



**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA REGISTRAR LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO, OBTENIDOS POR UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS, UTILIZANDO EL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4**

**DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION TO REGISTER THE TEMPERATURE AND HUMIDITY OF THE SOIL, OBTAINED BY A NETWORK OF WIRELESS SENSORS, USING THE IEEE 802.15.4 STANDARD**

Javier Gómez wilches, Msc. Nydia Susana Sandoval  
Asistente de investigación  
Ing. Telecomunicaciones  
Universidad de Pamplona  
Pamplona Colombia  
[jagowil88@gmail.com](mailto:jagowil88@gmail.com)

**RESUMEN**

En el desarrollo de este trabajo se da a conocer el diseño e implementación de una aplicación WEB que permite realizar el monitoreo y visualización de la temperatura ambiente y la humedad del suelo en un cultivo de fresa en zona rural del municipio de Pamplona, se diseña la red de sensores utilizando la tecnología Zigbee con módulos Xbee S2 de la empresa DIGI para la obtención de las variables físicas. La red está conformada por 3 módulos, un coordinador que será el encargado de recepción de toda la información que estén transmitiendo los dispositivos finales encargados de la toma de las variables físicas como la temperatura ambiente y la humedad del suelo de los correspondientes sensores.

En segundo lugar, se diseña en Posgresql la base de datos con las tablas necesarias para almacenar la información obtenida de la red de sensores. La integración se realizó utilizando la herramienta o software Matlab para la captura de los datos provenientes de la red de sensores y el almacenamiento de la información en la base de datos, y por ultimo se diseña e implementa la aplicación WEB, esta consta de 5 páginas WEB, inicio, transacciones, tecnología, cultivo y videos. En transacciones el usuario debe autenticarse para tener acceso a la información adquirida por los sensores y conocer la información del comportamiento de las variables en el cultivo a través de tablas y gráficas. Para visualizar las gráficas de las variaciones de la temperatura y humedad versus tiempo se usó la herramienta highcharts de javascript.

**Palabras claves:** *Aplicativo Web, Bases de Datos, Cultivo de Fresa, Humedad del Suelo, Red de Sensores Inalámbricas, (WSN- Wireless Sensor Network), Temperatura, Zigbee.*

**ABSTRACT**

In the development of this work there is announced the design and implementation of a WEB application that allows to realize the monitoring and visualization of the temperature sets and the dampness of the soil in a culture(culturing) of strawberry in rural zone of the municipality of Pamplona, the network(net) of sensors is designed using the technology Zigbee with modules Xbee S2 of the company DIGI for the obtaining of the physical variables. The network(net) is shaped by 3 modules, a coordinator who will be the manager of receipt of all the information that

there are transmitting the final devices in charge of the capture of the physical variables as the temperature sets and the dampness of the soil of the corresponding sensors.

Secondly, the database is designed in Posgresql by the necessary tables to store the information obtained of the network(net) of sensors. The integration was realized using the tool or software Matlab for the capture of the information from the network(net) of sensors and the storage of the information in the database, and finally there is designed and implements the WEB, this(this one) application consists of 5 web pages, beginning, transactions, technology, culture(culturing) and videos. In transactions the user must be authenticated to have access to the information acquired by the sensors and to know the information of the behavior of the variables in the culture(culturing) across tables and graphs. To visualize the graphs of the variations of the temperature and dampness versus time the tool was used highcharts of javascrip.

**Keywords:** Applicative Web Wireless, Databases, Culture(Culturing) of Strawberry, Dampness of the Soil, Network(Net) of Sensors, (WSN - Wireless Sensor Network), Temperature, Zigbee.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna las condiciones climáticas son muy importantes a la hora de tener una mejor calidad y cantidad del producto de la cosecha. Sin embargo el no tener un buen sistema de riego y los cambios en las condiciones climáticas hacen que no se tenga un buen resultado al final de la cosecha.

VARIABLES como la temperatura y humedad del suelo permiten conocer los requerimientos hídricos de un cultivo, tener este conocimiento permite además administrar de forma eficiente estos recursos. Para ello se desarrollo de una aplicación web para visualizar la temperatura y humedad del suelo en un cultivo de fresa en la zona rural de Pamplona, esto valores se obtienen a través una red de sensores inalámbricos y son almacenados en una base de datos, y finalmente de las conexiones entre los elementos del proyecto, con el fin de brindar a la comunidad un estudio tecnológico de la temperatura y humedad del suelo que permitan mejorar el proceso de desarrollo de la planta en el cultivo [6], [5], [4].

La problemática que existe en el sector agrícola, en especial de los agricultores de la zona rural del municipio de Pamplona es la respectiva justificación para este proyecto, y como a través de herramientas tecnológicas se puede conocer el estado del cultivo. En la figura 1 se observa el cultivo de fresa en el municipio de pamplona para estudiar el comportamiento de las variables de temperatura y humedad del suelo .



Figura 1. Sitio del cultivo de fresa en el municipio  
Fuente: autor

Una red de sensores inalámbricos (WSN) esparcidos en diferentes puntos utiliza sensores para obtener diferentes variables como la presión, temperatura, humedad, sonido, signos vitales entre otras [1]. Las WSN se han utilizado mucho en las investigaciones de los diferentes campos de

industria, medicina, agricultura y más que todo en la domótica [7]. Para estas aplicaciones se utilizan muchas tecnologías pero entre ellas sobresale Zigbee debido a su bajo consumo de energía y fácil despliegue a la hora de implementar una red de sensores para la supervisión de una variable. [3]

La principal ventaja de la tecnología Zigbee es que especifica un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radio difusión digital de bajo consumo de energía, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías [1].

## II. Descripción del sistema y desarrollo del hardware

El sistema se compone de dos nodos sensor (dispositivo final) y un dispositivo coordinador. Los nodos sensores es básicamente la unidad de adquisición de datos [1]. Esta tiene como función de recopilar la información de las variables como temperatura y humedad del suelo, y posteriormente transmite estos datos recopilados al coordinador por medio de módulos Zigbee. Para esta investigación se seleccionó el sensor de temperatura LM35, en cuanto a su bajo costo con un rango de medición en ( $^{\circ}\text{C}$ ) de  $-55$  a  $150$ , una linealidad  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  que lo hace óptimo para este trabajo. Para la humedad del suelo se implementó el sensor de humedad resistivo YL69 con un rango de la humedad en un porcentaje % de  $0$  a  $100$  (VWC), con una precisión de  $-0,5$  y su bajo costo en el mercado lo cual lo hace una buena solución para la variable de la humedad del suelo en la agricultura. Estos sensores se caracterizan por su bajo consumo en el orden de los miliamperios (mA). [6], [8].

El dispositivo coordinador, es la estación central del sistema. Actúa como una estación receptora de los datos adquiridos por los nodos sensores que están transmitiendo en un intervalo de tiempo, estos datos son procesados, almacenados en una base de datos que estará contenida dentro de un servidor para su posterior visualización por parte de los usuarios en la web. A continuación se muestra en la figura 2 un diagrama de la arquitectura de la aplicación del sistema. Esta cuenta con una tarjeta de adquisición que integra el módulo Xbee s2, los sensores de temperatura y humedad y por ultimo una fuente de alimentación o batería de  $9\text{v}$  para una solución portátil que ayudara a ubicarlo en cualquier punto. [5].

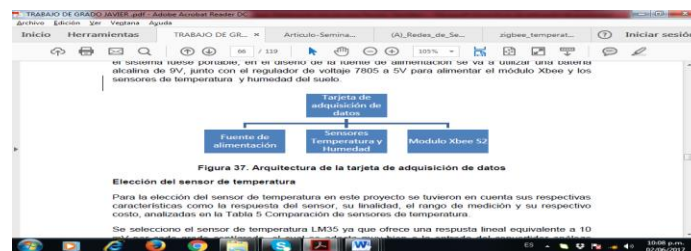


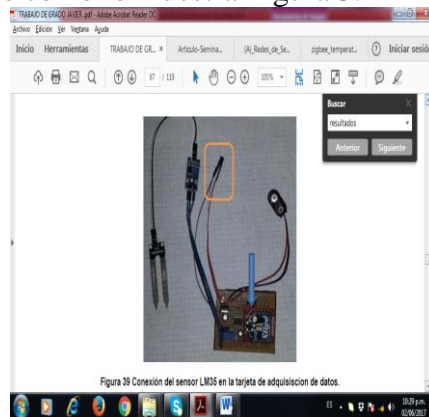
Figura 2. Arquitectura tarjeta de adquisición de datos

## III. RESULTADOS

Para la red de sensores se cuentan con tres dispositivos Xbee, como se menciona anteriormente en toda red de sensores debe haber un coordinador, este dispositivo utilizara el módulo Xbee Explorer para comunicarse con PC a través del puerto USB. Esta conexión crea un puerto serial virtual que puede ser leído desde Matlab. El coordinador junto con los dos dispositivos finales conforma la red, en topología estrella, dado que el área del cultivo donde se realiza el monitoreo

de la temperatura y humedad es aproximadamente de 20m<sup>2</sup>, y los dispositivos finales pueden estar a una distancia de 100m en línea de vista con el coordinador. [

Se cuenta con dos módulos XBEE que serán configurados como dispositivos finales en modo API, y los encargados de tomar la salida de voltaje analógica de los sensores de humedad y temperatura, y convertirla en digital en sus entradas ADC. Estas entradas ADC manejan una resolución de 10 bits, se tomará una muestra cada 5s, siendo el tiempo de toma de muestra de 1s y 4s restantes en modo Sleep para ahorro de la batería. En la implementación de la tarjeta se configuraron los dos dispositivos finales que integran los sensores para la toma de datos, en recuadro se tiene el sensor LM35, y a la izquierda de la imagen el sensor de humedad y la flecha hacia abajo indica el módulo Xbee como lo muestra figura 3.



**Figura 3.** Conexión de los sensores de temperatura y humedad en el dispositivo final que integra el módulo Xbee.

El rango de temperatura a medir por el sensor podría variar de 0 a 50°, debido a que es temperatura ambiente al que estará expuesto el cultivo, el valor del voltaje de salida para el sensor de temperatura, como se observa en la Tabla 1, para el máximo valor de temperatura ambiente de 50°C es de 500mV de acuerdo a la respuesta del sensor, se genera un valor de voltaje a la salida de 500mV, este voltaje es menor que el máximo valor de voltaje en la entrada analógica del Xbee por lo tanto se puede utilizar sin condicionamiento de la señal.

Tabla 1. Relación de temperatura vs voltaje de salida del sensor

Temperatura	Voltaje de salida
0°	<b>0mV</b>
20°	<b>200mV</b>
50°	<b>500mV</b>

Después de verificar la correcta comunicación entre los diversos elementos del nodo sensor o dispositivo final, se realizó una prueba para la toma de datos, procesarlos y posteriormente almacenarlos en la base de datos y poder verificar el correcto funcionamiento de los sensores.

En la Figura 4 se muestra el command window de la herramienta matlab donde se evidencia la captura de los datos que se desglosan de la trama UART que se leyó en el puerto serial, correspondientes a los valores de temperatura y humedad del suelo del nodo sensor 1, luego de la lectura los valores serán almacenados en la base de datos.

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Examples, or read Getting Started.

mydata =
    0    19   162     0    64   226   198   134

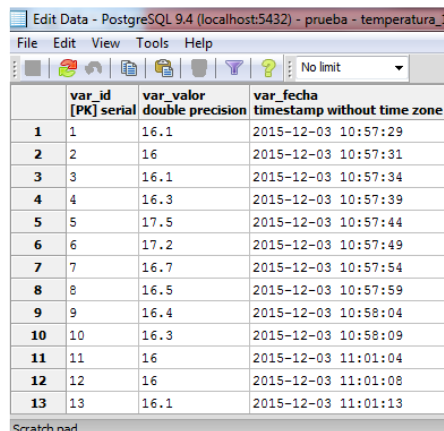
data =
'2015-12-11 20:35:13'    [16.9000]

data =
'2015-12-11 20:35:13'    [22.7324]
    
```

Figura 4. Captura de datos del nodo sensor 1

El Registro que se describe a continuación de la temperatura y humedad del suelo almacenado en base de datos —pruebal de postgresQL se muestran en cada una de las figuras correspondientes a cada tabla de la base de datos.

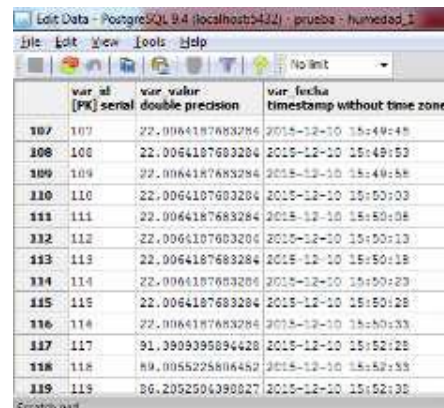
En la Figura 5 de la tabla temperatura\_1 se observa un el primer registro de los campos var\_id, var\_valor y var\_fecha . En el campo var\_valor está contenida el valor de la temperatura que registra el sensor 1 cada 10 segundos, así mismo el campo var\_fecha registra la fecha y hora actual en que fueron tomados los valores de la temperatura en el sensor 1 y por último en el campo var\_id que es el campo único e irrepitible de la tabla.



	var_id [PK] serial	var_valor double precision	var_fecha timestamp without time zone
1	1	16.1	2015-12-03 10:57:29
2	2	16	2015-12-03 10:57:31
3	3	16.1	2015-12-03 10:57:34
4	4	16.3	2015-12-03 10:57:39
5	5	17.5	2015-12-03 10:57:44
6	6	17.2	2015-12-03 10:57:49
7	7	16.7	2015-12-03 10:57:54
8	8	16.5	2015-12-03 10:57:59
9	9	16.4	2015-12-03 10:58:04
10	10	16.3	2015-12-03 10:58:09
11	11	16	2015-12-03 11:01:04
12	12	16	2015-12-03 11:01:08
13	13	16.1	2015-12-03 11:01:13

Figura 5. Primer registro de la temperatura en la tabla tempertura\_1 de la base de datos

Para el segundo registro de la humedad del suelo de la tabla de humedad\_1 en la base de datos se conectó la salida del sensor de humedad a la entrada analógica del Xbee S2. Se puede visualizar que el campo var\_valor toma unos valores diferentes a los que se desean llegar como se muestra en la figura 6.



	var_id [PK] serial	var_valor double precision	var_fecha timestamp without time zone
107	107	22.0064187683284	2015-12-10 15:49:45
108	108	22.0064187683284	2015-12-10 15:49:50
109	109	22.0064187683284	2015-12-10 15:49:55
110	110	22.0064187683284	2015-12-10 15:50:00
111	111	22.0064187683284	2015-12-10 15:50:05
112	112	22.0064187683206	2015-12-10 15:50:10
113	113	22.0064187683284	2015-12-10 15:50:15
114	114	22.0064187683206	2015-12-10 15:50:20
115	115	22.0064187683284	2015-12-10 15:50:25
116	116	22.0064187683284	2015-12-10 15:50:30
117	117	91.3993395894428	2015-12-10 15:52:25
118	118	89.0055225806452	2015-12-10 15:52:30
119	119	86.2052504398827	2015-12-10 15:52:35

Figura 6. Segundo registro de la humedad del suelo en la tabla humedad\_1

Por último se hace la conexión de la base de dato con la aplicación web para su respectiva visualización en la interfaz web. Como se observa en la figura 7 La aplicación web ha sido desarrollada en la plataforma netbeans, utilizando framework de bootstrap en la cual se desarrolló una plantilla de página web que tendrá una página principal y cuatro páginas de opciones donde una de ellas es la página de transacciones que tiene un login de usuario y contraseña para poder acceder al servidor de base de datos donde está contenida la información de las variables físicas que se van a estudiar o analizar a futuro.



Figura 7. Pantalla de inicio de la interfaz Web

## Conclusiones

La red de sensores se implementó con tres dispositivos XBEE S2 los cuales manejan el protocolo Zigbee para la comunicación entre ellos, en este caso, fueron configurados uno como coordinador y los dos restantes como dispositivos finales en modo API; el coordinador permanece conectado al PC y los dos dispositivos finales son los encargados de enviar la información en formato hexadecimal a través de las tramas UART, correspondientes a los valores de las entradas analógicas del XBEE provenientes del sensor de temperatura LM35 y el sensor de humedad YL69. El muestreo de las variables físicas fue configurado cada cinco segundos, un segundo para la toma de la muestra y los otros cuatro segundos el dispositivo final estará en modo Sleep.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas sobre el funcionamiento de la red de sensores y el almacenamiento de la información en la base de datos, se aprecia un retardo de 10s, debido a que el muestreo se realiza cada cinco segundos y adicionalmente en el módulo XBEE se tiene un buffer que almacena los datos antes de transmitirlos vía RF.

Esta herramienta permite graficar los resultados obtenidos en la base de datos, y poder visualizar los niveles más altos o más bajo que se obtuvieron de temperatura y humedad del suelo durante un periodo establecido.

## REFERENCIAS

- [1] Agudelo Quiroz, A. S. (2014). Redes de sensores inalámbricos utilizando zigbee/802.15.4.
- [2] AWS-Tecnología|Desarrollo Web y Aplicaciones. (s.f.). Recuperado el 3 de 9 de 2015, de AWS-Tecnología|Desarrollo Web y Aplicaciones: <http://desarrollowebaws.com/tecnologias/>
- [3] Bubano Garcia, J. L. (2014). Red WSN para el Control y Monitoreo de un Sistema de Riego por Goteo de una Plantación de Fresas en la Granja Experimental Yuyucocha – UTN. QUITO.



- [4] Dignani, J., & Pablo. (2011). ANÁLISIS DEL PROTOCOLO ZIGBEE. Universidad Nacional de La Plata.
- [5] Durán Chaparro Paola Silvia, C. B. (2008). APLICACIÓN WEB PARA LA CAPTURA, MONITOREO Y ANLISIS DE DATOS TRANSMITIDOS A TRAVÉS DE REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE . BUCARAMANGA
- [6] Fortuño Girod, A. (2012). DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UNA RED DE SENSORES ZIGBEE MEDIANTE EL DISPOSITIVO XBEE DE DIGI.
- [7] Gelves Diaz John Freddy, Sanchez Molina Jorge. (2012). "Implementación de un sistema tipo scada para mejorar los procesos de secado y cocción de la ladrillera sigma LTDA". RCTA, ISSN 1692-7257, v.2 fasc.20 p.80 - 85 ,2012.
- [8] Ruben Dario Sanchez Dams (2013). "Estado del arte del desarrollo de sistemas embebidos desde una perspectiva integrada entre el hardware y software". RCTA, ISSN 1692-7257 v.2 p.98 – 105.