



FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA
DEL PROGRAMA DE
INVESTIGACIÓN
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
MULTIDISCIPLINARIA ARAGÓN



XII CONGRESO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN

Memoria

Octubre de 2019, Nezahualcóyotl, Edo. de México.





Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Ecatepec

**Sistema de monitoreo basado en una red de sensores para el cultivo
de tomate rojo**

Autores

Ing. Jessica Sánchez Arrazola

Dr. Ismael Díaz Rangel

Mtro. Eugenio Cedillo Portugal

Eje de investigación: Ingeniería

Categoría: Avance de investigación

Fecha de envío: 24 de mayo 2019

SÍNTESIS CURRICULAR

Nombre: Jessica Sánchez Arrazola

Grado académico: Ingeniero en Computación

Estudios realizados: Licenciatura en Ingeniería en Computación en la Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Ecatepec 2011-2016

Desempeño laboral actual: Estudiante de la Maestría en Ciencias de la Computación en la Universidad Autónoma del Estado de México, CU UAEM Ecatepec

Investigaciones realizadas: Computo científico y sistemas electrónicos

Correo electrónico: jessica_san_a@hotmail.com

Nombre: Ismael Díaz Rangel.

Grado académico: Doctorado.

Estudios realizados: Ingeniería en FES Aragón, UNAM; posgrados en CIC IPN.

Desempeño laboral actual: Profesor de tiempo completo FES Aragón.

Línea de investigación que desarrolla: Procesamiento automático de lenguaje natural y adquisición y procesamiento digital de señales.

Investigaciones realizadas: Sintetizador dinámico de voz; Empirical study of machine learning based approach for opinion mining in tweets; creación y evaluación de un diccionario marcado con emociones y ponderado para el español; sistema para la medición, visualización y registro de la radiación solar, etcétera.

Correo electrónico: ismael1099@hotmail.com

Nombre: Mtro. Eugenio Cedillo Portugal

Grado académico: Maestro en Tecnología en Calidad e Inocuidad Agroalimentaria

Estudios realizados: Lic. en Universidad Autónoma Chapingo y maestría en el Colegio de Postgraduados

Desempeño laboral actual: Técnico Académico Titular “B” Tiempo Completo

Investigaciones: Estudio de la producción de hortalizas y flores bajo invernadero, sustratos, sistemas hidropónicos y fertirriego.

Correo electrónico: ecedillo130766@hotmail.com

ÍNDICE

Resumen	4
Introducción	5
Justificación.....	6
Planteamiento del problema	6
Objetivo	7
Hipótesis.....	7
Marco teórico	¡Error! Marcador no definido.
Metodología	9
Avances significativos.....	13
Conclusiones y trabajo futuro	16
Referencias	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

Este trabajo presenta los avances de un proyecto que tiene como propósito monitorear variables climáticas al interior de un invernadero para cultivo de tomate rojo. Actualmente el sistema consta de una interfaz gráfica de usuario; la cual, se ejecuta sobre una microcomputadora con sistema operativo Raspbian, y codificada en lenguaje Java sobre el IDE Netbeans. El sistema funge como servidor de base de datos y como gestor de los datos proporcionados por una placa Arduino que funciona como sistema de adquisición de los sensores de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo. Estos factores tienen un efecto en la irrigación del cultivo en el invernadero y pueden ser controlados por el agricultor con la ayuda del monitoreo de los mismos.

Palabras clave: Monitoreo, Invernadero, Sensor.

Abstract

This paper presents advances of a project that aims to monitor climatic variables inside a greenhouse for red tomato cultivation. Currently the system consists of a graphical user interface; which is executed on a microcomputer with Raspbian operating system, and coded in Java on the NetBeans IDE. The system works as a database server and as a manager of the data provided by an Arduino board, which functions as acquisition system temperature sensors, humidity and soil moisture. These factors have an effect on irrigation in the greenhouse, and can be controlled by the farmer with the help of their monitoring. These factors have an effect on irrigation in the greenhouse, and can be controlled by the farmer with the help of their monitoring.

Keywords: Monitoring, Greenhouse, Sensor.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate rojo bajo invernadero puede ser afectado si no se mantienen las condiciones climáticas deseadas ya que, si se tiene una temperatura muy alta, los frutos no obtienen el color rojo uniforme; o si la humedad relativa es alta, los frutos pueden tener enfermedades como Fusarium. Por ello es relevante tener un sistema de monitoreo de estas variables, para que el agricultor las pueda controlar y tener una máxima producción. (Velasco Hernandez, Nieto Angel, & Navarro Lopez, 2006)

Arduino es una placa electrónica de fácil uso, basada en un microcontrolador ATmega328, puede mandar y recibir datos de una variedad de sensores para monitorizar. Arduino puede comunicarse con otros softwares o una computadora para su ejecución.

Para crear un sistema computacional para invernadero se necesita realizar una serie de pasos: (Metrolho, Serodio, & Couto, 1999).

- 1.- Adquisición de los datos a través de los sensores.
- 2.- Procesamiento de datos, comparándolo con los estados deseados y finalmente decidir qué se debe hacer para cambiar el estado del sistema.
- 3.- Acción de un componente, informar al agricultor.

En la Universidad Autónoma de Chapingo se realizó un sistema de monitoreo basado en una micro-red de sensores para variables climáticas de un invernadero. El sistema se programó en el lenguaje de programación C++, y usaron un Datalogger de Campbell para adquirir los datos de los sensores. En el departamento de irrigación en Chapingo se realizó un sistema electrónico para medir la temperatura de un invernadero y mediante el uso de la computadora personal, conocer el comportamiento del gradiente de temperatura durante las horas del día. Para tal estudio, se diseñó

y construyó un circuito electrónico con ocho sensores de temperatura los cuales están distribuidos por todo el invernadero para verificar que la temperatura es correcta y que los sensores funcionan correctamente, usan específicamente el LM35DZ, el microcontrolador PIC16F877 y la PC. Emplearon el compilador Borland C++ versión 3.1 para desarrollar el programa en lenguaje C, el cual les permitió mostrar la información de temperatura medida en tiempo real y almacenar los datos en Excel.

JUSTIFICACIÓN

El cultivo en un invernadero es altamente afectado por las condiciones climáticas del medio ambiente. Los cinco parámetros más importantes que se deben tomar en consideración cuando se diseña un invernadero son los siguientes: temperatura, humedad relativa, intensidad de la iluminación, humedad del suelo y concentración de CO₂. El monitoreo continuo de estos parámetros nos permiten tener información relevante a los efectos que tienen en calidad del cultivo. Existen varias empresas que se dedican a la automatizar invernaderos como Priva, Novagric las cuales automatizan invernaderos con dimensiones mayores de 2 hectáreas, pero existen agricultores que tienen invernaderos con dimensiones de 1000 m² y las empresas de automatización no trabajan con invernaderos de esas dimensiones. (PRIVA, 2015), (NOVAGRIC, 2016)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para que los cultivos puedan tener una eficiencia óptima, se necesitan ciertas condiciones, las cuales se pueden controlar de manera eficiente en un invernadero. Una primera etapa de automatización para eficientar los cultivos sin la necesidad de la supervisión continua de un experto, es la monitorización de variables. Sin embargo, los costos de su implementación pueden

quedar fuera del alcance de un agricultor a pequeña escala. Por ello, es importante desarrollar sistemas de monitoreo de costo accesible, pero que sean fiables, para apoyar el cultivo óptimo para invernaderos.

OBJETIVO

Diseñar un sistema computacional y una red de sensores para el monitoreo de la temperatura, humedad relativa y humedad del suelo de un invernadero de dimensiones pequeñas para el cultivo de tomate rojo.

Objetivos específicos

- Informar al agricultor mediante una interfaz gráfica el estado de las variables de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo.
- Almacenar en una base de datos los valores numéricos obtenidos de los sensores.
- Emitir alertas de cambios que se encuentren fuera de los parámetros establecidos por medio de mensajes de texto vía GSM.

HIPÓTESIS

Es posible crear un sistema de monitoreo de variables climáticas para un invernadero de costo asequible y de alta fiabilidad, para tener un mayor control que permita mejorar la productividad.

CATEGORÍAS TEORICAS

Los requerimientos edafoclimáticos son algunas de las variables que un cultivo debe de tener para su máxima producción, y se mencionan a continuación para el caso particular de jitomate:

Temperatura: El manejo de la temperatura es muy importante ya que de esta depende que se tenga una buena fotosíntesis y que los frutos tengan una coloración adecuada. La temperatura adecuada en el invernadero se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Temperatura

Etapas de Germinación	Grados Centígrados
Mayor desarrollo entre	20 a 24 °C
Primeras hojas a	12 °C
Desarrollo diurno entre	18 a 21 °C
Desarrollo nocturno entre	15 a 18 °C
Floración diurna entre	23 a 26 °C
Floración nocturna entre	15 a 18 °C
Maduración fruto rojo entre	15 a 22 °C
Maduración fruto amarillo a	>30 °C

Fuente: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>

Humedad relativa: La óptima debe de estar entre el 60% y 80%. Si se tiene una humedad mayor se desarrollan enfermedades aéreas, el fruto se agrieta y hay más dificultad en la fecundación debido a que el polen se compacta y se caen las flores.

Si hay poca humedad relativa dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

Humedad del suelo: Se debe tener una humedad del suelo del 60%, si se tiene una humedad mayor se puede ahogar la planta o puede atraer enfermedades en el tallo por exceso de agua, y si se tiene una humedad del suelo menor la planta tiene estrés hídrico y puede causar su muerte. (InfoAgro, 2018).

Arduino: es una plataforma de electrónica que se usa para la creación de prototipos basados en software y hardware. Es una tarjeta electrónica la cual contiene un microcontrolador reprogramable ATmega328 y un conjunto de pines de conexión que son las entradas y salidas, las cuales por medio de actuadores es posible interaccionar con el medio físico. De esta manera se pueden crear proyectos de manera más rápida y eficiente. Arduino trabaja con un entorno de desarrollo libre y de multiplataforma porque se puede instalar en cualquier ordenador y permite escribir, verificar y guardar en la memoria del microcontrolador cualquier instrucción. (Arduino, 2018)

Raspberry pi: Es una computadora reducida de bajo costo en la cual soporta varios sistemas operativos de baja capacidad y soporta varios componentes al igual que una computadora, tiene puertos de entrada y de salida para la comunicación con otros dispositivos.

Sensores: Un sensor es un dispositivo que detecta estímulos y mediante estos mandan una respuesta a consecuencia. (Raspberry, 2018)

Modulo HL-69: Sensor de humedad de suelo Es un módulo que utiliza la conductividad de 2 terminales para determinar los parámetros relacionados con el agua. Tiene 2 placas que están separadas y cubiertas de un material conductor. Si hay humedad hacen un puente de una punta a otra el cual es detectado por un circuito que amplifica la señal que la transforma en un valor analógico que va de 0 a 1023. Y también tiene una salida digital, el valor lógico 1 significa que la tierra no está húmeda y si es 0 la tierra está húmeda. (Santos, 2016)

Sensor DHT11: Mide la humedad relativa como la temperatura, se caracteriza por tener la señal digital calibrada por lo que asegura una alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo, ya que contiene un microcontrolador de 8 bits integrado. Está constituido por dos sensores resistivos (NTC y humedad). Tiene una excelente calidad y una respuesta rápida en las medidas. Puede medir la humedad entre el rango 20% – aprox. 95% y la temperatura entre el rango 0°C – 50°C. Cada sensor DHT11 está estrictamente calibrado en laboratorio, presentando una extrema precisión en la calibración. Los coeficientes de calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son empleados por el proceso de detección de señal interna del sensor. (OSEPP Electronics, 2018)

METODOLOGÍA

Se usó la metodología MSF (Microsoft Software Solution), esta metodología se basa en la unión de la metodología de cascada y la metodología en espiral.

Visión: Se realizó una entrevista a un Agricultor para tener más información sobre su invernadero y cómo funciona, la cual fue muy importante para el desarrollo del proyecto. Lo que el usuario necesita es un sistema de monitoreo en el cual pueda visualizar la temperatura ambiente, la humedad relativa y la humedad del suelo mediante una interfaz gráfica, que sea capaz de representar los datos actuales y el registro histórico.

Planificación: Se diseñó un sistema de monitoreo el cual obtiene los datos de la humedad del suelo, humedad relativa y temperatura, que se muestran en una LCD.

Los datos que se obtienen en el monitoreo, se guardaran en una base de datos, y el usuario puede ver los datos desde el origen del tiempo y los podrá ver en gráficas.

Desarrollo: En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques de la estructura que se tiene para el desarrollo del sistema.

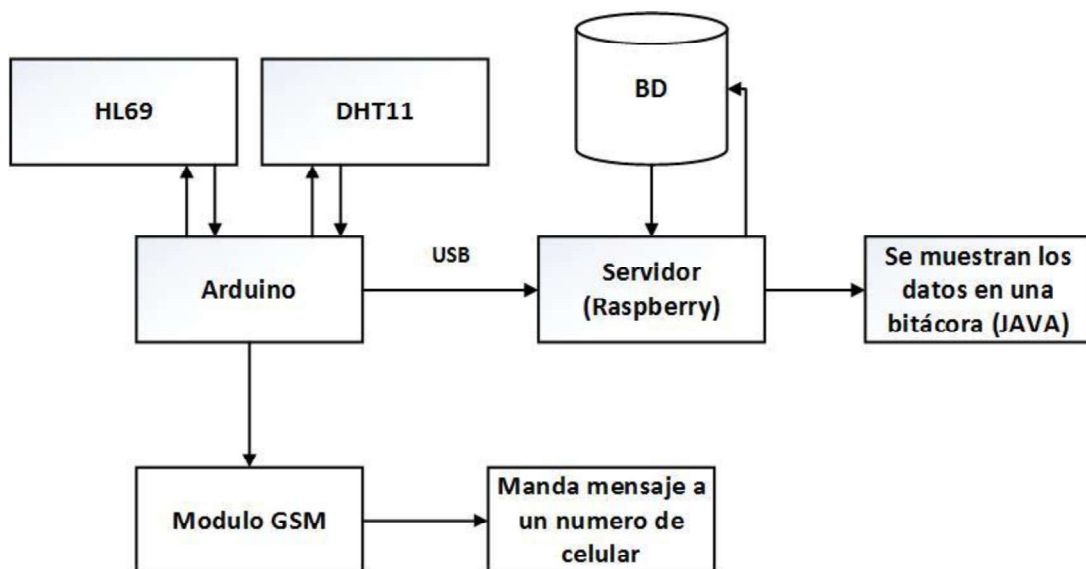


Figura 1. Diagrama a bloques

El sensor HL-69 y el DHT11 se conectan al Arduino Uno, el cual obtiene los datos de los sensores de forma analógica, los guarda en variables, y después los manda al puerto serial por medio de la

conexión USB a la Raspberry; obtiene la información y la almacena en una base de datos, para que posteriormente pueda ser mostrada en una interfaz gráfica.

La programación del sistema se divide en dos partes, porque se usan dos entornos distintos, el primero es en Arduino, en la figura 2 se muestra el diagrama de flujo que se empleó para la programación.

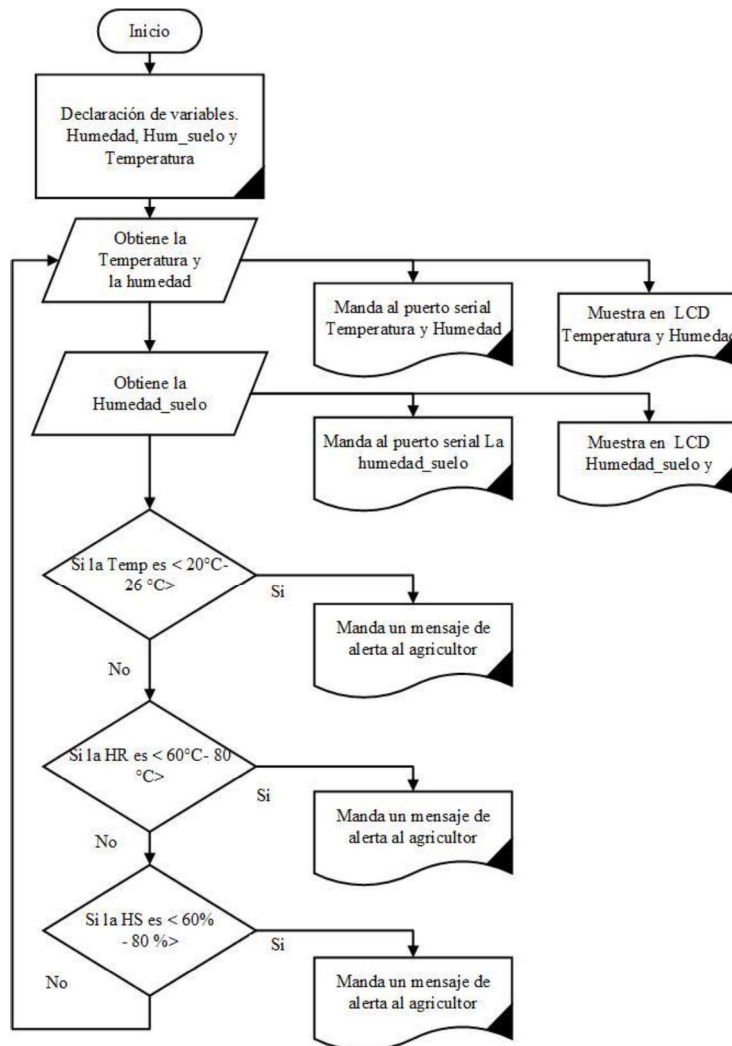


Figura 2. Diagrama de flujo para Arduino

Primero se declararán las variables de los sensores DHT11 y HL69, después se obtiene la temperatura y humedad, los datos se guardan en una variable y se mandan al monitor serial y a la salida del LCD, después se obtiene el valor de la humedad del suelo, se guarda en una variable y

se manda el valor de la variable por el monitor serial y a la salida del LCD, una vez mostrados los valores, se analizan y se verifican si los valores de los sensores se encuentran en el umbral establecido manda una alerta al agricultor.

La segunda parte es la programación en el entorno en Java, en la cual (figura 3) muestra los diagramas de navegación que tiene la bitácora, en la cual el usuario podrá ver por día las variables climáticas que se obtuvieron.

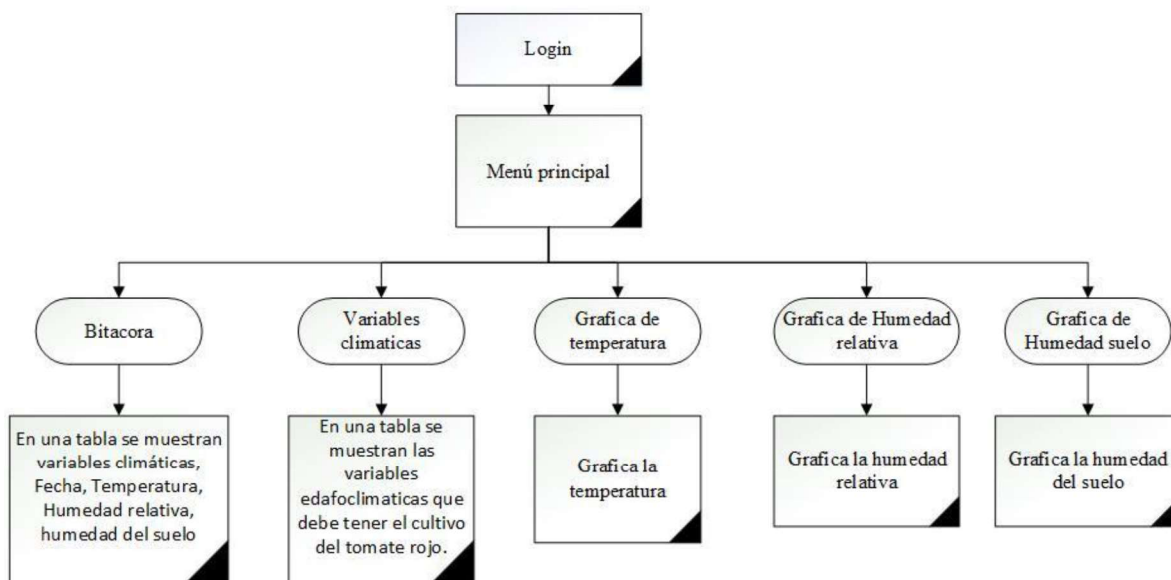


Figura 3. Diagrama de flujo para Raspberry

Al ejecutar el programa muestra una ventana para que el usuario coloque su usuario y contraseña, si coloca bien los datos de acceso lo direccionará a otra ventana de navegación, se muestra el menú principal con cinco botones, en el primer botón de Bitácora se muestran las variables climáticas en una tabla; en el segundo botón, se muestra las variables edafoclimáticas que debe tener el cultivo de tomate rojo; en el tercer, cuarto y quinto botón se muestran las gráficas de la temperatura, humedad relativa y humedad del suelo.

AVANCES SIGNIFICATIVOS

El diseño de la interfaz gráfica es la siguiente, cuando de ejecuta el programa, aparece la primera pantalla de Acceso como se muestra en la figura 4; en ella, el usuario deberá proporcionar los datos requeridos por el sistema.



Figura 4. Ventana de Acceso

Si el usuario y la contraseña son correctos entonces nos manda a otra ventana, como se muestra en la figura 5, en dónde se observa el menú con cinco botones, con la que el usuario podrá interactuar.



Figura 5. Menú

Si se oprime el primer botón, nos manda a otra ventana, como se puede ver en la figura 6. Los elementos de la tabla son:

1. Fecha: Muestra la fecha actual.

2. Hora: Muestra la hora minutos y segundos de la toma de datos del sensor.
3. Humedad relativa
4. Humedad del suelo
5. Temperatura

Datos de los sensores

Fecha	Hora	Humedad relativa(%)	Humedad suelo(%)	Temperatura (°C)
6/1/2017	21:45:11	35	66	21
6/1/2017	21:46:12	35	67	21
6/1/2017	21:47:13	35	66	21
6/1/2017	21:48:13	35	67	21
6/1/2017	21:49:14	35	67	21
6/1/2017	21:50:14	35	67	22
6/1/2017	21:51:15	35	67	21
6/1/2017	21:52:16	33	67	25
6/1/2017	21:53:16	35	67	21
6/1/2017	21:54:17	35	67	22
6/1/2017	21:55:18	35	68	21

Humedad del suelo debe de estar al 60%

Exportar a Excel

Figura 6. Datos de los sensores

Todos los datos que se muestran en la tabla son guardados en una base de datos, y se pueden guardar los datos en una hoja de Excel, solo se tiene que pulsar el botón para exportar los datos a Excel y se abre una nueva ventana como se muestra en la figura 7, pide que le demos un nombre al archivo generado y que seleccionemos en que carpeta la deseamos guardar y se guarda el archivo con formato “xlsx”.

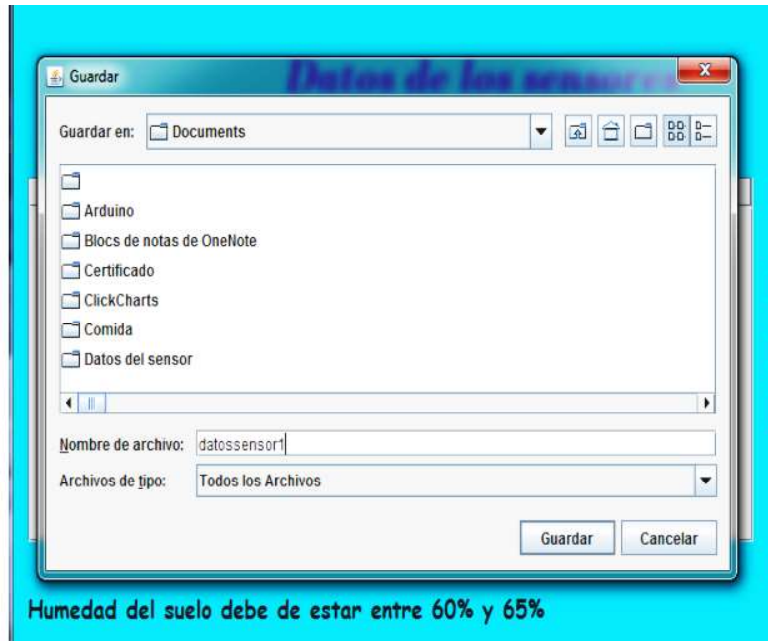


Figura 7 Exportar datos a Excel

En la figura 8 se muestra la gráfica de la humedad del suelo con respecto al tiempo, el formato del tiempo que se visualiza en el eje de las abscisas se muestra por medio de 5 a 6 números juntos, y está dividido a la mitad por una coma, como por ejemplo 900000, los dos primeros dígitos son la hora, el dígito 3 y 4 son minutos y los dígitos 5 y 6 son los segundos.

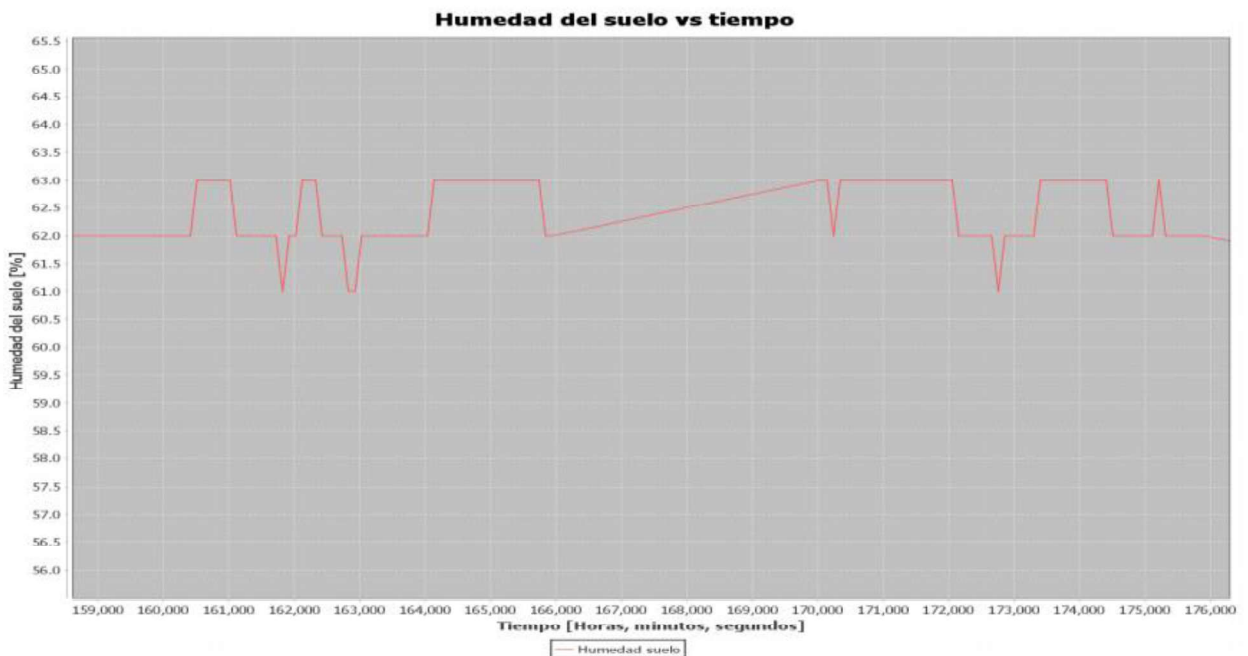


Figura. 8 Grafica de la Humedad del suelo

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En una microcomputadora se realizó un sistema de monitoreo de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo, esta información ayudará a los agricultores para lograr una mejor producción. El sistema puede tener un costo accesible para los agricultores, ya que la microcomputadora propuesta, a pesar de ser de bajo costo, es capaz de ejecutar sin demoras los algoritmos implementados; también los sensores HL69 y DHT11 son de costo accesible, y el sistema operativo en el que está montado es Raspbian, que es una distribución del sistema operativo GNU/Linux y es libre, al igual que el IDE de programación en Netbeans.

Como trabajo a futuro se pretende hacer la conexión de un módulo GSM con el Arduino, para mandar alerta a los agricultores, sobre sus variables climáticas que se encuentren en rangos perjudiciales para el cultivo, también se realizará la caracterización de los sensores de humedad del suelo con sustrato de fibra de coco, para mejorar la calidad de las mediciones.

REFERENCIAS

Arduino. (15 de julio de 2018). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>

InfoAgro. (12 de agosto de 2018). *InfoAgro Systems, S.L.* Obtenido de

<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>

Metrolho, J., Serodio, C., & Couto, C. (1999). CAN based actuation system for greenhouse control.

ISIE '99. Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics

(págs. 945-950). Industrial Elect.: IEEE.

NOVAGRIC. (2016). *NOVAGRIC*. Recuperado el 14 de noviembre de 2017, de

<http://www.novagric.com/es>

OSEPP Electronics. (25 de agosto de 2018). *Mouser Electronics*. Obtenido de DHT11 Humidity & Temperature Sensor: <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>

PRIVA. (2015). *Creating a climate for Growth*. Obtenido de <https://www.priva.com/mx>

Raspberry. (20 de noviembre de 2018). *Raspberry Pi*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>

Santos, S. (14 de junio de 2016). *RandomNerdTutorials*. Obtenido de <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-soil-moisture-sensor-yl-69-or-hl-69-with-the-arduino/>

Velasco Hernandez, E., Nieto Angel, R., y Navarro Lopez, E. (2006). *Cultivo de jitomate en hidroponia e invernadero*. Estado de México: Universidad Autonoma Chapingo.