

# Sistema de automatización de invernadero inteligente con uso de protocolo I2C

**Manuel Alejandro Robles Robles**

*GIDAS - Grupo de I&D Aplicado a Sistemas informáticos y computacionales*  
*Universidad Tecnológica Nacional (UTN) - Facultad Regional de La Plata (FRLP)*  
*Av. 60 esq. 124 s / n° CP 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina*  
[mroblesrobles@alu.frlp.utn.edu.ar](mailto:mroblesrobles@alu.frlp.utn.edu.ar)

## **Abstract**

*En esta experiencia se proponme la automatización del sistema invernadero inteligente. Será gestionada mediante el uso de sensores que miden variables como humedad, luminosidad y temperatura. Para ello se implementará Arduino como microcontrolador, para la de gestión y autonomía. De esta forma se podrá adherir un sistema de riego, iluminación y ventanas en base a los datos tomados por los sensores.*

*Dicha implementación será realizada en un prototipo construido en el simulador de tinkercad. También se dará uso del protocolo i2c para conectar varios Arduinos a la vez, para lograr así independencia de invernaderos y tener escalabilidad.*

## **Palabras Clave**

Arduino, Tinkercad, Protocolo i2c

## **1. Introducción**

### **1.1 Motivación**

Lo que promovió la realización de este trabajo es la efectividad del uso de un invernadero inteligente. Con ello se podría ayudar a optimizar los recursos como el agua y la energía.

Por otro lado, también se favorecería la escalabilidad del prototipo y aplicaciones futuras, ya que el primero puede ser escalable y aplicable a cualquier tamaño de invernadero y tipos de cultivos.

Por último, la tendencia a la autogestión de los últimos años puede ser colaborar para la implementación de estos prototipos, que promueven la independencia y autonomía, produciendo análisis para el desarrollo.

## **1.2 Características generales y antecedentes del invernadero**

La agricultura juega un papel fundamental en la producción de alimentos y en el desarrollo de las sociedades.

Un sistema de invernadero inteligente aprovecharía tecnologías avanzadas, como sensores, actuadores y algoritmos de control para supervisar y ajustar de manera autónoma las condiciones ambientales del invernadero.

El objetivo principal de este es ofrecer numerosos beneficios, asegurando mayor eficiencia al uso de recursos como el agua, la energía y, adaptándolos a necesidades de cada especie de planta, lo convierte en un sistema versátil.

En cuanto a temperatura se ha indagado que la graduación óptima, para la mayoría de las plantas en condiciones de crecimiento de invernadero, se encuentra en el rango de 20 a 25 C° durante el día y alrededor de 15 a 18 C° durante la noche. Estas temperaturas proporcionan un entorno favorable para la fotosíntesis, el metabolismo y el crecimiento de estas.

Sabemos, además, que las plantas necesitan una cantidad determinada de luz para llevar a cabo la fotosíntesis y el crecimiento. La intensidad recomendada varía según la etapa de crecimiento de ellas. En general, durante

la etapa de crecimiento se requiere una intensidad de luz de al menos 200 a 400 micromol/m<sup>2</sup>/s. Durante la etapa de floración o fluctuación se recomienda una intensidad de luz más alta, entre 600 a 1000 micromol/m<sup>2</sup>/s.

Y finalmente, la humedad en el invernadero también juega un rol importante. Para la mayoría de las especies se recomienda mantener el rango de 50 a 70%. Sin embargo, existen otras especies donde estos umbrales pueden variar.



Figura 1. Ejemplo de sistema de invernadero inteligente industrial.

### 1.3 Características generales y antecedentes del protocolo I2C

El protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit) es un protocolo de comunicación serial sincrónica desarrollado por Philips en la década de los 80. Se utiliza para establecer la comunicación entre dos o más dispositivos electrónicos, incluido Arduino, dentro de un sistema que permite la transferencia de datos y comandos de manera eficiente.

Para la conexión se utilizan tres cables de señalización, una para transmitir datos (SDA – Serial Data Line) y otro para la señal de reloj (SCL – Serial Clock Line). Por último, se conecta el cable tierra entre dispositivos para que la conexión este completa.

En nuestro caso, para conectar los dispositivos, utilizamos las salidas analógicas A4 y A5, ya que estas están vinculadas internamente a las señales SDA y SCL del Arduino Uno.

Al tener los dispositivos conectados, conforman entre sí el protocolo I2C que utiliza un esquema maestro esclavo en el que un dispositivo maestro inicia y controla la comunicación y, uno o varios dispositivos esclavos, responden a las solicitudes.

La comunicación en el protocolo I2C se realiza mediante transmisiones de datos en paquetes de 8 bits. Puede haber transmisión bidireccional y admite velocidades de transmisión como 100khz, 400khz y 1mhz.

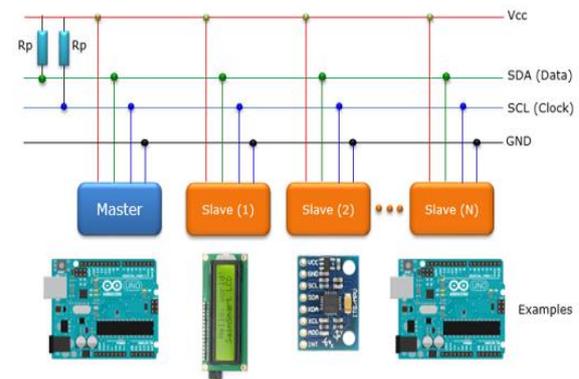


Figura 2. Arquitectura de un esquema maestroesclavo entre microcontroladores.

## 2. Desarrollo

### 2.1 Definición del problema a solucionar

Teniendo a cuenta los antecedentes, se intenta buscar una solución creando un sistema invernadero inteligente, que nos permita gestionar el funcionamiento de un sistema de refrigeración, de riego, de ventilación, de luz y de apertura de ventanas. Estos se van a gestionar a partir de los algoritmos implementados en un microcontrolador Arduino Uno que estará conectado a los sensores para tomar los valores. Lo conformarán un sensor de temperatura en grados centígrados, un sensor de humedad y uno de luz en porcentaje.

Luego se usará el protocolo I2C para conectar dos Arduino esclavos que simulan los invernaderos y un tercero maestro que va a encargarse de imprimir los datos del invernadero seleccionado en una pantalla lcd.

## 2.2 Especificación

Si el sensor toma que la temperatura es mayor o igual a 30 C° activa el servomotor, moviéndolo 180°. Esto simula la apertura de una ventana y pone en alta el pin que enciende la ventilación.

Si es menor a 30 C° el servomotor vuelve a su estado natural de 0 C°. También se requiere de la configuración de un controlador para que prenda una lámpara de luz que simula un sistema de calefacción si estamos por debajo de los 15 C°.

El índice de luminosidad tomado por el sensor de luz será evaluado por porcentaje del 1 al 100 %. Luego se indicará si estamos por debajo del 40% de luz, esto hará que se prenda una tira led que representa el sistema de iluminación y, así, proveer a las plantas de la luz que requieren. En caso contrario, de estar por arriba del 40 %, las luces se apagan.

Finalmente, con respecto al umbral de temperatura se accionará un motor que representa un sistema de riego, que surge de la evaluación del sistema y en caso de que este dé por debajo del 60% de humedad se activará.

Los Arduino esclavos se van a encargar de brindarnos los datos obtenidos por los sensores cuando el maestro esclavo lo solicite. Estos datos se van a mostrar en una pantalla lcd para monitorización de las variables.

## 2.3 Red de Petri

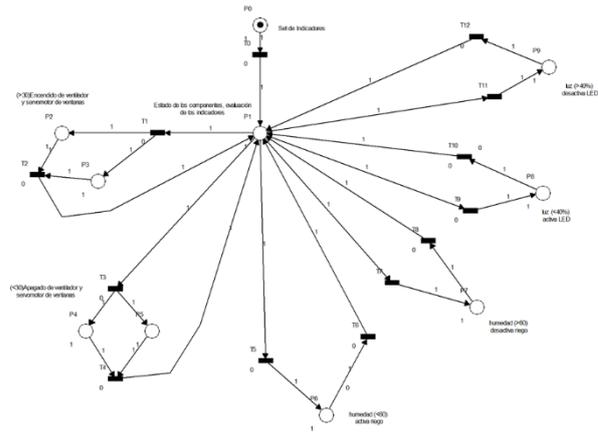


Figura 3. Red de Petri un sistema de invernadero inteligente.

En la red comienza P0, se enciende el sistema con el seteo de valores máximo y mínimo de temperatura, luz y humedad. Luego se pasa a P1 para avaluar los tres indicadores:

- i) Si el sensor de temperatura supera los 30° dispara una división, en primer lugar, a P2, para activar servomotor que abre las ventanas; en segundo lugar, a P3 para activar el ventilador.
- ii) Si está por debajo de 30° pasa a P4 para desactivar el servomotor y, al mismo tiempo, a P5 para desactivar el ventilador.
- iii) Si el sensor de humedad mide por debajo de 60%, pasa a P6 para activar el sistema de riego.
- iv) Si está por encima de 60%, pasa a P7 para desactivar el sistema de riego.
- v) Si el sensor de luz mide por debajo del 40%, pasa al estado P8 donde se activa iluminación LED.
- vi) Si el sensor de luz está por encima del 40%, pasa al estado P9 donde se desactiva iluminación LED.

## 2.4 Simulación por software

La simulación por software se realizó a través de la aplicación Arduino Uno y los componentes o sensores necesarios de la página Tinkercad.

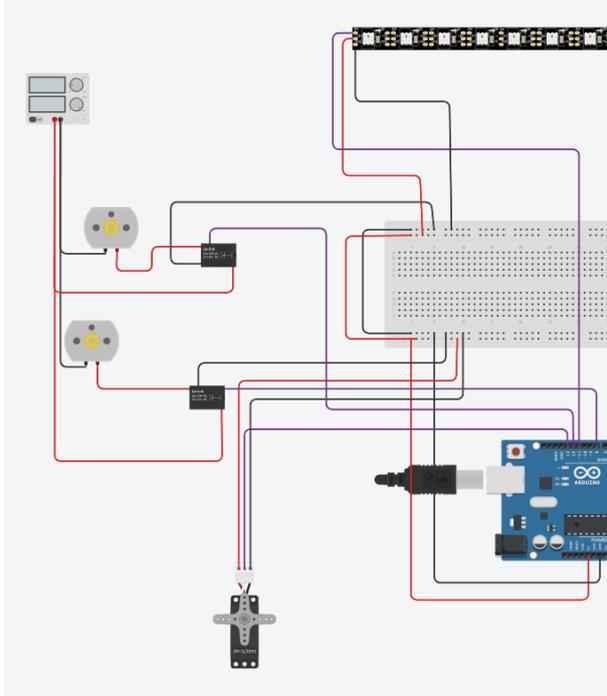


Figura 4. Simulación de un invernadero solo en la aplicación de Tinkercad de Arduino.

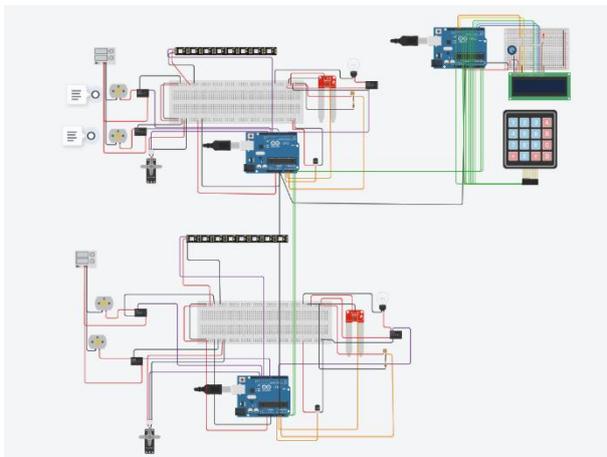


Figura 5. Simulación de dos invernaderos junto a la pantalla impresora de datos utilizando protocolo I2C en la aplicación de Tinkercad de Arduino.

## 2.5 Elementos de software

### Modelado 3D en Tinkercad.

Se utilizará Tinkercad como nuestra plataforma principal para modelar el invernadero en un entorno 3D. La interfaz intuitiva de Tinkercad permite la creación de una representación precisa y detallada del invernadero, incluyendo componentes físicos como sistemas de luces, sistemas de riego y sistemas de ventilación.

### Sensores y actuadores virtuales.

Tinkercad nos ofrece una biblioteca de componentes electrónicos virtuales que incluye una variedad de sensores, actuadores y microcontroladores. Estos componentes se integran en el modelo para simular la recolección de datos ambientales, como temperatura, humedad y luminosidad, así como la activación de actuadores, bombas de agua y sistema de ventilación. 4

Esta simulación permite validar la interacción de estos elementos en un entorno virtual antes de la implementación física. También se representa mediante el uso de librerías y el protocolo I2C para la conexión entre microcontroladores.

### Programación en bloques y en lenguaje C.

Para automatizar las acciones de invernadero se utilizó primero la programación en bloques de Tinkercad.

Se crearon bloques lógicos de variables para controlar los actuadores en respuesta a los datos recopilados por los sensores.

La programación en bloques es accesible para usuarios de diferente experiencia en programación, lo que simplifica la configuración de lógica de control.

Luego se utilizó la programación en código manual en lenguaje C para armar los bloques más complejos, como los utilizados para la conexión del protocolo I2C.

### Simulación

Tinkercad ofrece capacidades de simulación que permiten evaluar el funcionamiento del sistema en un entorno virtual.

Durante la etapa de diseño, se utilizó esta función para probar y depurar el comportamiento del invernadero inteligente, antes de su implementación. Esto redujo los errores de construcción y garantizó una

mayor eficiencia en el funcionamiento del invernadero.

### **3. Conclusión**

#### **Ahorro de agua.**

En un invernadero común el riego, a menudo, se realiza según un horario preestablecido, lo que puede resultar en un uso ineficiente de agua.

Con sensores de humedad del suelo y controladores es posible ajustar el riego en tiempo real para las necesidades de las plantas. Esto puede reducir significativamente el consumo de agua.

#### **Ahorro de energía.**

Los invernaderos comunes pueden depender, en gran medida, de la calefacción y la refrigeración, lo que puede llevar a un consumo de energía excesivo.

En nuestro invernadero se puede utilizar sensores de temperatura para controlar la calefacción y la luminosidad de manera más eficiente, reduciendo el consumo de energía al mantener condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas.

#### **Reducción de residuos.**

Al optimizar las condiciones de crecimiento de las plantas, nuestro invernadero puede reducir la pérdida de cultivos, debido a factores como plagas, enfermedades o condiciones climáticas extremas.

#### **Menor impacto ambiental.**

Al optimizar las condiciones de crecimiento, un invernadero inteligente puede reducir el impacto ambiental general de la agricultura de invernadero, lo que es beneficioso desde el punto de vista ecológico.

#### **Protocolos de conexión entre microcontroladores.**

Sin embargo, al considerar que la longitud del bus I2C máxima es corta (generalmente un metro), se deberá tener en cuenta la aplicación de esta arquitectura a proyectos de baja escala o prototipos. Y pensar en

integrar comunicación entre dispositivos a través de algún otro protocolo de conexión como Lora o TCP/IP.

Entonces, se puede decir que la implementación de un invernadero inteligente automatizado es conveniente para la buena gestión de los recursos; fomenta la autogestión de cultivo, ya que permite tener control absoluto y monitorización de las variables necesarias. Este censo reduce errores en lo que refiere a este tipo de procesos en el área de la agricultura.

También se puede concluir que el tamaño puede ser escalable a “n” número de invernaderos y, a su vez, tener independencia de estos, ya que cada uno contaría con su propio microcontrolador, si utilizamos esta forma de maestro-esclavo de ordenar microcontroladores.

### **4. Trabajos Futuros**

Se buscará la forma de implementar un sistema de invernadero inteligente, pero contemplando arquitecturas que utilicen conectividad inalámbrica, que reemplazaría la conexión por cable.

Se buscará, además, el uso de algún servidor host que provea los datos a alguna app web, para visualizar la información con solo conectarse a internet.

#### **Agradecimientos**

Quiero agradecer por la supervisión, evaluación y por compartir sus conocimientos que inspiraron hacer este trabajo al profesor Hugo Mazzeo de la cátedra de Sistemas en Tiempo Real de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. También quiero agradecer la tutoría de Damian Ferrara y María Ayelén Díaz Lapérgola que me orientaron en todo momento.

También quiero dar las gracias al laboratorio GIDAS, que me brinda el espacio y las herramientas para llevar adelante este y otros trabajos.

Y, por último, al alumno y compañero Maxi Shulz por su colaboración en el armado de este trabajo.

## Referencias

- [1] Novagric Artículos sobre invernaderos (2023), <https://www.novagric.com/es/blog/articulos/clima-invernadero-como-conseguir-temperatura-ideal>
- [2] Página oficial de Tinkercad (2023), <http://www.tinkercad.com/dashboard>

- [3] Visual Studio Code (2023), <https://code.visualstudio.com>