

# Generación de un ambiente controlado para semilleros de huertos urbanos con Freertos y Arduino

## Generation of a controlled environment for seeds of urban gardens with Freertos and Arduino

Joseph González<sup>1</sup>, Itza Morales<sup>1</sup>, Alaín García<sup>1</sup>, Vladimir Villarreal<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación – Centro Regional de Chiriquí – Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>2</sup>GITCE – Centro Regional de Chiriquí – Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** Elaborar semilleros para trasplante permite al horticultor el crecimiento prematuro de plántulas para el adelanto controlado de cultivos a sus épocas de siembra adecuada. Sin embargo, no siempre es posible contar con el clima adecuado para la germinación de las semillas sembradas, lo que puede generar pérdidas de plántulas y/o retrasos en la producción. Para prevenir esta situación se desarrolló un sistema electrónico que genera las condiciones ambientales requeridas para la germinación y crecimiento correcto de los plántulas, dentro de un pequeño invernadero destinado a semilleros para huertos urbanos. Este sistema consiste en sensores de humedad y temperatura que se comunican a una placa microcontroladora Arduino UNO, donde los datos obtenidos por los sensores son manipulados por el sistema operativo de tiempo real FreeRTOS. Este sistema operativo analiza los datos obtenidos, determina la actividad que deben realizar los elementos actuadores (como sistema de riego, calefacción y ventilación) y gestiona la cantidad de recursos del sistema que puede utilizar cada uno a través de hilos de procesos. Todo esto para obtener como resultado un ambiente de crecimiento adecuado dentro del invernadero.

**Palabras clave** Arduino, FreeRTOS, invernadero, semillero, sensores.

**Abstract** Preparing seedbeds for transplantation allows the horticulturist the premature growth of seedlings for the advancement of crops to their proper sowing times. However, it is not always possible to have the right climate for the germination of seeds planted, which can lead to loss of seedlings and / or production delays. To prevent this situation was developed an electronic system that generates the environmental conditions required for germination and proper growth of the seedlings, within a small greenhouse destined to seedbeds for urban orchards. This system consists of humidity and temperature sensors that communicate to an Arduino UNO microcontroller, where the data obtained by the sensors are manipulated by the realtime operating system FreeRTOS. This operating system analyzes the data obtained, determines the activity to be performed by the actuator elements (such as irrigation, heating and ventilation) and manages the amount of system resources that each can use through process threads. All this to obtain as a result an adequate growth environment inside the greenhouse.

**Keywords** Arduino, FreeRTOS, greenhouse, seedbed, sensors.

\*Corresponding author: vladimir.villarreal@utp.ac.pa

## 1. Introducción

La horticultura urbana permite al agricultor establecer métricas para sembrar de plántulas (plantas germinadas para trasplante) bajo las condiciones y criterios pertinentes a un invernadero convencional. Esta práctica se aplica a la necesidad de evitar la proliferación de plagas, aumentar la calidad y tasa de crecimiento de un cultivo en particular.

### 1.1 Objetivo General

El sistema propuesto busca potenciar y automatizar las actividades de la horticultura aprovechando el entorno

interactivo (sensores) y multitareas (FreeRTOS) que nos ofrece la programación estratégica con el microcontrolador de Arduino UNO para construir un sistema que garantice la producción óptima de plántulas para un huerto urbano.

### 1.2 Estado del arte

En la actualidad se construyen invernaderos a gran escala para proteger los cultivos contra las adversidades climáticas, las cuales pueden causar pérdidas económicas no solo para los productores, sino también a los consumidores que se ven afectados por los aumentos en los precios de los productos,

consecuencia de escasez alimenticia [1]. Las monitorizaciones electrónicas de estos recintos por medio de sensores, aunado a la automatización de los procesos para el cuidado de las variedades vegetales, ayudan a potenciar la producción agrícola para hacer frente a la demanda actual [2].

Los huertos urbanos y macetohuertos, brindan la oportunidad a las personas de producir sus propios alimentos, aunque se cuente con espacios de terreno reducidos. La implementación de invernaderos de tamaño reducido, monitorizados electrónicamente en tiempo real, para la elaboración de semilleros, permite al horticultor obtener plántulas saludables, prevenir enfermedades y planificar la sucesión de cultivos, logrando así mantener una producción de alimentos continua [3-5].

### 1.3 Estructura del artículo

Como primer punto se describe la función general del sistema completo y cómo se relacionan cada uno de sus componentes entre sí para mantener el funcionamiento constante del mismo. Se detallan los materiales necesarios y métodos de construcción utilizados.

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos de la validación del sistema por medio del proceso de simulación digital de los factores que influirían en su funcionamiento en el mundo real.

Para terminar, se encuentran las conclusiones por partes de los autores sobre el desarrollo del proyecto. Además, se agrega una sección de reconocimientos y se finaliza con las referencias al material teórico utilizado.

## 2. Descripción del sistema propuesto

Este sistema utiliza la tecnología de la placa microcontroladora Arduino UNO R3 [6] en conjunto con el sensor DHT11 [7] y el sensor Soil Moisture Sensor v2.7.1 I2C [8] para medir humedad y temperatura en un pequeño invernadero. Estos sensores se comunican mediante cableado a la placa microcontroladora, en donde los datos que se obtienen son gestionados en un sistema operativo en tiempo real FreeRTOS [9]. El sistema operativo se encarga de analizar los datos obtenidos para determinar el comportamiento que deben tener los sistemas de ventilación, calefacción y/o irrigación, así como gestionar los recursos del sistema que se les pueden asignar a través de hilos del procesamiento.

Cada proceso realizado por el sistema es transmitido de forma inalámbrica por el módulo WiFi ESP8266 [10] a un computador terminal donde el administrador del sistema puede monitorear el historial de datos obtenidos y tomar decisiones pertinentes para la mejora o modificación del sistema.

### 2.1 Relación funcional entre los componentes del sistema

En la figura 1 se muestra un diagrama con una representación generalizada de la relación funcional entre los componentes del sistema. En el diagrama se clasificaron los

elementos en tres columnas distintas: actuadores, procesadores y sensores. La columna de actuadores comprende aquellos elementos que reaccionarán en respuesta a los cambios detectados por los sensores. La columna de procesadores comprende los elementos que analizan la información del sistema y controlan el comportamiento de los sensores y actuadores. Y por último, la columna de sensores comprende aquellos dispositivos que se encargan de percibir el estado de las condiciones climáticas dentro del sistema propuesto.

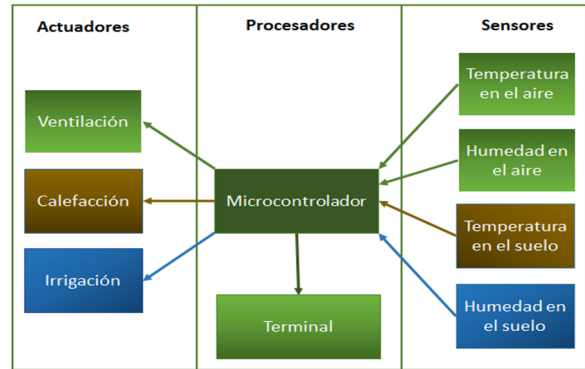


Figura 1. Diagrama funcional del sistema.

### 2.2 Construcción del sistema

La figura 2 muestra el funcionamiento del sistema, el mismo incluye sensores de temperatura, humedad en el aire y de humedad en el suelo, estos van conectados a la placa de Arduino UNO R3. De igual forma el ventilador que se encuentra en la parte superior (techo), permitirá que en el caso de que el ambiente se encuentre a una temperatura muy alta, entre en funcionamiento y permita que el ambiente esté a una temperatura más estable. Además, la cama caliente [11] que está conectada a la placa de Arduino entra en funcionamiento una vez que el sensor de humedad del suelo detecta si la misma desciende considerablemente y la cama caliente permite estabilizar la temperatura del suelo. Y, por último, la bomba de agua del sistema de riego se activa cuando el sensor de humedad perciba que el suelo se encuentre con un nivel de agua escaso. Los resultados que se generen se transmiten por sensor WiFi al computador terminal y de esta forma la información queda almacenada.

Si se desea ver dicha información, esta se carga a una computadora y se muestra de la forma que al usuario le sea más conveniente.

### 2.3 Circuito eléctrico del sistema

En la figura 3 se muestra el esquema de conexiones de los componentes de *hardware* del sistema dentro del invernadero.

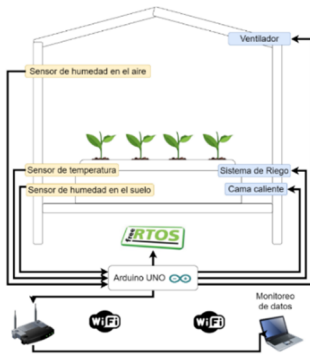


Figura 2. Estructura física del sistema.

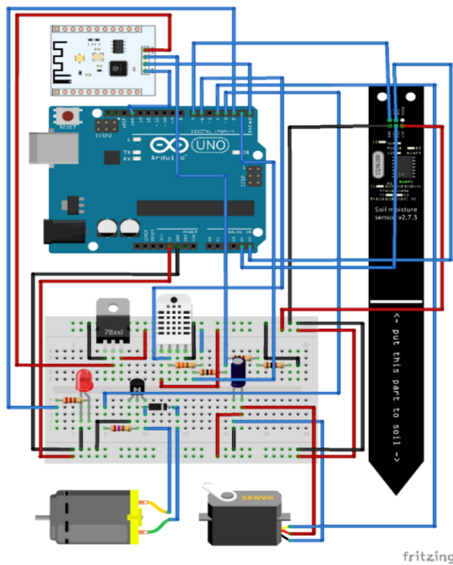


Figura 3. Circuito de conexiones del sistema propuesto.

El mini-invernadero inteligente estará dimensionado en una estructura cerrada, es decir, un ambiente aislado del exterior. Haciendo referencia a la figura 2, el circuito del sistema debe realizar una secuencia de ejecución contemplada de la siguiente manera:

**DHT11:** Sus lecturas digitales permiten administrar las condiciones de temperatura y humedad dentro del mini-invernadero siendo responsable de activar el ventilador para regular los excedentes de calor.

**Motor cc:** Ensamblado con sus conductos distribuye el agua en el sistema y se detendrá a la altura programada en el sensor de humedad de suelo I2C. Permitirá canalizar agua residual para una posterior reutilización del recurso.

**Sensor de humedad de suelo I2C:** Acciona y regula la medida del bombeo de agua requerido por la hortaliza.

**El módulo WiFi ESP8266** recibirá los diferentes pulsos eléctricos que traducidos en una interfaz desplegarán la información en tiempo real del estatus del sistema.

**La tarjeta Arduino UNO R3:** Proporcionará la ejecución lógica de las tareas programadas para la salida de los pulsos hacia cada componente que lo requiera.

### 3. Resultados

#### 3.1 Validación de la propuesta

Para la validación del comportamiento del sistema se utilizó el Arduino IDE [12] en conjunto con la versión de prueba del *software* de simulación de sistemas electrónicos Proteus (en su versión 8) [13].

Como primera parte de esta etapa se procedió a escribir el código fuente del sistema; para esto se implementó la librería FreeRTOS que incluye los métodos necesarios para manejar en tiempo real el monitoreo de los datos obtenidos por los sensores, a través de hilos de procesamiento independientes (ver código a continuación). Se definió un hilo específico para la calefacción, otro para la ventilación y otro para el sistema de riego. En cada hilo se especifica qué sensor se relaciona con el actuador del sistema correspondiente y el sistema permanece en ejecución constante mientras se proporcione alimentación al microcontrolador.

```
#include <Arduino_FreeRTOS.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#include <Servo.h>

void TaskCalefaccion( void
*pvParameters );
void TaskVentilacion( void
*pvParameters );
void TaskRiego( void *pvParameters );
```

Una vez concluida la etapa de codificación se procedió a validar el funcionamiento real del sistema mediante el *software* de simulación Proteus 8. Para ello fue necesario realizar la conexión de los componentes específicos del sistema propuesto mediante las herramientas del *software* de simulación, asegurándose de realizar las conexiones en los puertos de la placa microcontroladora definidos durante la etapa de codificación (ver figura 4).

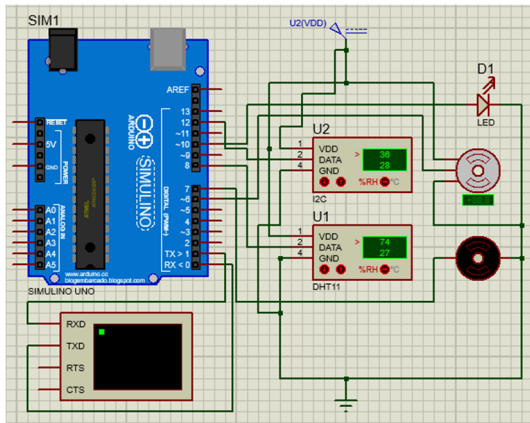


Figura 4. Validación del funcionamiento del sistema con Proteus 8.

Las ventajas de trabajar con Proteus es que nos permitió añadir el archivo con el código fuente a la tarjeta microcontroladora virtual sin realizar ningún tipo de adaptación, por lo que se obtuvo una ejecución similar a la que se observaría en un entorno real.

Como resultado se observó en la simulación el comportamiento especificado en el código fuente del sistema (ver figura 5):

- Cuando la temperatura detectada en el suelo desciende los 25°C se activa el termostato de la cama caliente hasta llegar a los 34°C.
- Cuando la humedad en el suelo desciende el 40% se activa el sistema de riego.
- Cuando la humedad en el aire es 80% o la temperatura en el aire pasa los 35°C se activa el sistema de ventilación.

En la figura 5 se muestra las lecturas que son transmitidas por la placa microcontroladora al computador terminal para su posterior análisis por parte del administrador del sistema.

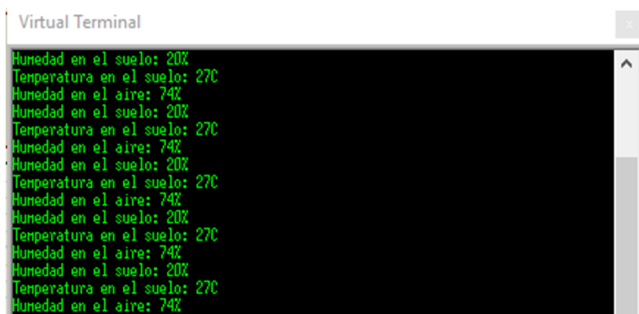


Figura 5. Resultados de la simulación con Proteus 8.

## 4. Conclusiones

El sistema propuesto brinda a los agricultores un medio para asegurar el desarrollo satisfactorio de los semilleros de sus cultivos. Los comportamientos de los sistemas de control ambiental pueden ser ajustados a la región geográfica donde se despliegue el mismo, así como al tipo de hortaliza que se pretenda cultivar. Se recomienda que en caso de germinar

distintos cultivos de manera simultánea el proceso se realice con plantas de la misma familia y requerimientos edafoclimáticos similares (por ejemplo: tomates y pimientos o lechugas y repollos), que soporten las mismas condiciones en el ambiente controlado del invernadero.

Aspectos que se pueden añadir a este proyecto sería el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que permitan ver el estado de los cultivos desde cualquier área con acceso a Internet y escalar este sistema para llevar el control de un mayor número de plantas.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a Dios, primeramente, por la oportunidad de desarrollar el artículo planteado y al profesor Vladimir Villarreal por su asesoramiento para que esto fuera posible.

## REFERENCIAS

- [1] Castillo, C. (2018). Frutas y vegetales, entre escasez y alzas de precios. Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018 <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/frutas-y-vegetales-entre-escasez-y-alzas-de-precios-1105069>
- [2] Sanidad Vegetal realizó capacitaciones en tierras altas chiricanas. (2018). Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018 [https://www.mida.gob.pa/noticias\\_id\\_5460.html](https://www.mida.gob.pa/noticias_id_5460.html)
- [3] Enokela, J., & Othoigb, T. (2015). An Automated Greenhouse Control System Using Arduino Prototyping Platform. Australian Journal Of Engineering Research. Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018.
- [4] Perea P., J. (2016). DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, REGISTRO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN CULTIVO DE INVERNADERO. Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018.
- [5] Lavanya, P., & Rajendra Babu, A. (2017). ARM7 Based Monitoring and Control System for Environmental Parameters in Greenhouse. International Journal Of Advanced Research In Electronics And Communication Engineering (IJARECE), 6(3). Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018.
- [6] Arduino.cl. (2017). Arduino UNO R3 ~ Arduino.cl. Disponible en: <http://arduino.cl/arduino-uno/> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.
- [7] Omniblug.com. (2017). Artículo | Omniblug. Disponible en: <http://www.omniblug.com/sensor-temperatura-humedad-DHT11-DHT22.html> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.
- [8] suelo, S. (2017). Sensor de humedad del suelo. Obtenido de: Tienda.bricogeeek.com. Disponible en: <http://tienda.bricogeeek.com/sensores-humedad/651-sensor-de-humedad-del-suelo.html> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.
- [9] En.wikipedia.org. (2017). FreeRTOS. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/FreeRTOS> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.
- [10] ESP8266, W., Thing, S., 3.2, T., Board, S., Thing, S., ESP8266, S., Thing, M., ESP8266, S., Imp, E., Shield, S. and CC3000, W. (2017). WiFi Module - ESP8266 - WRL-13678 - SparkFun

- Electronics. Obtenido de: Sparkfun.com. Consultado en: <https://www.sparkfun.com/products/13678> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.
- [11] ([HTTP://WWW.CONSUMER.ES/](http://WWW.CONSUMER.ES/)), E. (2017). Cama caliente para las plantas: qué es y cómo se obtiene | EROSKI CONSUMER. Obtenido de: EROSKI CONSUMER. Disponible en: <http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/manualidades/2014/02/21/219395.php> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.
- [12] Tuelectronica.es. (2017). Que es Arduino IDE. Disponible en: <http://www.tuelectronica.es/noticias/que-es-arduino-ide.html> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.
- [13] Labcenter.com. (2017). Proteus PCB Design & Simulation software - Labcenter Electronics. Disponible en: <https://www.labcenter.com/> Fecha de consulta: 23 de mayo de 2017.