**Sistema Hidropónico Automatizado**

**Realizado por el pasante:**

**Reinaldo Samuel Vera**

**14/02/2025**

# **Preámbulo**

Este proyecto tiene como finalidad el diseño y desarrollo de un sistema de hidroponía automatizada utilizando un Microcontrolador para optimizar el riego y el monitoreo de las condiciones ambientales. Mediante sensores de humedad y temperatura, junto con una bomba de agua automatizada, se busca mejorar la eficiencia del uso de agua y mantener condiciones ideales para el crecimiento de las plantas.

Con esta implementación, se podrá reducir el desperdicio de agua, minimizar la intervención manual y garantizar un control más preciso del entorno hídrico y ambiental en cultivos hidropónicos.

# **Prototipo**

* **Estructura**
* 1 tubo de PVC de 1,5 a 2 metros de largo y 4 pulgadas de diámetro.
* 6 orificios (de 5 a 7 cm de diámetro) para insertar las plantas.
* 1 base metálica o de madera para sostener el tubo en posición inclinada.
* 1 pequeño depósito de agua (50 a 100L) para recircular el agua.
* **Componentes Electrónicos y Sensores**
* 1 Arduino Mega 2560 (controlador principal).
* 2 Sensores de humedad de suelo
* 1 Sensor DHT22
* 1 Sensor de flujo de agua YF-S201
* 1 Sensor de pH SEN0161
* 1 Pantalla LCD I2C 20x4
* 1 Sensor de temperatura de agua DS18B20
* 1 Bomba de agua 12V (5-10W)
* 1 Módulo de relé 2 canales
* 1 Manguera de 12mm de diámetro
* 1 Tanque de 50-100L
* 2 Boyas de control de nivel de agua
* Cables (228)
* **Funcionamiento del prototipo**
* **Monitoreo:** Los sensores medirán en tiempo real la humedad del sustrato, la temperatura y el pH del agua.
* **Activación del riego:** Si la humedad del sustrato está baja, el sistema activará la bomba de agua automáticamente.
* **Recirculación del agua:** La bomba enviará agua desde el tanque hasta el tubo de cultivo y el exceso regresará al depósito.
* **Visualización de datos:** La pantalla LCD mostrará la información recolectada para facilitar el monitoreo.
* **Ajustes manuales:** Si es necesario, se podrán modificar los valores de activación de la bomba a través del código en Arduino.
* **Tipo de Cultivo:**

El cultivo que se intentara cultivar con el prototipo es el tomate clásico” Solanum lycopersicum” también conocido por el nombre Tomate Redondo Tomate Saledette.

**Requerimientos Edaflomáticos**

**1. Suelo**

Preferentemente suelos altos, sueltos y profundos, fértiles, con 2 a 3 % de

materia orgánica, pH 5,5 a 6,5.

**2. Clima**

La temperatura para el buen desarrollo del tallo y las hojas es de 24 a 26°C

durante el día y 18°C a la noche. El crecimiento se paraliza cuando la

temperatura desciende a menos de 5°C o sobrepasa los 40°C.

**Sustrato**

Las características indispensables que debe presentar un sustrato para la

producción de mudas de calidad deben ser: Estar libres de cualquier tipo de

patógeno y contener en cantidad suficiente los principales nutrientes para el

buen desarrollo de las plantas.

**-Sustrato Comercial:** En venta en el comercio en diferentes versiones;

cuenta con las propiedades físico – químicas adecuadas para el

desarrollo óptimo de las mudas, pero la limitante para su uso es su alto

costo.

**-Sustrato casero:** Los materiales más recomendados para la mezcla del

sustrato son estiércol de bovino o gallinaza bien descompuesto y

mantillo.

**Control de natural de plagas**

Para prevenir o controlar el ataque de plagas empleando métodos naturales que no dejan residuos tóxicos en los productos agrícolas o en el suelo, es la aplicación de venenos naturales y biológicos, que no perjudican la salud del productor ni tampoco al consumidor, pues no dejan residuos tóxicos en las plantas.

**Insecticidas a base de Ajo:**

El ajo puede ser empleado para diversos fines. Para controlar pulgones, pulguitas, arañitas, enfermedades causadas por hongos, mbiru, burrito, vaquita; marchitamiento de hojas causado por hongos, entre otros. Se debe machacar 4 cabezas de ajo, mezclar con 10 litros de agua, estacionar durante 5 días. Luego colar el preparado y pulverizar sobre las plantas. No usar en cultivos de arveja, habillas, poroto manteca, porque detiene el crecimiento.

**Cal viva:**

La cal viva se puede emplear para controlar ysau y akeke, hormigas cortadoras. Se mezclan 600 gramos de cal viva con 0,5 Kg. de sulfato de amonio. Se diluye en 20 litros de agua y se pulverizan las minas de ysau y akeke.

**Tipos de Cuidados con este cultivo**

**a) Condiciones Ambientales Ideales**

* **Temperatura óptima:** 18°C ​​- 25°C.
* **Humedad relativa:** 60% - 80%.
* **Iluminación:** Necesita entre 10 y 12 horas de luz diarias.

**b) Tipo de Nutrientes y pH del Agua**

* **pH ideal:** 5,5 – 6,5.
* **CE (Conductividad Eléctrica):** 2,0 - 3,5 mS/cm.
* **Nutrientes esenciales:**
  + **Nitrógeno (N):** Para el crecimiento de hojas y tallos.
  + **Fósforo (P):** Favorece la floración y el desarrollo de raíces.
  + **Potasio (K):** Mejora el tamaño y calidad del fruto.
  + **Calcio y Magnesio:** Previenen problemas como la pudrición apical.

**c) Riego y Circulación de Agua**

* Se recomienda un **sistema de flujo y reflujo o NFT** para hidroponía.
* El agua debe circular constantemente para evitar la acumulación de ventas.
* Monitoreo constante del flujo de agua con **sensores de pH y EC**.

**d) Polinización y Soporte del Cultivo**

* Los tomates en hidroponía requieren **soporte vertical** con tutores o redes.
* Como no hay insectos polinizadores en un sistema cerrado, es recomendable realizar la **polinización manual** agitando suavemente las flores o utilizando ventiladores para mover el polen.

**e) Prevención de Enfermedades**

* **Control de humedad:** Evitar condensación excesiva para prevenir hongos como el **mildiú velloso**.
* **Monitoreo de plagas:** Insectos como pulgones y trips pueden afectar el cultivo; Se recomienda el uso de **control biológico o trampas adhesivas**.
* **Limpieza del sistema:** Cambie la solución nutritiva cada **2 semanas** para evitar la acumulación de patógenos.
* **Estimación total del prototipo:**

**Costo:** 1.922.640gs

**Futuras Acciones del Prototipo**

El prototipo a escala reducida permitirá probar el **funcionamiento básico del sistema de hidroponía automatizada**, asegurando que los sensores, la bomba de agua y el monitoreo en tiempo real operen correctamente. Sin embargo, para que este prototipo evolucione hacia el **proyecto final** se deberá leer las siguientes

# **Requisitos**

* Automatizar el riego según la humedad detectada en el sustrato.
* Medir la temperatura y humedad ambiental para ajustar condiciones.
* Monitorear el flujo de agua y la calidad de la solución nutritiva.
* Utilizar un tubo de **PVC de 5 metros de largo** ajustado a la estructura de cultivo.
* Visualizar datos en una pantalla LCD.
* Utilizar Arduino Mega como controlador principal.
* Asegurar un uso eficiente del agua y los nutrientes.

# **Pasos para la implementación del sistema**

## **Paso 1: Preparar el hardware del sistema de hidroponía**

* Construir la estructura con materiales como PVC5 metros de largo y 4 pulgadas de diámetro.
* Instalar los recipientes con la solución nutritiva
* Colocar esponjas o espumas de poliestireno para sostener las plantas
* Implementar el sistema de distribución de agua con bombas adicionales para mejorar la eficiencia.

**Paso 2: Programar Arduino para el control de riego y monitoreo ambiental**

* Escribir el código en Arduino IDE para leer los datos de los sensores.
* Configurar la activación de la bomba de agua cuando la humedad del sustrato esté por debajo del umbral establecido.
* Integrar sensores de flujo y pH para mejorar el monitoreo de la solución nutritiva.
* Mostrar los datos en una pantalla LCD I2C

**Paso 3: Instalación y configuración de sensores**

* Conectar el **sensor de humedad de tierra** a un puerto analógico de Arduino.
* Conectar el **sensor DHT22** para monitoreo ambiental.
* Instalar un **sensor de flujo de agua** para regular la cantidad de líquido en circulación.
* Conectar un **sensor de pH** para monitorear la calidad de la solución nutritiva.
* Conectar un **sensor de temperatura de agua DS18B20** para medir la temperatura del agua en el sistema.
* Conectar múltiples **bombas de agua** para distribuir el líquido de manera más eficiente.
* Instalar la **pantalla LCD I2C** para visualizar la información en tiempo real.

## **Paso 4: Pruebas del sistema**

* Comprobar la lectura correcta de los sensores.
* Simular condiciones de baja humedad para verificar la activación de las bombas.
* Ajustar los valores en el código según las necesidades del cultivo.
* Evaluar la eficiencia del flujo de agua con el sensor de flujo.

## **Paso 5: Optimización y Mantenimiento continuo del Sistema**

* **Ajuste de los Parámetros de Humedad:** A medida que se observa el crecimiento de las plantas, es importante ajustar el umbral de humedad en el código. Esto ayudará a asegurar que el riego se active de manera óptima, adaptándose a las necesidades del cultivo, como así también verificar el estado de la temperatura para poder tener así un cálculo de cómo va el ambiente durante el crecimiento.
* **Revisión de Componentes:** Es fundamental revisar periódicamente los componentes del sistema, como los sensores, la bomba de agua y la pantalla LCD, para asegurarse de que todo esté funcionando correctamente. La limpieza de los sensores es crucial para evitar lecturas erróneas.
* **Mejora de la Eficiencia del Sistema:** Si se nota que el sistema está utilizando más agua de lo esperado o que las plantas no están creciendo como se desea, se recomienda agregar sensores adicionales, como los de PH, para monitorear las condiciones del sustrato de manera más precisa. En caso de colocar paneles solares como fuente de alimentación es aún mejor ya que mejorara el ahorro de energía y mayor durabilidad.

# **Resumen de los pasos**

* Preparar el Hardware
* Programar el Arduino
* Instalar Sensores
* Realizar Pruebas
* Optimización y Mantenimiento

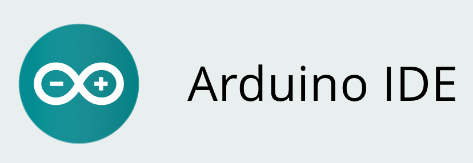
## **Componentes Electrónicos**

* **Arduino Mega 2560** (microcontrolador principal).
* **Sensor de humedad de tierra** (monitorea la humedad en el sustrato).
* **Sensor DHT22** (mide temperatura y humedad ambiental con mayor precisión).
* **Sensor de flujo de agua YF-S201** (controla el caudal de agua en el sistema).
* **Sensor de pH SEN0161** (monitorea la calidad de la solución nutritiva).
* **Sensor de temperatura de agua DS18B20** (mide la temperatura del agua).
* **Bomba de agua 5V o 12V** (riego automatizado).
* **Módulo de relé** (control de las bombas de agua).
* **Pantalla LCD I2C** (modelo 20x4) (visualización de datos).
* **Tubo de PVC de 5 metros de largo y 4 pulgadas de diámetro** (estructura principal).
* **Cables y protoboard** (para las conexiones).
* **Fuente de alimentación 9V-12V** (para Arduino y los componentes)

## **Estructura del Invernadero**

* 4 postes de hierro galvanizado (5.5m de altura)
* 20 postes de hierro galvanizado (3.5m de altura)
* 10 arcos galvanizados (7m de ancho)
* 5 tubos de refuerzo galvanizados (6m de largo)
* 4 tubos de soporte lateral (4m de largo)
* 12 tubos laterales galvanizados (8m de largo)
* 1 portón con riel, cerradura y guías
* 200m de alambre galvanizado para refuerzo
* 252m de plástico agrícola (150 micras de grosor)
* 240m de malla aluminizada para cobertura
* 354m de malla de sombra lateral
* 182m de rafia de suelo con clavos para fijación

## **Sistema de Hidroponía**

* 30 tubos hidropónicos (55mm de diámetro)
* 24 tubos hidropónicos (65mm de diámetro)
* 30 tubos hidropónicos (85mm de diámetro)
* 6 tanques de almacenamiento de agua (310L cada uno)
* 1 tanque de almacenamiento de agua (200L)
* 7 motobombas N1500
* 1 panel de control con temporizador, disyuntor y riel
* 1 medidor de conductividad eléctrica (EC meter)
* 12 tubos de retorno de agua (50mm de diámetro)
* 12 tapas para tubos de 65mm
* 36 tapas para tubos de 85mm
* 15 tapas para tubos de 55mm
* 7 tubos colectores/salida con tapas
* 7 adaptadores/flanges para conexión a tanques de agua
* 7 boyas de control de nivel de agua
* 7 codos de tubería (50mm)
* 9 tomas de corriente
* 1 grifo de jardín
* 1 codo de reducción (20mm a 1/2")
* 1 cinta de teflón para sellado de roscas
* 1 cinta aislante
* 60 metros de cable eléctrico (2x2.5mm)
* 7 kits de inyección (conexiones, adaptadores, microtubos, tubos de 25mm)
* 7 mangueras flexibles para bombas
* 10 tubos de 20mm
* 60 mangueras corrugadas
* 1 tubo de pegamento para PVC
* 66 soportes galvanizados
* 1 sellador de juntas de canaleta
* 8 válvulas de control (20mm)
* 2 placas para zona de germinación (2m de ancho)
* 2 mallas para germinación (2m de ancho)

# **Protocolo de comunicación**

## **Objetivos:**

Un objetivo del proyecto es lograr un sistema de cultivo hidropónico que funcione de manera autónoma, utilizando sensores y dispositivos electrónicos para mantener condiciones óptimas sin necesidad de supervisión constante. Esto permitirá mejorar la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, asegurando un crecimiento saludable de las plantas con un mínimo de intervención humana.

## **Precios:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Materiales** | **Cantidad** | **Costo** |
| Arduino Mega 2560 | 1 | 220.000gs |
| Sensor de humedad de tierra | 20 | 700.000gs |
| Sensor de pH SEN0161 | 10 | 3.600.000gs |
| Sensor DHT22 | 3 | 105.000gs |
| Sensor de flujo de agua YF-S201 | 10 | 950.000gs |
| Bomba de agua (5V o 12V) | 10 | 230.000gs |
| Módulo de relé | 10 | 300.000gs |
| Pantalla LCD I2C | 1 | 62.000gs |
| Sensores de temperatura de agua | 10 | 400.000gs |
| Protoboard | 1 | 80.000gs |
| Cables | 100 | 100.000gs |
| Fuente de alimentación(9V-12V) | 1 | 190.000gs |
| Focos led | 20 | 428.000gs |
| Semilla de Tomates | 1kg | 102.654gs |
| **Total** |  | 7.006.377gs |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Materiales** | **Cantidad** | **Costo** |
| Postes de hierro galvanizado (5.5 m de altura) | 4 | 2.363.560gs |
| Postes de hierro galvanizado (3.5 m de altura) | 20 | 6.302.827gs |
| Tubos laterales galvanizados (8 m de largo) | 12 | 4.752.000gs |
| Tubos galvanizados para portón (6 m) | 2 | 633.600gs |
| Arcos galvanizados (7 m de ancho) | 10 | 11.817.801gs |
| Tubos de refuerzo galvanizados (6 m de largo) | 5 | 1.575.706gs |
| Tubos de soporte lateral (Mão francesa, 4 m) | 4 | 945.424gs |
| Presillas para perfil | 10 | 158.400gs |
| Piezas para tubo traba | 2 | 79,200gs |
| Encajes | 20 | 158.400gs |
| Perfiles de aluminio (6 m) | 34 | 5.385.600gs |
| Mola galvanizada | (200m) | 792.000gs |
| Plástico agrícola (film 150 micras) | (252m) | 998.400gs |
| Malla aluminizada para cobertura | (240m) | 760.320gs |
| Malla de sombra lateral | (354) | 841.680gs |
| Portón/trilho/fechadura/roldana/guia | 1 | 1.584.000gs |
| Barras roscadas | 15 | 594.000gs |
| Tuercas | 200 | 158,400gs |
| Arandelas | 200 | 79.200gs |
| Brocantes | 2 | 158.400gs |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tinta spray | 1 | 79.200gs |
| Tirante (alambre de acero galvanizado) | (300m) | 475.200gs |
| Catracas | 30 | 475.200gs |
| Estacas para tirante | 16 | 126.720gs |
| Conectar Agulha | 300 | 237.600gs |
| Rafia de suelo con clavos para fijar | (182m) | 288.000gs |
| Canaleta | (10m) | 396.000gs |
| Arena | (1.5m³) | 118.800gs |
| Piedras pequeñas | (1.5m³) | 154.440gs |
| Cemento | 8 bolsas (50kg) | 630.282gs |
| Total |  | 49.889.537gs |

* **Problemática:**

 **Control de Riego Ineficiente:** Sin automatización, el riego depende completamente de la intervención humana. Esto puede llevar a regar en exceso o insuficiencia, lo que afecta el crecimiento de las plantas. Las plantas no siempre tienen un suministro de agua constante, lo que puede resultar en un estrés hídrico que ralentiza su desarrollo.

 **Monitoreo Manual y Falta de Precisión:** El control manual de la temperatura, humedad y pH puede no ser lo suficientemente preciso, lo que genera variabilidad en las condiciones para las plantas. Esto puede derivar en un ambiente menos controlado, lo que afectaría la salud de las plantas y, por ende, el rendimiento del cultivo.

 **Uso Ineficiente de Recursos:** Sin un sistema automatizado, se tiende a usar más agua y nutrientes de lo necesario, lo que incrementa el costo de operación y puede resultar en desperdicios que no solo afectan la rentabilidad, sino también el medio ambiente.

 **Mantenimiento Recurrente y Supervisión Constante:** El manejo manual exige tiempo constante de supervisión para ajustar parámetros como la temperatura, humedad o pH. Esto puede ser agotador y poco práctico, especialmente cuando se trata de cultivos a gran escala o si la persona encargada no tiene experiencia en el cuidado de las plantas.

* **Solución:**
* **Control de Riego Automático:** Un sistema automatizado, utilizando sensores de humedad de suelo y controladores de bomba, garantiza que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua, en el momento adecuado, evitando tanto el exceso como la falta de riego. La automatización asegura un riego más preciso y reduce el riesgo de que las plantas sufran debido a condiciones inadecuadas de humedad.
* **Monitoreo Continuo y Preciso:** Con sensores de temperatura, humedad, pH y flujo de agua, se obtiene un monitoreo en tiempo real de las condiciones del entorno. Esto permite ajustar automáticamente los parámetros del sistema para mantener las mejores condiciones posibles para el crecimiento de las plantas, sin intervención humana constante.
* **Optimización de Recursos:** El uso automatizado de agua, nutrientes y energía reduce el desperdicio. El sistema puede ajustarse para suministrar solo lo necesario, lo que minimiza el uso de agua y energía y optimiza el uso de nutrientes, haciendo el proceso más sostenible y económico.
* **Reducción de la Carga de Trabajo:** La automatización reduce la necesidad de intervención humana constante, lo que ahorra tiempo y esfuerzo. Los cultivadores pueden realizar otras tareas mientras el sistema se encarga del riego, monitoreo y control ambiental, mejorando la eficiencia operativa.
* **Ventajas del Sistema:**

 **Eficiencia:** La automatización optimiza el uso de recursos como agua, nutrientes y energía. Se asegura que cada planta reciba exactamente lo que necesita sin desperdicios, lo que mejora el rendimiento general del cultivo.

 **Mayor Control y Precisión:** Los sensores proporcionan datos constantes y precisos sobre las condiciones del cultivo. Esto permite un control más efectivo y ajustado a las necesidades específicas de las plantas, mejorando su salud y productividad.

 **Menor Mantenimiento Manual:** Al automatizar el proceso, el mantenimiento manual se reduce significativamente. El sistema monitorea y ajusta continuamente los parámetros, lo que minimiza la necesidad de intervención humana, reduciendo el riesgo de errores.

 **Ahorro de Tiempo:** La automatización permite que los cultivadores gestionen sus cultivos de manera más eficiente, liberándoles tiempo para otros proyectos o tareas, sin sacrificar el bienestar de las plantas.

* **Desventajas del Sistema**

 **Costo Inicial:** El costo inicial de implementar un sistema automatizado puede ser alto, debido a la necesidad de comprar sensores, bombas, controladores y otros componentes electrónicos. Además, puede requerir conocimientos técnicos para la instalación y calibración.

 **Dependencia de la Tecnología:** Si el sistema automatizado falla o los sensores se desajustan, puede ser complicado identificar el problema rápidamente sin la intervención manual. La dependencia de la tecnología puede generar preocupaciones si se presentan fallos en el sistema.

 **Complejidad Técnica:** Configurar y mantener un sistema automatizado requiere ciertos conocimientos técnicos sobre la programación de Arduino, el manejo de sensores y la electrónica en general. Esto puede ser un reto para aquellos sin experiencia en estos campos.

 **Requiere Energía:** Los sistemas automatizados dependen de la electricidad o baterías para funcionar. En caso de fallos en el suministro de energía, el sistema podría verse afectado, lo que podría poner en riesgo la salud de las plantas si no hay un respaldo adecuado.

**Futuras Acciones:**

* Ampliación del Sistema de Sensores y Monitoreo
* Expansión del Cultivo y Comercialización
* Integración con Inteligencia Artificial

**Conclusión**

Este proyecto de hidroponía automatizada con un Microcontrolador demuestra ser una solución eficiente y sostenible para el cultivo sin suelo. La implementación de sensores avanzados y el uso de bombas múltiples ha permitido optimizar el uso del agua y mejorar el monitoreo de las condiciones del sistema.