqueros, siendo la agricultura el sector que aporta más del 97 por ciento de este volumen, y suma valor a los más de 3 mil millones de pesos del Producto Interno Bruto del sector primario en Colima [4]. Pese a la importancia de la agricultura en México la mayoría de invernaderos emplean métodos tradicionales en sus procesos; en [5] se dice que los métodos de producción tradicionales en agricultura no cumplen los requerimientos de la agricultura moderna en cuánto seguridad, alta calidad, eficiencia y productividad. En muchas ocasiones se tiene que contar con personal encargado y entendido en el tema de cultivo, para analizar y controlar el estado de los niveles de agua, temperatura, luz, etc., de los cultivos, y tener que presentarse físicamente en la zona donde se ubica el invernadero para realizar la revisión, generando gastos en movilización y tiempo.

Hoy en día existen soluciones a estos problemas por medio del uso de infraestructura tecnológica que permite el monitoreo automatizado de los invernaderos [6]; en México, sin embargo aún se tiene un bajo nivel de adopción tecnológica debido al elevado costo, factor que en el Estado de Colima se ve reflejado en la poca tecnificación de los invernaderos [2].

De acuerdo con [7] en los cultivos de invernadero es muy importante el uso de técnicas avanzadas y tecnologías novedosas para mejorar el rendimiento de los cultivos. Por lo tanto aplicar este tipo de técnicas y tecnologías en invernaderos mexicanos reflejaría un incremento en la productividad y calidad, y según menciona [8] el monitoreo de variables del entorno provee valiosa información sobre el crecimiento para comprender mejor, como cada factor afecta el crecimiento y como maximizar a productividad, siendo está técnica viable para su aplicación en invernaderos de plantas ornamentales. Conociendo que uno de los factores más importantes a monitorear en un invernadero es la humedad [8], [9], es factible diseñar un sistema de monitoreo adecuado para invernaderos ornamentales con la capacidad de monitorear la humedad en la gran variedad de plantas.

Según [7] la tecnología inalámbrica proporciona flexibilidad en la instalación de los sensores, robustez en la red, mientras que se reduce el coste y la complejidad de su mantenimiento, siendo una tecnología adecuada para su aplicación en un sistema de monitoreo para invernaderos.

Actualmente, los sistemas inalámbricos de sensores, usados en proyectos de internet de las cosas como agentes colectores de información, permiten capturar gran cantidad de flujos de datos que apoyan a determinar comportamiento y predecir variables

ambientales que influyen en el crecimiento de los cultivos [10], además cabe mencionar que el uso de licencias y hardware libres se han popularizado permitiendo la realización de desarrollos accesibles y económicos que podemos encontrar aplicados en el monitoreo, supervisión, análisis y control de diferentes sistemas [11].

Una red de sensores inalámbricos está compuesta por varios dispositivos llamados nodos de sensores que son capaces de medir cambios en el ambiente, almacenando los datos y transmitiéndolos a un nodo vecino [4]. Avances recientes han dado paso al desarrollo de nodos de bajo costo, bajo consumo energético y multifuncionales [12].

Los nodos de sensores son el componente central de una red de sensores y generalmente se componen de: un módulo encargado de gestionar la energía para su funcionamiento, un sensor, un microcontrolador y un transmisor inalámbrico [13].

Este trabajo muestra un nodo prototipo para la medición de humedad, que integra tecnología inalámbrica y componentes de uso libre que se ajustan a las características de un invernaderos ornamentales en el estado de Colima, México.

2. METODOLOGÍA

2.1. Componentes.

La selección de componentes se realizó con el objetivo de diseñar un prototipo de bajo costo, poco consumo energético y un tamaño que permita trasladar el nodo a deseo del usuario con la finalidad de poder realizar múltiples mediciones en diferentes puntos.

Como componente principal para el diseño se seleccionó el microcontrolador ESP8266-12, el cual es parte de la serie de módulos ESP8266 que tiene varios modelos, donde cada uno es un desarrollo sobre otro previo en términos de hardware [14]; posee ventajas las cuales de acuerdo al objetivo de diseño lo convierten en el candidato ideal para su implementación, requiere una fuente de voltaje capaz de entregar 3.3 V y hasta 250 mA, está diseñado para ocupar la mínima área posible dentro de una placa de circuito impreso (PCB, por sus siglas en inglés: Printed Circuit Board) y entre las mayores ventajas incluye su precio, listado en la tabla 1.

Tabla 1. Precio de tecnologías inalámbricas [14].

Tecnología	Precio (Dolares)
ESP8266-01	$5
Ethernet Shield for Arduino	$60
Zigbee	$25
Wify Shield Sparkfun	$40
Wi-Fi shield for Arduino	$80
Huzzah Wi-Fi shield by Adafruit	$40
ESP8266-12	$7

El CPU de 32 bits con memoria integrado en el módulo elimina cualquier necesidad de una tarjeta externa tal como un Arduino convirtiéndolo en un sistema en chip autónomo con la capacidad de procesar y transmitir datos a través de internet [14], lo cual es conveniente para reducir el tamaño del prototipo; además de contar con la modalidad de consumo energético Deep-sleep mostrado en la tabla 2, en la cual el consumo típico es de 20 µA [15], el cual es usado para obtener un ahorro de energía y mayor duración de la fuente de voltaje.

Tabla 2. Consumo energético [15].

Parámetros	Valor típico	Unidad
Tx802.11b,CCK 11Mbps, Pout=+17 dBm.	170	mA
Tx 802.11g, OFDM 54 Mbps, Pout=+15 dBm.	140	mA
Tx 802.11n, MCS, Pout=+13dBm	120	mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80 dBm.	50	mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70 dBm.	56	mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65 dBm.	56	mA
Modem-sleep.	15	mA
Light-sleep.	0.9	mA
Deep-sleep.	20	µA
Power Off.	0.5	µA

De entre las placas actuales que integran el microcontrolador ESP8266-12 se empleó la placa WemosD1 mini debido a que está diseñado para trabajar sobre protoboard o implementado en una PCB, puede conectarse directamente al puerto USB y cuenta con el chip CH340G que se encarga de la comunicación serial [16], lo cual permite su fácil programación, inclusive ya colocado en la placa del circuito.

El regulador de voltaje RT9013 con el que cuenta el WemosD1 mini, es ideal para aplicaciones de Radio Frecuencia e inalámbricas con rendimiento exigente y requerimientos de espacio [17], un voltaje de operación entre 2.2 V y 5.5 V, con una caída de voltaje al regular de 250 mV permitiendo que el uso de una batería como fuente de alimentación sea factible.

Siendo la placa WemosD1 mini el componente principal del diseño, los componentes se seleccionaron de acuerdo a sus características, mostradas en la tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones técnicas de WemosD1 mini [16].

Especificaciones Técnicas
• Voltaje de alimentación: 5 V dc
• Voltaje Entradas/Salidas: 3.3 V dc
• SoC: ESP8266 (Módulo ESP-12E)
• CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32bits)
• Frecuencia de reloj: 80 MHz/160 MHz
• Instruction RAM: 32 KB
• Data RAM: 96 KB
• Memoria Flash Externa: 4 MB
• Pines digitales GPIO: 11 (pueden configurarse como PWM a 3.3 V)
• Pin analógico ADC: 1 (0-1 V)
• UART:1
• Chip USB: CH340G
• Certificación FCC
• Antena en PCB
• Corriente Standby: 40 µA
• Corriente pico: 400 mA
• Consumo de corriente promedio: 70 mA
• Consumo de potencia Standby < 10 mW
• Dimensiones: 34.2 mm x 25.6 mm
• Peso: 10 g

Para la medición de la humedad de suelo se utilizó la sonda YL-69 y el comparador YL-38, donde el comparador YL-38 necesita un voltaje de entrada entre 3.3 V y 5.0 V, una corriente mínima de 35 mA, y otorga una señal analógica de voltaje de entre 0 V y 4.2 V [18], al manejar un voltaje de entrada dentro del rango del WemosD1 mini permite su acople de manera sencilla y sin necesidad del uso de reguladores extras. Una lista de los componentes extras que se usaron se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Componentes.

Componentes	Características principales
Batería de litio	Tipo: 18650 S Recargable Voltaje de Salida: 3.7 V DC Capacidad: 2600 mAh
Resistencia	10 kΩ a 1/2 W
Interruptor	Encendido/Apagado
Transistor 2n2222A	Voltaje máximo colector-emisor: 40 V DC Voltaje máximo emisor-base: 6 V DC Voltaje máximo colector-base: 75 V DC

La placa WemosD1 mini cuenta con características que permiten su alimentación por medio de una batería, por lo cual se utilizó una batería de litio recargable, ya que otorga un voltaje de entre 3 V y 4.2 V dependiendo de la carga total que tenga la batería y su tamaño es adecuado al enfoque de diseño a comparación de otras fuentes de voltajes que se podrían utilizar.

Debido a que el sensor de humedad (YL-69) otorga por medio de su pin analógico A0 una salida de voltaje dentro del rango admitido en el puerto analógico del microcontrolador, no se necesitó de un divisor de voltaje.

Con el objetivo ahorrar lo más posible de energía, sin un componente que abra el circuito hacia el sensor este seguiría encendido pese a que la placa se encuentre en modo Deep-sleep, por lo cual se empleó un transistor 2n2222A como interruptor, como fue utilizado en [19], con la intención de cortar la alimentación al sensor cada vez que la placa entre en modo Deep-sleep.

2.2. Diseño Electrónico.

Por medio del programa de código abierto Circuit Maker sé elaborará el diagrama electrónico (Fig. 1) con base a las conexiones mínimas requeridas para un funcionamiento adecuado de la placa WemosD1 mini, a partir del cual se agregaron los componentes para la adecuación del sensor y la fuente de alimentación siendo las partes claves junto con la placa WemosD1 mini para el diseño.

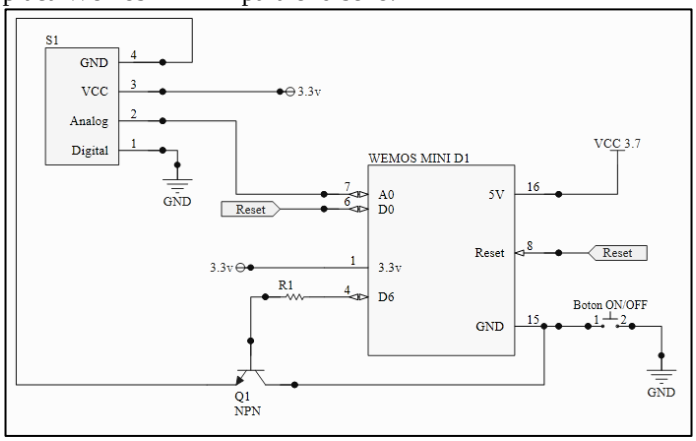

Figura 1. Diagrama de conexiones.

Para acoplar el sensor en el circuito se adecuará un transistor 2n2222, considerando una Beta (β) del transistor de 284, valor obtenido por medición directa con multímetro, y la corriente necesaria para el funcionamiento del sensor de 35 mA, se calculó con la ecuación 1 la corriente mínima necesaria de 12 mA para la saturación del transistor.

$$Ic = \beta(Ib) \quad (1)$$

Considerando que un transistor NPN consume 0.7 V y la señal de control proveniente del WemosD1 mini de 3.3 V, el voltaje que caerá en la resistencia de la terminal base del transistor será de 2.6 V y empleando la ecuación 2 se puede conocer el valor de la Resistencia de Base (Rb).

$$Rb = \frac{V}{Ib} \quad (2)$$

De acuerdo a lo anterior la Rb máxima para lograr la saturación del transistor es de 21666.66 Ω, por lo que usando una

resistencia de 10 kΩ se asegura alcanzar la corriente de base necesaria.

A partir del diagrama de conexiones y considerando la colocación de un porta-baterías por cara contraria a los componentes, se realizará el PCB (Fig. 2), usando también el programa Circuit Maker.

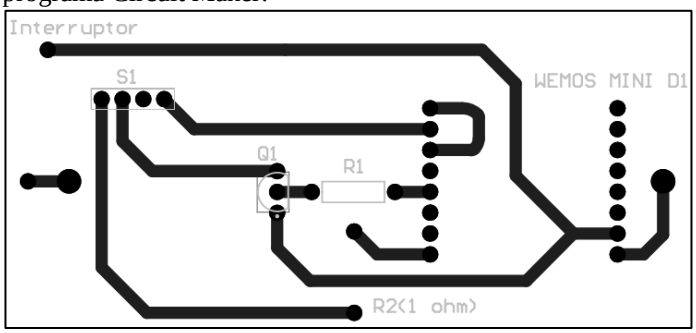

Figura 2. PCB del circuito del nodo.

El diseño del PCB se realizará con la restricción de unas medidas máximas de 8.5 cm x 4.2 cm, tamaño en base a la cual se realizará el diseño del protector para el nodo.

2.3. Diseño de protector.

Con base en las medidas máximas del PCB se elaborará por medio de un programa de diseño 3D el protector para el circuito (Fig. 3), considerando en el diseño accesos a la batería y al circuito de manera que sea posible extraerlo para su revisión, además de una ranura que permita exponer el sensor al entorno de medición sin poner al circuito en riesgo.

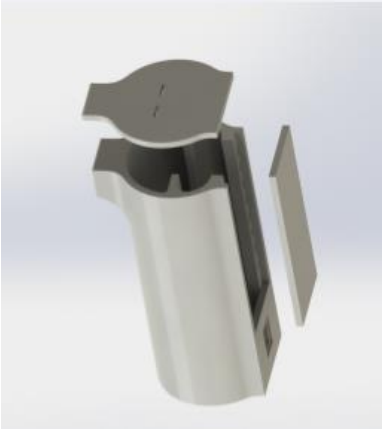

Figura 3. Diseño 3D de protector de nodo.

La fabricación del nodo será empleando una impresora 3D, usando filamento PLA blanco de 1.75 mm, y para que la impresora pueda interpretar el diseño 3D se necesitará generar un código, el cual será generado por el programa de código abierto Slic3r.

2.4. Programación.

La programación del nodo se realizará usando la IDE de Arduino, programa de código abierto. Para poder realizar la programación del WemosD1 mini por medio del IDE de Arduino es necesario descargar e instalar el controlador del chip CHG340 y complemento del ESP8266 en el IDE de Arduino [20].

El programa a realizarse deberá ejecutar las siguientes actividades:

a) Detectar y se conectarse a una red inalámbrica.
b) Leer el valor del puerto analógico y calcular la humedad.
c) Enviar una petición HTTP al servidor.
d) Recibir una respuesta del servidor.
e) Colocar en modo Deep-sleep al WemosD1 mini.
f) Despertar e iniciar el ciclo de nuevo.

Siendo el código encargado del envió de datos el siguiente:

```
String enviardatos(String datos) {
  WiFiClientSecure client;
  strhost.toCharArray(host, 49);
  if (!client.connect(host,443)) {
    Serial.println("Fallo de conexion");
  }
  client.print(String("POST ") + strurl + " HTTP/1.1" + "\r\n" +
               "Host: " + strhost + "\r\n" +
               "Accept: */*" + "*\r\n" +
               "Content-Length: " + datos.length() + "\r\n" +
               "Content-Type: application/x-www-form-
urlencoded;" + "\r\n" +
               "\r\n" + datos);

  delay(10);
  Serial.println("Petición enviada");
  while (client.connected()) {
    if (client.available()) {
      String line = client.readStringUntil('\n');
      Serial.println(line);
    }
  }
 Serial.println("Dormire");
 ESP.deepSleep(3600e6);
}
```

2.5. Base de datos.

Para la realización de la base de datos se utilizará el servicio de alojamiento gratuito 000webhost, y por medio de código PHP se elaboró un programa para la recepción de datos proveniente del nodo prototipo y la respuesta del servidor al nodo, mostrado a continuación.

```
<?php
foreach ($_POST as $Key=>$value){
   echo "Recibidos".$Key." ".$value."\n";
}
$num_nodo =  $_POST["num_nodo"];
```

```
$humedad = $_POST["humedad"];
$host = "XXXXXXX";
$dbusername = "XXXXXXXXX";
$dbpassword = "XXXXXXXXX";
$dbname = "XXXXXXXX";
$conn = new mysqli ($host, $dbusername, $dbpassword,
$dbname);
if (mysqli_connect_error()){
  die('Connect Error ('. mysqli_connect_errno() .') '
    . mysqli_connect_error());
}
else{
  $sql = "INSERT INTO nodos (num_nodo,humedad)
  values ('$num_nodo','$humedad')";
  if ($conn->query($sql)){
    echo "Nuevo registro agregado exitosamente";
  }
  else{
    echo "Error: ". $sql ."
". $conn->error;
  }
  $conn->close();
}
```

3. RESULTADOS.

El nodo es capaz de conectarse a la red inalámbrica, activar el sensor una vez conectado, medir el valor de voltaje entregado por el sensor con el puerto ADC del microcontrolador, obtener el porcentaje de humedad de suelo y enviar el resultado al servidor junto con el número del nodo, donde una vez recibido a cada registro nuevo se le otorga una id, una fecha y hora (Fig. 4.)

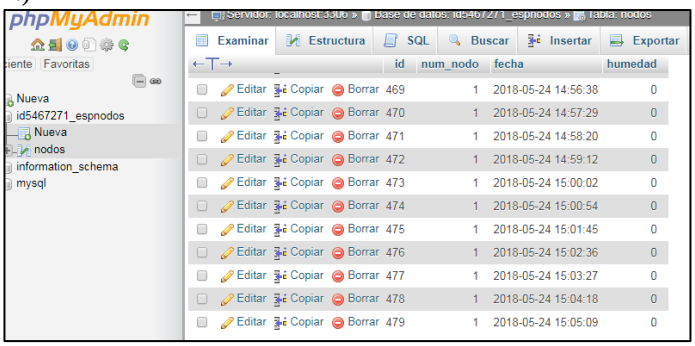

Figura 4. Registros agregados en base de datos.

Se realizaron pruebas durante las cuales se tomaron medidas de los diferentes valores de corriente dados en las diferentes etapas del ciclo de funcionamiento del nodo, obteniéndose una corriente máxima durante el envío de datos al servidor, tal como se muestra en la figura 5.

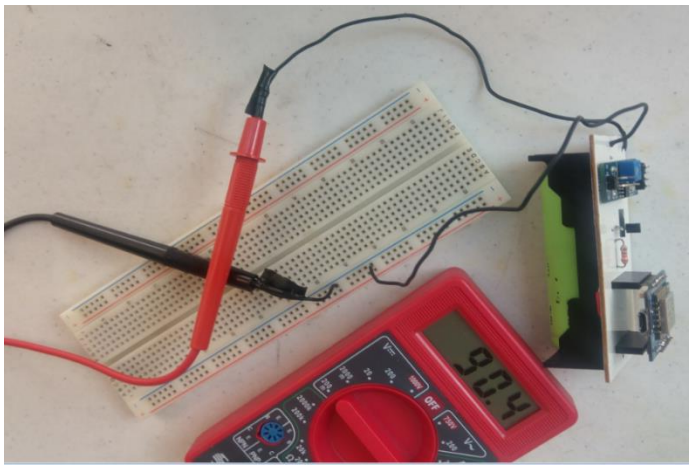

Figura 5. Corriente máxima del nodo en mA.

Y de igual forma se obtuvo una corriente mínima con el nodo en modo Deep-sleep (Fig. 6), siendo esta etapa del ciclo del funcionamiento del nodo durante la cual el gasto energético es mínimo y la cual servirá para incrementar la duración de la batería.

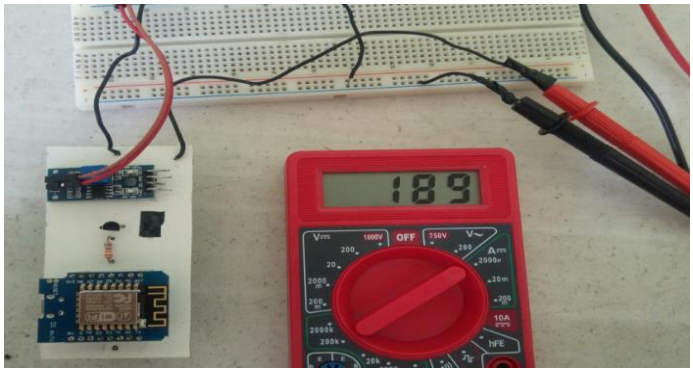

Figura 6. Corriente mínima del nodo en µA.

Empleando los valores de corriente máxima de 90 mA y mínima 0.19 mA, el tiempo de trabajo en corriente máxima de 30 s equivalente a 1/20 de 3600 s, en corriente mínima de 3570 s y teniendo una capacidad de 2600 mAh en la batería, se realizaron los cálculos usando la ecuación 3 para conocer la autonomía energética del sistema antes de necesitar recargarse.

$$Rendimiento = \frac{2600\ mAh}{90\ mA\left(\frac{1}{120}\right) + .19\ mA\left(\frac{119}{120}\right)} \qquad (3)$$

Con base en la ecuación 3 se obtuvo una autonomía energética de 92.34 días considerando un valor de 0.8 por las pérdidas debido a factores externos.

Los costos de los componentes para la construcción del nodo mostrados en la tabla 5 fueron obtenidos del sitio www.aliexpress.com el día 20 de mayo del 2018, los precios de envío mostrados son considerando el servicio de envío China Post Air Mail; en caso de buscar adquirir múltiples módulos y considerando que el precio de envío hasta cierto límite no varía

de acuerdo a la cantidad de componentes el precio se vuelve factible para su adquisición.

Tabla 5.Tabla de precios

Componente	Lote	Precio lote(MXN)	Precio unitario (MXN)	Precio de envío
Wemos mini D1	1	$55.37	$55.37	$50.94
2n2222a	100	$57.59	$0.55	$57.59
Tabla de cobre	10	$93.02	$9.3	$62.01
Resistencia 10k ohm	100	$33.22	$0.33	$37.65
Sensor de humedad de suelo	10	$100.47	$10.047	$75.91
Costo Total			$75.597	$284.1

Considerando que el costo de un Arduino Uno y un módulo WiFi empleados comúnmente para la construcción de nodos fijos tiene un costo de por encima de $150 MXN en el mismo sitio, y comparándolo con los costos mostrados en la tabla 5 se confirma que este trabajo de investigación es de bajo costo.

La adecuación del circuito al protector del nodo mostrado en la figura 7 tiene juego suficiente para la fácil extracción del circuito, y el acomodo de componentes extras como la batería, los cátodos del sensor y el interruptor.

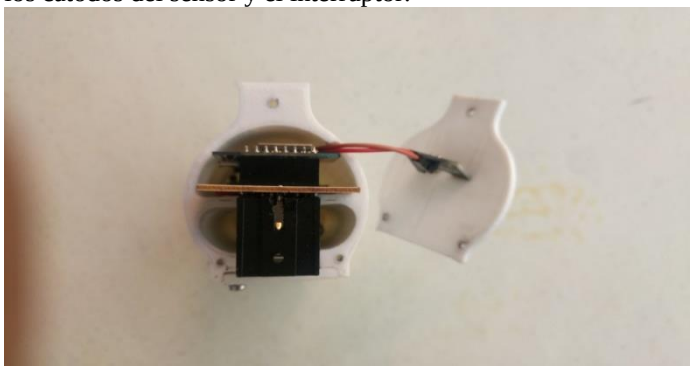

Figura 7. Protector de nodo vista superior.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.

Ciertamente es factible la construcción de un nodo de sensores a bajo precio y que además su consumo energético sea poco, de tal manera que el empleo de baterías para la alimentación de estos sistemas es posible, disminuyendo el espacio necesario y las restricciones de una fuente de energía grande; aplicar un sistema completo integrando este tipo de nodos, permitirá otorgar una versatilidad más amplia al sistema, facilitando al usuario el movimiento a conveniencia de estos nodos a diferencia de un nodo de sensores fijo convencional.

Se planea como trabajo futuro utilizar este sistema como base para la creación de un prototipo bastón que además de la medición de humedad de suelo, sea capaz de monitorear conductividad eléctrica y PH, enviando la información de forma directa a una base de datos pero teniendo una interfaz adaptada al bastón para que el usuario pueda consultar los datos en el instante de la medición, además de una interfaz web para su consulta de manera remota, donde podrían agregarse análisis estadísticos de los datos y alarmas indicadoras de posibles problemas en el cultivo.

5. REFERENCIAS.

[1] Cosechando natural. (2018) Producción de plantas ornamentales en México. [Online]. https://www.cosechandonatural.com.mx/articulos-produccion_de_plantas_ornamentales_en_mexico.html

[2] Gallegos,E. Flores, Mendoza,N. Farias, H. Silos Espino, Diaz, N Garcia, and Gonzalez,C.O. Vargas, "Modelado de un Sistema Difuso de Temperatura y Humedad para Macro Túneles de Plantas Ornamentales," *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, vol. 5, no. 29, 2017.

[3] J.,C. Negrete, E.,K. Romantchik, G.,D.,J.,C. Lopez, C.,I.,A. Zuñiga, and G.,H. Lopez, "Arduino board in the automation of agriculture in Mexico, a review," *International Journal of Horticulture*, vol. 8, no. 6, pp. 52-68, 2018.

[4] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2016) gob.mx. [Online]. https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/colima-una-tierra-digna-de-tecnificar?idiom=es

[5] Juanjuan Li, "Design and Realization of Greenhouse Sensor Intelligent Management System Based on Internet of Things," *International Journal of Online Engineering*, vol. 13, no. 5, pp. 80-96, 2017.

[6] Marylin Mamani, Marco Villalobos, and Raúl Herrera, "Sistema de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola," *Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 25, no. 4, pp. 599-618, 2017.

[7] Pinto, Alejandro Cama, Montoya, Francisco Gil, López, Julio, García, Cruz, Amos Gómez, and Agugliaro, Francisco Manzano, "Sistema inalámbrico de monitorización de cultivos en invernadero," *Dyna*, vol. 81, no. 184, pp. 164-170, 2014.

[8] Mustafa Alper Akkas and Radosveta Sokullu, "An IoT-based greenhouse monitoring system with Micaz motes," *Procedia Computer Science*, vol. 113, pp. 603-608, 2017.

[9] Abdolhamid Tabatabaeifar, Mohammad, Ali Shafieian, Hamed Banizaman, and Seyed, Ali Torab, "Design and Implementation of a Web-based Greenhouse Remote Monitoring System with Zigbee Protocol and GSM Network," *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, vol. 5, no. 19, 2014.

[10] Schubert Rodríguez, Tatiana Gualotuña, and Carlos Grilo, "A System for the Monitoring and Predicting of Data in Precision Agriculture in a Rose Greenhouse Based on Wireless Sensor Networks," *Procedia Computer Science*, vol. 121, pp. 306-313, 2017.

[11] Woo,Felipe de Jesús Becerra, García,Araceli Gárate, del Real, Tania,Aglaé Ramirez, and Sánchez,Ervin,Jesús Alvarez, "Sistema de adquisión de datos de bajo costo para un invernadero basado en tecnología de acceso lbre," *Pistas Educativas*, vol. 39, no. 128, pp. 207-218, 2018.

[12] C. H. Chavan and P. V.Karande, "Wireless Monitoring of Soil Moisture,Temperature & Humidity Using Zigbee in Agriculture," *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 11, no. 10, pp. 493-497, 2014.

[13] Duarte,Alexei Ochoa, Aljure, Libia, Denisse Cangrejo, and Tatiana Delgado, "Alternativa Open Source en la implementación de un sistema IoT para la medición de la calidad el aire.," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 12, no. 1, pp. 189-204, 2018.

[14] Manan Metha, "ESP 8266: A Breakthrough in Wireless Sensor Networks and Internet of things," *International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology*, vol. 6, no. 8, pp. 07-11, 2015.

[15] Espressif Systems. (2018) ESP8266EX Datasheet. [Online]. http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf

[16] NaylampMechatronics. (2018) WeMos D1 mini ESP8266. [Online]. https://naylampmechatronics.com/inalambrico/291-wemos-d1-mini-esp8266.html

[17] Richtek. (2011) RT9013. [Online]. https://www.richtek.com/assets/product_file/RT9013/DS9013-10.pdf

[18] Talos Electronics. Sensor de humedad del suelo YL38 y YL69. [Online]. https://www.taloselectronics.com/products/sensor-de-humedad-del-suelo-yl38-y-yl69

[19] Rogelio Escobar and Kennon, A. Lattal, "Interfaz de bajo costo usando un puerto paralelo y visual basic," *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, vol. 36, no. 3, pp. 7-21, 2010.

[20] Prometec. (2018) WEMOS D1 ESP8266 WIFI, Una placa comoda para trabajar con ESP8266. [Online]. https://www.prometec.net/wemos-d1-esp8266-wifi/#