

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

DISEÑO DE UN CONTENEDOR PARA LA PRODUCCIÓN DE
MINITUBERCULOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN AEROPONÍA

Presentador de Servicio Social:
Jesús Octavio Jiménez Salazar
Matrícula: 2153060427

Asesor Interno:
Antonio Flores Macías
Núm. Económico: 13174

Lugar de Realización:

Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco. Universidad
Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco

Fecha de Inicio y Término:

Del 1 de mayo al 1 de noviembre de 2021

Contenido

I. RESUMEN	3
II. INTRODUCCIÓN	4
III. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Requerimientos	5
3.2 Ciclo vegetativo	5
3.3 Producción de semilla de papa	6
3.4 Comercialización	6
3.4.1 Aeroponía y el cultivo de la papa	7
IV. OBJETIVO	7
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	7
VI. ACTIVIDADES REALIZADAS	8
VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS	8
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
IX. CONCLUSIONES	12
X. RECOMENDACIONES	12
XI. BIBLIOGRAFÍA	13
XII. Anexos	15

I. RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cuarto alimento más importante de la alimentación mundial. Para su producción se requieren mini tubérculos con alta calidad fitosanitaria, por lo tanto, una estrategia para la producción rápida y masiva, una mejora en el crecimiento y alta calidad fitosanitaria, es su producción en aeroponía. El objetivo del presente estudio fue diseñar un contenedor para producir mini tubérculos en aeroponía. La metodología que se siguió para su diseño fue con base en modelos y requerimientos especificados en manuales, que toman en cuenta las características necesarias para el óptimo desarrollo de la planta y cosecha del producto. Se generó un modelo 3d de la estructura, en software de uso libre. Se desarrolló código de programación y hardware para la operación y monitoreo del contenedor.

II. INTRODUCCIÓN

El número de personas que trabajan en la agricultura tiende a reducirse a nivel mundial. Sin embargo, sigue siendo la segunda mayor fuente de empleo en todo el mundo después del sector de servicios (FAO, 2020)

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), es una especie que pertenece a la familia de las solanáceas; siendo originaria de América del sur, específicamente de la región fría y zona montañosa de los Andes. Su siembra se extiende por el sur de Chile, Centroamérica, México y en los estados de Virginia, Carolina del Norte y otros en Estados Unidos; además de otras partes del mundo (Álvarez, 2002). Es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del trigo, maíz y arroz. Esta posición se atribuye a las propiedades del tubérculo y a su facilidad de crecimiento; este tubérculo contiene almidón, vitamina C y una de las vitaminas del complejo B, proteína en pequeña proporción, y a una diversidad de minerales; por ello, es considerado como uno de los cultivos más importantes para alimentación (SIOVM, S.f.)

El mini tubérculo, es considerado la materia prima para la multiplicación de la papa formal, por lo que la obtención del tubérculo apto para siembra resulta ser compleja y especializada. Su producción comienza en laboratorios, donde se producen *in vitro* microtubérculos libres de patógenos. Posteriormente, la producción de mini tubérculos se realiza en invernaderos y finaliza en campo abierto (Uribe, 2012).

La producción y distribución del microtubérculo debe considerarse como un negocio rentable, por lo que es necesario obtener información relevante y actualizada, así como datos acerca de los beneficios del uso de una semilla de calidad, costos de producción y márgenes de comercialización, así como sobre su demanda (Montesdeoca, 2011).

La producción de mini tubérculo puede realizarse en un sistema de aereoponía. De acuerdo con Rendón (2013), el principio básico de la aereoponía es que se considera como un método seguro y ecológico para la producción de plantas y cultivos permitiendo mayor disponibilidad de oxígeno; el crecimiento de las plantas es en un medio cerrado, semi cerrado o al descubierto, regado con una solución rica en

nutrientes que se aplica hacia las raíces, que se encuentran suspendidas en el aire. Estas se sostienen con estructuras de conducción o de apoyo, que cumplen la función de sostén para el tallo de la planta, que puede ser hilo de rafia o alambre, el cual sostiene el follaje y el peso de los frutos del cultivo que se trate.

La aeroponía es un sistema prometedor para la producción de tubérculo de semilla de papa, tomando en cuenta los beneficios que ofrece como la producción rápida y masiva, una mejora en el crecimiento y alta calidad fitosanitaria. Este método puede producir rendimientos hasta diez veces mayores que los convencionales de una forma más rápida y a menor costo (Otazú, 2010).

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Requerimientos

De acuerdo con Valadez (1998), citado por Álvarez (2002), los mejores rendimientos se obtienen con temperaturas ambientales de 15.5 a 18.5° C, y con 22° C en suelo durante la emergencia de la plántula. En términos de luz, tiene alta sensibilidad al fotoperiodo, por lo tanto, la variación en las horas luz puede causar alteración de las etapas fenológicas del cultivo, siendo lo ideal 16 horas luz de fotoperiodo e intensidad lumínica entre 30,000 y 50,000 luxes (Álvarez, 2002). En cuanto al suelo, la papa requiere buen drenaje, buena estructura porosa, pH de 5.0 a 5.4 (idealmente) y suelos con profundidad de 25 a 30 cm. En suelos derivados de materia orgánica se obtienen los mejores rendimientos (Aroche *et al.*, 2001). La altitud para el óptimo desarrollo de las variedades comerciales de *Solanum tuberosum* es de 2,500 a 3,000 msnm (Rodríguez-Pérez, 2011)

3.2 Ciclo vegetativo

El ciclo de desarrollo de la papa se encuentra ligado a la variedad. Generalmente las variedades del grupo de *Solanum tuberosum* L. cuentan con ciclos vegetativos

cortos, entre 75 y 100 días, en comparación con las variedades *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*, que tienden a presentar ciclos más largos (de 4 a 6 meses); un ciclo promedio para *Solanum tuberosum* L. puede ser de 90 días, aproximadamente (Toledo, 2016).

3.3 Producción de semilla de papa

Su propagación a nivel comercial se hace comúnmente por medio de tubérculos, empleando aproximadamente entre 3.5 y 4 toneladas por hectárea. Si se utilizara semilla sexual, causaría la eliminación de gran parte del costo, pero ocurrirían variaciones genéticas resultantes de este tipo de propagación.

La producción de tubérculo para siembra resulta ser compleja y especializada, esto debido a los problemas fitosanitarios que pueden presentarse como: virus, fitoplasmas, bacterias y hongos; siendo los virus los que pueden reducir el rendimiento en campo del 40 al 70%. Por ello, la producción se realiza inicialmente en laboratorios, donde pueden producir micro tubérculos libres de patógenos. Posteriormente, la producción de mini tubérculos se realiza en invernadero y finaliza en campo abierto para obtener la categoría básica de tubérculo; que al sembrarse dará lugar a la semilla registrada (Uribe, 2012).

3.4 Comercialización

La papa es de gran importancia a nivel alimenticio y también se le utiliza a nivel industrial en la preparación de harina, almidón y bebidas alcohólicas. El cultivo de esta especie requiere un manejo intensivo; en México son tres los estados de mayor importancia en la producción de (Chihuahua, México y Nuevo León). La técnica más empleada a nivel intensivo es mediante un acolchado de plástico, esto con la finalidad de limitar la pérdida de agua por evaporación, elevar la producción, disminuir labores de cultivo y protección de las cosechas de agentes de infección (SIOVM, S.f.)

En cuanto a la semilla, su producción y distribución debe considerarse como un negocio rentable. Para determinar la rentabilidad es necesario obtener información

relevante y actualizada, así como datos acerca de los beneficios del uso de una semilla de calidad, costos de producción y márgenes de comercialización e importancia de la demanda (Montesdeoca, 2011).

3.4.1 Aeroponía y el cultivo de la papa

Como tecnología de multiplicación rápida de semilla, la aeroponía permite una gran producción de mini tubérculos de papa con un costo menor, con alta sanidad y en mayor volumen que la producción convencional (Andrade *et al.*, 2015). Esta técnica explota el espacio vertical del invernadero, de igual forma optimiza el desarrollo de las raíces, tubérculos y follaje, lo que favorece el obtener tubérculos de calidad comercial, así como tamaño y peso adecuados para su siembra. Este sistema también permite obtener cosechas repetidas de tubérculos de un tamaño deseable. En cuanto a sus ventajas adicionales, está que, al tratarse de un sistema cerrado, no existe pérdida de agua ni de nutrientes y permite un buen monitoreo con respecto a la sanidad del cultivo a nivel radicular (Mora, 2017).

IV. OBJETIVO

Diseñar un contenedor para la producción de semilla de papa (*S. tuberosum*) en aeroponía.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sobre el manejo agronómico de la producción de semilla de papa en aeroponía, a través de fuentes secundarias, entre ellas: manuales, artículos científicos, video-documentales, libros de especialidad y revistas especializadas.

Posteriormente, se utilizó la información recopilada y analizada para definir las características técnicas necesarias del contenedor y con esta, desarrollar el sistema

de reproducción de semilla en un medio aeropónico. Para ello se utilizó software de código abierto BLENDER® (Blender Foundation, 2021) y Arduino IDE® (Arduino, 2021); de hardware el Arduino Nano 3.x para diseñar el sistema de control del sistema de inyección de la solución nutritiva.

VI. ACTIVIDADES REALIZADAS

Se revisaron los documentos: Manual para la producción de semilla de papa usando aeroponía (Andrade *et al.*, 2015) para determinar las dimensiones. Para los intervalos de riego use el Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía de Otazú, V. (2010) y el artículo Potato minituber production using aeroponics: Effects of Plant density and harvesting intervals de Farran y Mingo-Castell (2006).

Se diseñó el modelo 3D en el software de código abierto Blender ®. También se diseñó el sistema de control del contenedor usando hardware Arduino Nano 3.x, componentes electrónicos y código de programación del microcontrolador. Finalmente se diseñó el modelo del sistema aeropónico.

VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

Se diseñó el contenedor para la producción de semilla de papa en aeroponía

Se escribió el código de programación para monitorear y controlar el riego

Se desarrolló el sistema de control para el contenedor

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en las dimensiones recomendadas por el manual de Andrade *et al.* (2015) y a las dimensiones de los materiales, se definió un ancho de 130 cm, alto de 92 cm y un largo de 251 cm (Figura 1).

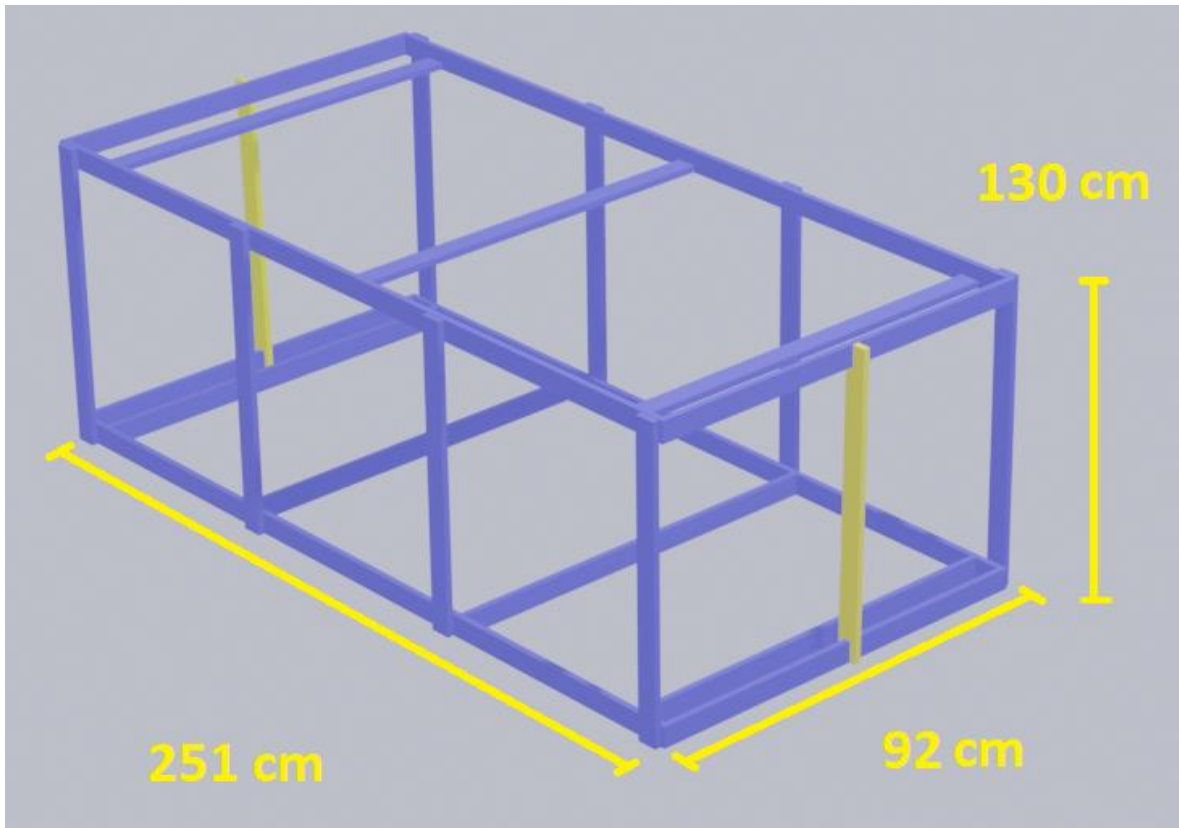


Figura 1. Estructura de madera del contenedor para aeroponía.

Las tablas de madera se pintaron con pintura de aceite para evitar la descomposición de la madera. Las uniones se fijaron con pijas, siendo las tablas en color amarillo (Figura 1) las únicas que se fijan embonando la parte inferior y, sujetándolas con alambre en el extremo superior; pues se tienen que retirar para introducir las placas de uniceL.

En cuanto a los materiales se ocuparon 100 pijas de 1 ½ "para madera y tablas de madera de 5 x 2 cm y de largos variables (10 tablas de 92 cm, 12 de 122.5 cm y 4 de 251.5 cm). Para el montaje del aislamiento térmico se colocó en la base interior una placa de uniceL de 244 cm x 122 cm x 5 cm, y en la parte superior se colocó una de 244 cm x 122 cm x 5 cm forrada con plástico bicapa, a los laterales interiores 2 placas de 244 cm x 49.3 cm x 3.8 cm y 2 de 119.3 cm x 49.3 cm x 3.8 cm.

Se le cortaron a la placa de unicel ventanas de recolección de 50 cm x 50 cm, colocadas en la parte central del espacio entre postes de una cara lateral larga. Se forró el interior con plástico negro con 0.1525 mm de espesor, y se fijó al mueble con cinta gris, se le realizó una perforación a la base en una esquina inferior para drenar la solución nutritiva. También se recortaron las ventanas de recolección al plástico y se le fijaron unas cortinas de doble capa de plástico negro. Se colocó un faldón de plástico bicapa (con la cara blanca hacia el exterior) que impide la llegada de luz al interior del contenedor.

La tubería de riego se construyó con poliducto de 16 mm que se fija a 30 cm de las orillas y a 60 cm entre ellas a lo largo, en doble hilera en la parte interna de la cara superior, sujeta mediante cinchos a las tablas perpendiculares. Se le colocan 4 nebulizadores de 4 boquillas con caudal de 32 Lh⁻¹.

Para mantener condiciones de crecimiento del cultivo dentro del contenedor, se requiere un sistema de control para activar el sistema de riego, la calefacción, la refrigeración, monitorear la humedad y temperatura en el contenedor; por lo tanto, se diseñó el siguiente hardware (Figura 2):

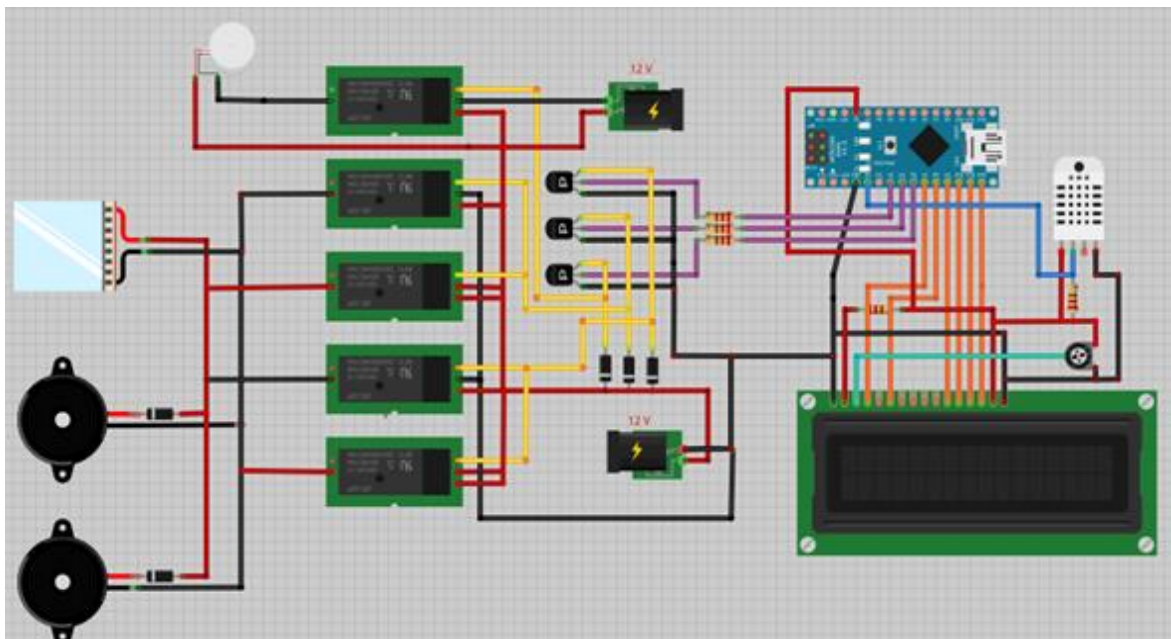


Figura 2. Diagrama del hardware.

Los dispositivos que integran el diagrama son:

1 placa peltier, 1 potenciómetro, 1 fuente de alimentación de 5v, 1 sensor dth22, 2 disipadores, 5 Relé, 3 transistores, 5 resistencias, 1 display lcd, 1 Arduino Nano 3.x, 1 fuente de alimentación de 12v y una bomba de diafragma.

Con el objetivo de facilitar y asegurar las conexiones entre cada dispositivo, se diseñó una placa de circuito impresa (Figura 3).

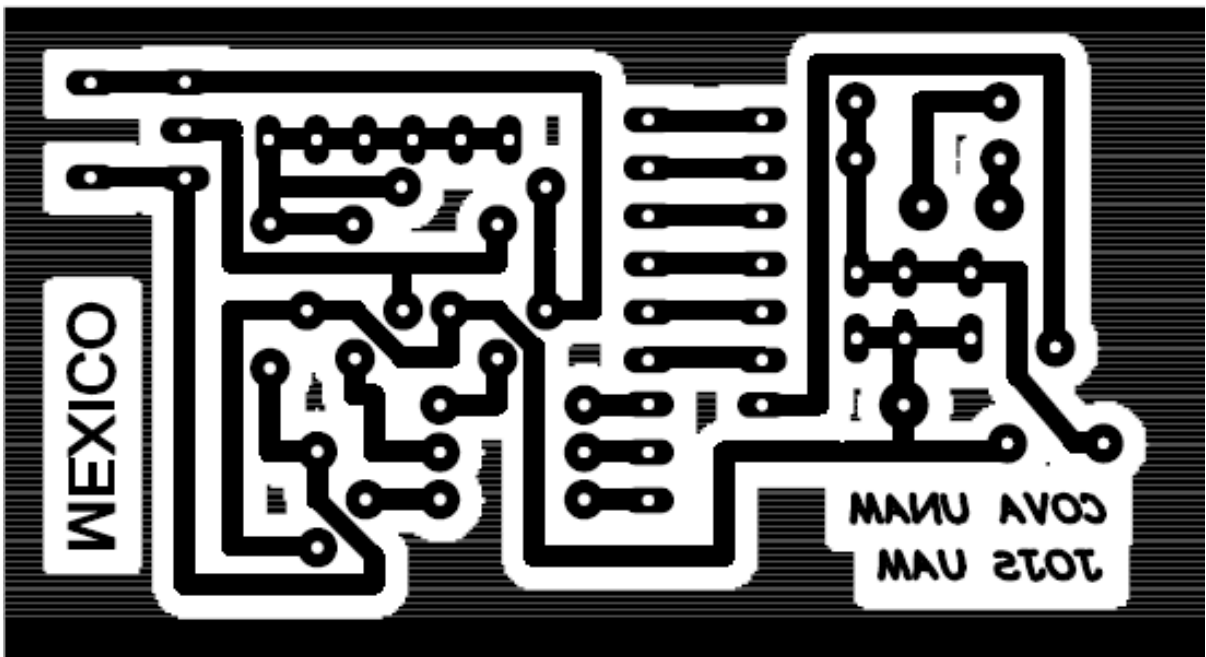


Figura 3. Circuito de conexión.

Como placa de desarrollo se seleccionó el Arduino Nano 3.x (Figura 4) ya que satisface la necesidad de puertos (Anexo 1) y capacidad de procesamiento para el sistema de monitoreo y control; siendo el display LCD 1602 el que mas puertos requiere (Anexo 2).

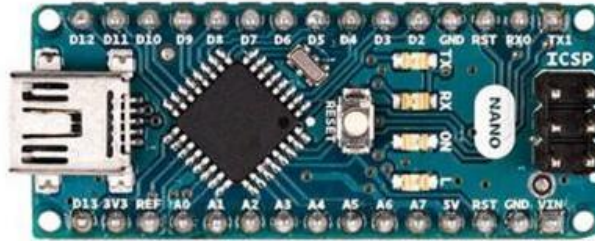


Figura 4. Arduino Nano 3.x.

En cuanto al sistema de control para riego, se escribieron dos códigos de programación de la placa (propuestos en los anexos):

1. Con lapsos de 15 minutos apagado y 20 segundos encendido en el día, y con lapsos de 45 minutos apagado y 20 encendido en la noche regulado solo por tiempo y luz.
2. Basado en las lecturas del sistema de monitoreo de temperatura y humedad determina el momento óptimo de aspersión.

El contenedor es ligero, económico y fácil de construir, se requieren hacer pruebas para determinar su durabilidad y si cumple con las funciones de aislamiento de temperatura y luz, requeridas por las raíces.

IX. CONCLUSIONES

La construcción del contenedor diseñado, tal como se detalla en este documento, puede realizarse utilizando materiales fácilmente disponibles en México y a un costo accesible.

X. RECOMENDACIONES

En caso de tener complicaciones con el sistema de control del riego puede ocuparse un programador para funcionar durante ciclos de 15 minutos de apagado y 15 de encendido como recomienda Otazú (2010).

Para la evaluación del diseño de este sistema, es necesario construirlo y evaluarlo en al menos un ciclo del cultivo.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Andrade, J., Barona, D., Benítez, J., Chuquilanqui, C., García, M., Kromann, P., Mateus, J., Montesdeoca, F., Otazú, V. y Potosí, B. (2015) Manual para la producción de semilla de papa usando aeroponía. Centro Internacional de la Papa (CIP). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Quito, Ecuador. 267 p.

Álvarez, M. (2002) El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en México y el estudio de la costra negra (*Rhizoctonia solani* Kühn). División de Agronomía. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Coahuila, México.

Arduino. (2021) Arduino website. Recuperado de: <https://www.arduino.cc/en/software>

Arduino-store. (s.f.). Arduino Nano. USA. Recuperado de: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-nano?selectedStore=us>

Aroche, H., Asturias, L., Avelar, P., Ávila, T. (2001) Producción de Papa. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Blender Foundation. (2021) Blender website. Recuperado el 18/06/2021, de <https://www.blender.org>.

Esquivel, E. (2017) Aeroponía. División de Carreras Agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Coahuila, México.

FAO. (2020). World food and agriculture-statistical yearbook 2020. Rome. Recuperado de <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb1329en>

- Farran, I., Mingo-Castel, A.M. (2006) Potato minituber production using aeroponics: Effects of Plant density and harvesting intervals. *Amer J of Potato Res* 83:47-53. DOI:10.1007/BF02869609
- Montesdeoca F. (2011) COMERCIALIZACIÓN DE SEMILLA DE PAPA. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos. Estación Experimental Santa Catalina, Quito-Ecuador.
- Mora, C. (2017) Producción de mini tubérculos de papa de pulpa de colores por la técnica convencional y aeroponía. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional. Sinaloa, México.
- Naylamp Mechatronics. (s.f.). TUTORIAL LCD, CONECTANDO TU ARDUINO A UN LCD1602 Y LCD2004. Peru. Recuperado de: https://naylampmechatronics.com/blog/34_tutorial-lcd-conectando-tu-arduino-a-un-lcd1602-y-lcd2004.html
- Otazú, V. (2010) Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- Rendón, Y. (2013) Sistemas aeropónicos en agricultura protegida. Centro de Investigación en Química Aplicada. Coahuila, México.
- Rodríguez-Pérez, L. (2011). Ecofisiología del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 97–108. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1229>
- SIOVM. (s. f.) *Solanum tuberosum*. Proyecto de GER-CIBIOGEM de Bioseguridad. CONABIO. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20914_sg7.pdf
- Toledo, M. (2016) El cultivo de la papa en Honduras. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA).
- Uribe, F. (2012) Papas producidas por aeroponía (I): Preliminares. Hortalizas. Recuperado de <https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/invernadero/papas-producidas-por-aeroponía-i-preliminares/>
- Váladez L. (1998). Producción de Hortalizas. Editorial Limusa, México, D.F. (pp 230- 232).

XII. Anexos

La siguiente tabla detalla las especificaciones del Nano 3.x. (Arduino-store, s.f.).

Anexo 1. Tabla de especificaciones de Arduino Nano 3.x (Arduino-store, s.f.)

Microcontrolador	ATmega328
Arquitectura	AVR
Tensión de funcionamiento	5V
Memoria flash	32 KB de los cuales 2 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	2 KB
Velocidad de reloj	16MHz
Pines de entrada analógica	8
EEPROM	1 KB
Corriente CC por pines de E/S	20 mA (pines de E/S)
Voltaje de entrada	7-12V
Pines de E/S digitales	22 (6 de los cuales son PWM)
Salida PWM	6
El consumo de energía	19 mA
Tamaño de PCB	18x45mm
Peso	7 gramos
Código de producto	A000005

La siguiente tabla detalla la conexión entre los puertos del Arduino y los del display LCD 1602 (Naylamp Mechatronics, s.f.).

Anexo 2. Tabla de conexiones de Display LCD con Arduino (Naylamp Mechatronics. s.f.).

LCD1602	Arduino Nano
1. VSS	GND

2. VDD	5V
3. VEE	Potenciómetro
4. RS	D8
5. RW	GND
6. EN	D9
11. D4	D4
12. D5	D5
13. D6	D6
14. D7	D7
15. Led+	VCC
16. Led-	GND

Software para el sistema de control.

El software fue implementado en el Arduino Nano mediante la aplicación Arduino IDE versión 2.0.0 con ayuda de las librerías del DHT22 “DHTTYPE DHT22” y “LiquidCrystal.h” que es la librería de la pantalla LCD.



Figura 5. Logo de Arduino (Arduino, 2021).



Figura 6. Logo de Blender (Blender Foundation, 2021).

El código utilizado es el siguiente, donde es descrito el funcionamiento de la mayoría de las líneas del código.

Software para el sistema de control (mediado por humedad y temperatura).

```
#include <LiquidCrystal.h>
//Llamamos a la libreria para controlar el LCD incluida en el IDE de Arduino
LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11 , 12);
//Definimos los pines asignados al LCD según el esquema de conexión
#include "DHT.h"
//Llamamos a la libreria de los sensores DHT instalada previamente
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
//Definimos el pin de Arduino al que conectamos el pin de datos del sensor e
indicamos el tipo de sensor (DHT22)

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
const int hum = 6;
const int cal = 4;
const int enf = 5;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Prueba DHT22");
//Iniciamos la comunicacion Monitor Serial y editamos un texto descriptivo
```

```

    dht.begin();
//Iniciamos el sensor
}

void loop(){
    delay(300000);
//Establecemos un retraso porque el DHT22 solo realiza una lectura cada 2
segundos

    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();
//Establecemos dos variables, una para la temperatura en °C y otra para la
humedad relativa en %

    if (isnan(h) || isnan(t)) {
        Serial.println("Error al Leer Sensor DHT");
        return;
//Con la función isnan controlamos que el valor recibido del sensor sea un número,
sino dará error
    }

    Serial.print("Humedad: ");
    Serial.print(h);
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperatura: ");
    Serial.print(t);
    Serial.println(" *C ");
//Mostramos la información obtenida (temperatura y humedad) en el Monitor Serial
//El \t es equivalente al tabulador (separa los datos)
//El Serial.println nos cambia de línea en la siguiente lectura recibida

    lcd.begin(16, 2);
//Indicamos el LCD que usamos: 16 caracteres y 2 líneas
    lcd.setCursor(0,0);
//Situamos el cursor en la posición 0 de la primera línea
    lcd.write("Temperatura: ");
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(t);
    lcd.setCursor(14,0);
    lcd.write((char)223);
//Editamos el simbolo de los grados °
    lcd.setCursor(15,0);
    lcd.write("C");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write("Humedad: ");

```

```

lcd.setCursor(9,1);
lcd.print(h);
lcd.setCursor(14,1);
lcd.write("%");
delay(5000);
if(h < 95){
  pinMode(hum , OUTPUT);
//definir pin como salida
  digitalWrite(hum , HIGH);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.write("Humidificador");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.write("Encendido");
  delay(2000);
}
else{

  pinMode(hum , OUTPUT);
//definir pin como salida
  digitalWrite(hum , LOW );
}
if(t < 16){
  pinMode(cal , OUTPUT);
//definir pin como salida
  digitalWrite(cal , HIGH);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.write("calefaccion");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.write("Encendida");
  delay(2000);
}
else{

  pinMode(cal , OUTPUT);
//definir pin como salida
  digitalWrite(cal , LOW );
}
if(t > 19){
  pinMode(enf , OUTPUT);
//definir pin como salida
  digitalWrite(enf , HIGH);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.write("Enfriamiento");
  lcd.setCursor(0,1);

```

```

    lcd.write("Encendido");
    delay(2000);
}
else{

    pinMode(enf , OUTPUT);
    //definir pin como salida
    digitalWrite(enf , LOW );
}

}

```

Software para el sistema de control (solo mediado por luz).

```

// Pin que activa el riego
int pinLed1 = 2;
// Pin analogico de entrada para la fotoresistencia (LDR)
int pinLDR = 0;

// Variable donde se almacena el valor del LDR
int valorLDR = 0;

void setup()
{
    // Configuramos como salidas los pines donde se conectan los led
    pinMode(pinLed1, OUTPUT);

    // Configurar el puerto serial
    Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
    // Apagar el riego siempre que se inicia el ciclo
    digitalWrite(pinLed1, LOW);
    // Guardamos el valor leido del ADC en una variable
    // El valor leido por el ADC (voltaje) aumenta de manera directamente
    proporcional
    // con respecto a la luz percibida por el LDR
    valorLDR= analogRead(pinLDR);

    // Devolver el valor leido a nuestro monitor serial en el IDE de Arduino

```

```
Serial.println(valorLDR);

// Encender los leds apropiados de acuerdo al valor de ADC
if(valorLDR > 100)
{digitalWrite(pinLed1, HIGH);
// Mantiene encendido el riego
delay(15000);
//Apaga el riego
digitalWrite(pinLed1, LOW);
//mantiene apagado el riego
delay(1200000);}
else
{digitalWrite(pinLed1, HIGH);
delay(15000);
digitalWrite(pinLed1, LOW);
// Mantiene apagado el riego por mas tiempo
delay(1800000);}
```