

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
COMISIÓN ORGANIZADORA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

FACULTAD DE INGENIERÍA

MONOGRAFÍA

**Programación embebida- Procesos
Agroindustriales**

**PRINCIPIOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
DE PROCESOS AGROINDUSTRIALES**

AUTORES:

Mg. Frans Fuentes Maza

Jaén – Perú, octubre, 2024



RESUMEN

La plataforma Arduino ha evolucionado en el desarrollo de software en una plataforma de prototipado electrónico de código de acceso abierto que combina hardware y software, permitiendo a principiantes y expertos desarrollar sistemas embebidos de manera sencilla. Emplea un entorno de programación integrado (IDE) donde se escribe código para diversas placas (hardware), como los diversos tipos de placas de Arduino. La estructura del código incluye funciones principales como `setup()` y `loop()`, y tiene diversas librerías que facilitan la interacción con diversos dispositivos. Sus aplicaciones en el mundo de la ingeniería abarcan robótica, domótica, Internet de las Cosas (IoT) y educación, transformando la enseñanza de la electrónica y acelerando la innovación en la industria.

Aunque como toda plataforma de desarrollo de software y hardware presenta algunas limitaciones, eso incentiva a la continua de desarrollo de software a ir mejorando la plataforma.



Contenido

RESUMEN	2
Contenido	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	5
1.1. Historia y Evolución de Arduino	5
1.2. Que es el Arduino	5
1.3. Lenguajes de programación Embebidos	5
1.4. Ventajas y desventajas de los L.P embebidos	5
CAPÍTULO 2	7
Procesos agroindustriales.....	7
2.1. Proceso agroindustrial	7
2.2. Tipos de procesos.....	7
2.3. Variables de procesos	9
2.4. Parámetros de un proceso.....	10
2.5. Instrumentos de medición de variables de proceso	10
a) Termohigrógrafo:	10
b) Termómetro:	11
c) PT100:	11
d) Picnómetros:	12
e) Densímetro:	12
f) Instrumentos para medición el peso específico:	12
g) Viscosímetro:	13
CAPÍTULO 3	13
Procesos Agroindustriales: Aplicaciones.....	13
3.1. Aplicaciones	13
3.3. Prototipos implementados utilidad el lenguaje de programación ARDUINO	14
CAPÍTULO 4	23
Retos y desafíos	23
4.1. Retos y desafíos.....	23
4.2. Futuro de la Programación en la Agroindustria	23
CONCLUSIÓN	24
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24



INTRODUCCIÓN

En un contexto donde la agroindustria es fundamental en el desarrollo de los países y la necesidad de realizar mejoras significativas en la eficiencia y gestión de proyectos. A través del desarrollo del conocimiento esto se puede lograr ya que el crecimiento de la población mundial esta en aumento y por ende la necesidad de demanda de alimentos, los agricultores y empresarios enfrentan desafíos para proponer soluciones donde se aplique la investigación e innovación, en ese sentido la programación embebida que integra software y hardware es una alternativa importante para automatizar los procesos agroindustriales.

Esta monografía tiene como objetivo dar a conocer la importancia de los lenguajes de programación embebida en la transformación de la agroindustria, analizando sus aplicaciones prácticas, beneficios tangibles y los retos que deben superarse para su implementación efectiva.

En ese sentido esta monografía contribuirá al estudiante de ingeniería a mejorar sus aprendizajes en el tema muy importante que es la automatización de procesos agroindustriales utilizando Arduino.

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1. Historia y Evolución de Arduino

La plataforma Arduino fue desarrollada en el año 2005 por investigadores teniendo como líder a Massimo Banzi, el objetivo de la programación embebida es el desarrollo de programas o sistemas que desarrollen actividades específicas de acuerdo a ciertos procesos, como por ejemplo el control de llenado de un tanque, procesos de secado, fermentados y otros. Lo que distingue a los sistemas embebidos es su ejecución en tiempo real que pueden ser afectados por variables externas, esto es fundamental en sectores como la industria y la agricultura, donde la respuesta a determinados procesos puede impactar directamente el rendimiento de los cultivos.

1.2. Que es el Arduino

Arduino es plataforma que abarca tanto hardware como software y es de acceso libre para la construcción de prototipos y tiene un entorno de desarrollo integrado (IDE) esto ayuda a la programación en placas de microcontroladores,

1.3. Lenguajes de programación Embebidos

Existen una serie de lenguajes de programación embebidos que permiten desarrollar programas para el control en diversos campos como la agricultura e industria, a continuación, mencionamos algunos de ellos:

- a) Lenguaje C: Es un lenguaje muy antiguo estándar que puede manipular el hardware y es muy eficiente en el rendimiento de los equipos.
- b) C++: Integra la programación orientada a objetos.
- c) Python: Es importante para el desarrollo de prototipos.

1.4. Ventajas y desventajas de los L.P embebidos

Cada lenguaje de programación tiene sus ventajas y desventajas a continuación mencionamos algunas de ellas

Ejemplos prácticos:

- a) C: puede aplicarse en el uso de sensores de riego.
- b) C++: Implementado en software de monitoreo de cultivos que requiere un enfoque modular.



- c) Python: Usado en plataformas IoT para el análisis de datos y control de procesos.
- d) Rust: Adoptado en sistemas críticos de seguridad en maquinaria agrícola.

CAPÍTULO 2

Procesos agroindustriales

2.1. Proceso agroindustrial

De acuerdo con el diccionario de ISA (International society of automation), un proceso corresponde a la transformación física o química de la materia, una serie de pasos continuos o regularmente recurrentes con el fin de lograr un resultado predeterminado (por ejemplo, refinar petróleo, tratamiento térmico de metales o producir papel).

Los procesos se llevan a cabo en y por equipos industriales, controlado por equipos de cómputo o controladores analógicos. (TCG, 2020)

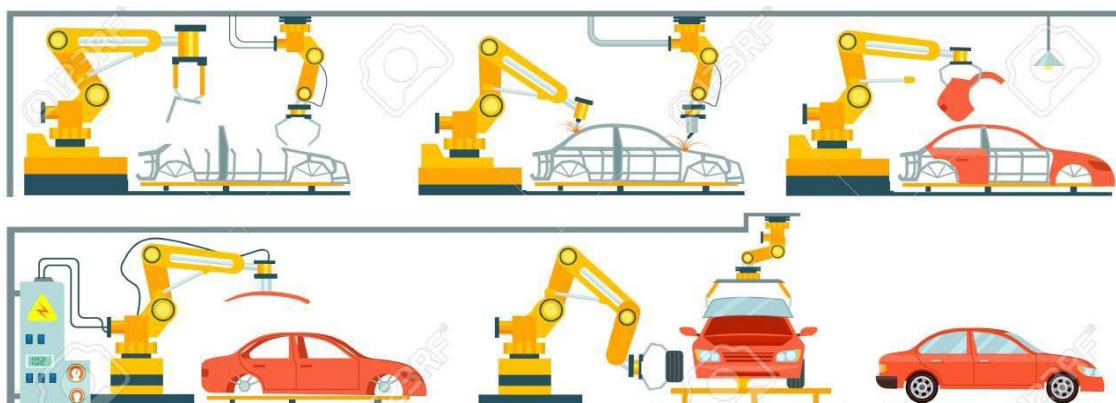
2.2. Tipos de procesos.

a) Procesos discretos:

Los procesos discretos en la industria consisten en una serie de acciones organizadas según una lógica programada, utilizando principalmente señales binarias (ON-OFF). Estos procesos pueden acelerarse, desacelerarse o detenerse sin que ello cause problemas significativos. Su finalidad es la producción de elementos discretos que se pueden contar, y se realizan de forma secuencial, ensamblando diferentes partes y componentes hasta obtener el producto terminado.

Estos procesos se observan en diversas máquinas, como empacadoras, embotelladoras y prensas, así como en equipos destinados a la fabricación de piezas y objetos contables. Elementos como lápices, tornillos, libros y automóviles son el resultado de estos procesos discretos de producción.

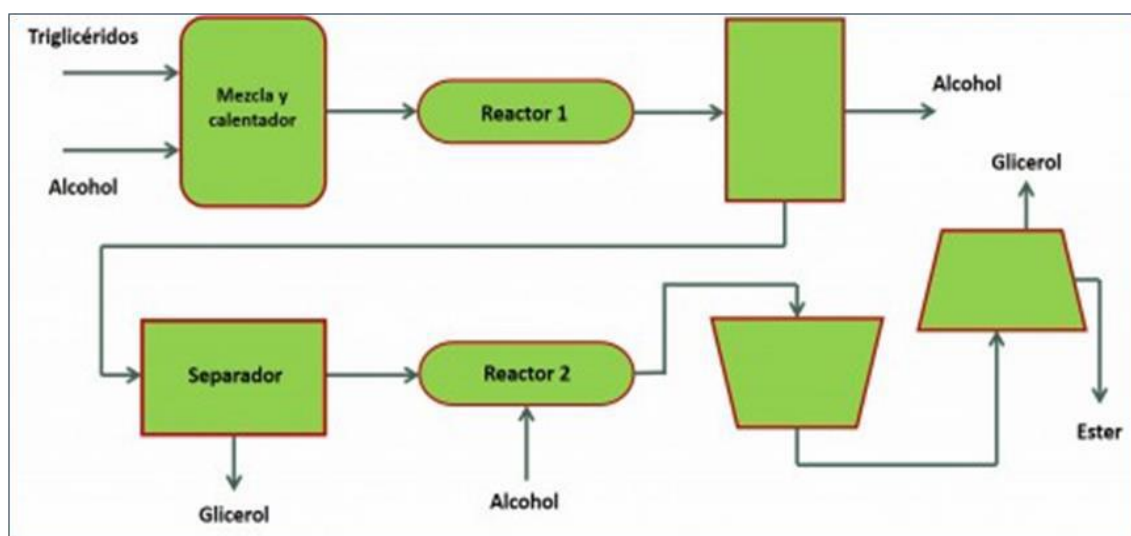
Figura 1 Diagrama de un proceso discreto.



b) Procesos continuos

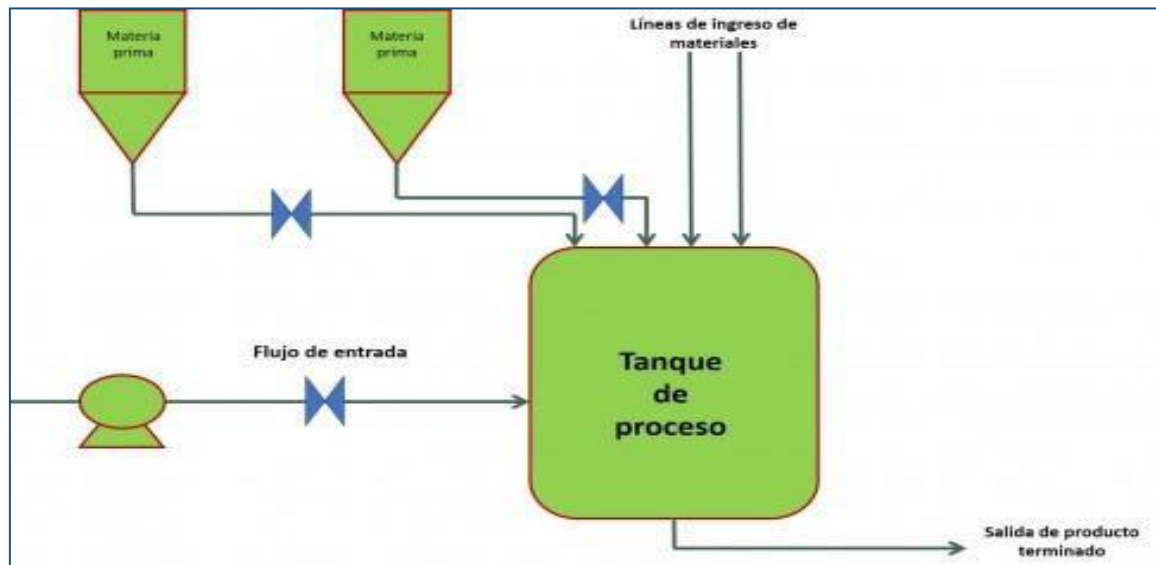
Los procesos continuos se caracterizan por una fabricación constante, donde la materia prima fluye de manera continua a través de la planta hasta obtener el producto final. Este tipo de procesos es común en la producción de sustancias o materiales que requieren tratamientos termodinámicos, químicos o físicos. Los productos generados no son contables y, en algunos casos, son intangibles, como químicos, gases, combustibles, electricidad, cemento y agua potable. En estos procesos, las señales predominantes son continuas, representando variables como temperatura, presión, flujo y nivel.

Figura 2 Diagrama de un proceso continuo.



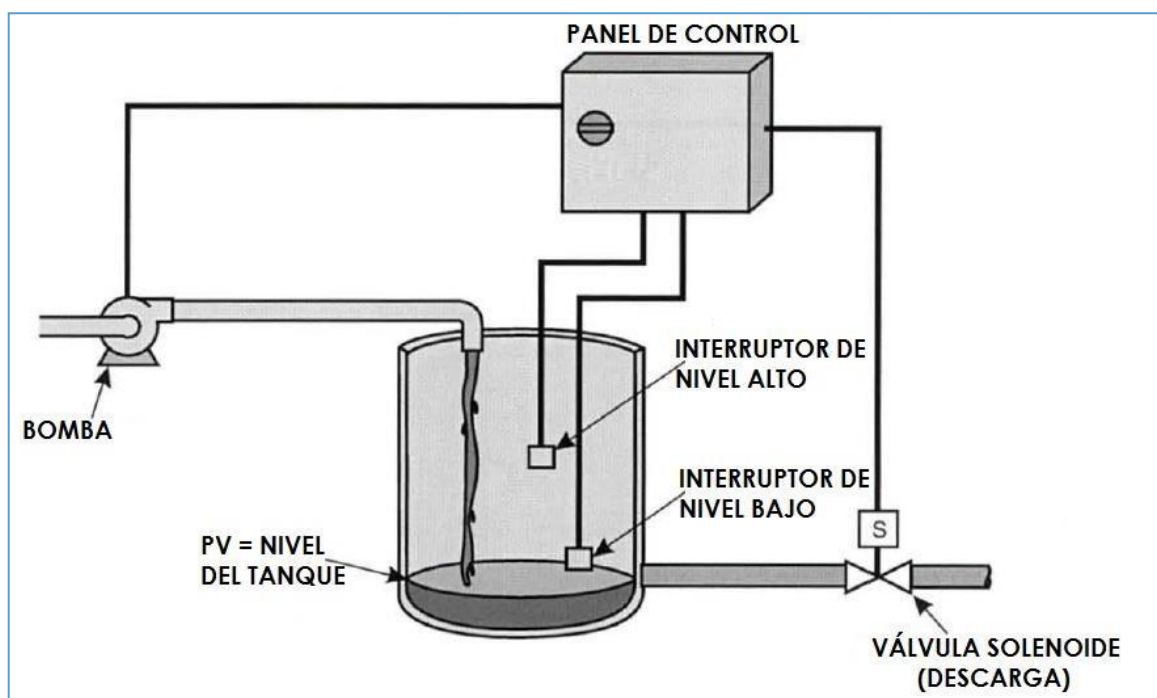
c) Procesos por baches (batch)

Los procesos por baches implican la fabricación de una cantidad finita de material mediante la adición medida de materias primas en un orden específico, utilizando uno o varios equipos. Este tipo de proceso se asemeja a seguir una receta, donde se requieren ciertos equipos y procedimientos. En estos procesos, se pueden emplear tanto señales binarias (ON-OFF) como continuas. Dado que implican "preparar" un producto, operan solo durante periodos específicos de tiempo.

Figura 3 Diagrama de un proceso por batches

2.3. Variables de procesos

Una variable de proceso es una condición física o química del mismo que resulta relevante para medir y/o controlar, ya que puede influir en el proceso de manufactura de diversas maneras.

Figura 4 Sistema de bombeo de agua que llena un tanque.

La imagen ilustra el nivel del tanque durante el llenado con un sistema de bombeo, donde el nivel representa la variable de proceso

Hay numerosas variables que se pueden medir y que son relevantes en el ámbito industrial. Estas variables se pueden clasificar en físicas y químicas. En general, la instrumentación industrial se centra en las siguientes cuatro variables como las más importantes:

- Presión
- Nivel
- Flujo o caudal
- Temperatura

2.4. Parámetros de un proceso

Los procesos industriales tienen como objetivo principal transformar materias primas en productos finales. Durante la producción de estos bienes, se pueden emplear diversos procesos, ya sea reutilizando materiales o convirtiendo energía para obtener el producto final. Aunque existen varios procesos industriales y cada uno es único, es fundamental reconocer que los principios aplicados en ellos son similares.

Estos cambios pueden darse en el ámbito químico, físico o en ambos, afectando la composición de la sustancia y considerando parámetros como flujo, nivel, presión, temperatura, densidad, volumen, acidez y gravedad específica, entre otros.

Parámetros de un proceso: Son, en esencia, una lista de datos que permiten al proceso recibir información variada cada vez que se invoca (se llama o se utiliza) desde otro proceso.

En cada proceso, hay diversas variables que pueden influir en las entradas y salidas del mismo. Algunas de las más comunes en los procesos industriales son la temperatura, la presión, los caudales de entrada y salida, la viscosidad del compuesto y la densidad. Estas variables son monitoreadas de manera constante para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema.

2.5. Instrumentos de medición de variables de proceso

a) Termohigrógrafo:

Instrumento que mide la humedad del ambiente, está compuesto por un termómetro de máxima y mínima, y un depósito de agua destilada, que,

mientras se evapora, el termómetro va registrando su temperatura.

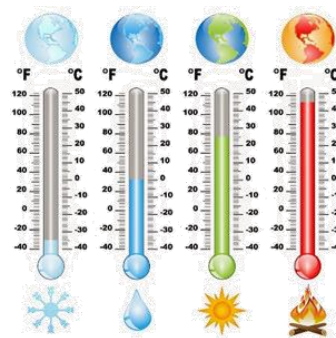
Figura 5 Termohigrógrafo.



b) Termómetro:

Instrumento que mide la temperatura de un sistema en forma cuantitativa. Una forma fácil de hacerlo es encontrando una sustancia que tenga una propiedad que cambie de manera regular con la temperatura. La manera más regular es de forma lineal.: $T(x) = ax + b$

Figura 6 termómetro



c) PT100:

Un Pt100 es un sensor de temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

Figura 7 PT100.



d) Picnómetros:

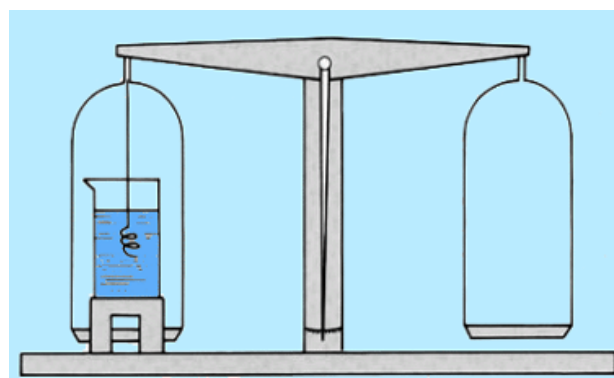
Es un instrumento de medición cuyo volumen es conocido y permite conocer la densidad o peso específico de cualquier fluido ya sea líquido o sólido mediante gravimetría a una determinada temperatura.

Figura 8 Picnómetro.**e) Densímetro:**

Este instrumento permite la medida directa de la densidad de un líquido

Figura 9 Densímetro.**f) Instrumentos para medición el peso específico:**

El cálculo del peso específico, es necesario conocer el volumen y el peso del objeto. Para lo cual se necesita una balanza para el peso y un matraz, probeta o vaso precipitado graduado para determinar el volumen.

Figura 10 Instrumentos para medición de peso específico

g) Viscosímetro:

Un viscosímetro es un instrumento utilizado para medir la viscosidad y otros parámetros de flujo de un fluido. Isaac Newton fue pionero al proponer una fórmula para medir la viscosidad, sugiriendo que la fuerza se relaciona con el área superficial del líquido y el gradiente de velocidad, multiplicado por un coeficiente de viscosidad. En 1884, Poiseuille perfeccionó esta técnica al estudiar el movimiento de líquidos en tuberías.

Figura 11 Viscosímetro.**CAPÍTULO 3****Procesos Agroindustriales: Aplicaciones****3.1. Aplicaciones**

Por ejemplo, podemos aplicar los lenguajes de programación embebidos en:

- **Riego Automatizado:** Estas aplicaciones permite un mejor control del uso del agua en el riego de los cultivos y mejorar la calidad del crecimiento de los diversos tipos de plantas.
- **Control de cultivos:** por medio de sensores se puede registrar variables ambientales como la temperatura, humedad, luz, etc. Estos datos permiten a los agricultores tener un mejor control de crecimiento de sus potaciones, así como

tomar decisiones oportunas ante la aparición de plagas.

- **Gestión de maquinaria agrícola:** esto permite el control de las maquinas en tiempo real, y ver cómo va evolucionado su rendimiento.

3.2. Casos de Estudio

Monitoreo de cultivos:

Descripción del problema: Existe un problema en la agricultura y es el control de plagas a tiempo.

Solución: Se implementaron drones equipados con cámaras y sensores, programados con algoritmos en C++ para procesar imágenes y datos en tiempo real.

Resultados: La detección temprana de plagas permitió una intervención rápida, reduciendo significativamente las pérdidas de cultivo.

Control en invernaderos:

Descripción del problema: Un invernadero tenía problemas con el control manual de las condiciones ambientales, lo que afectaba la calidad de los productos.

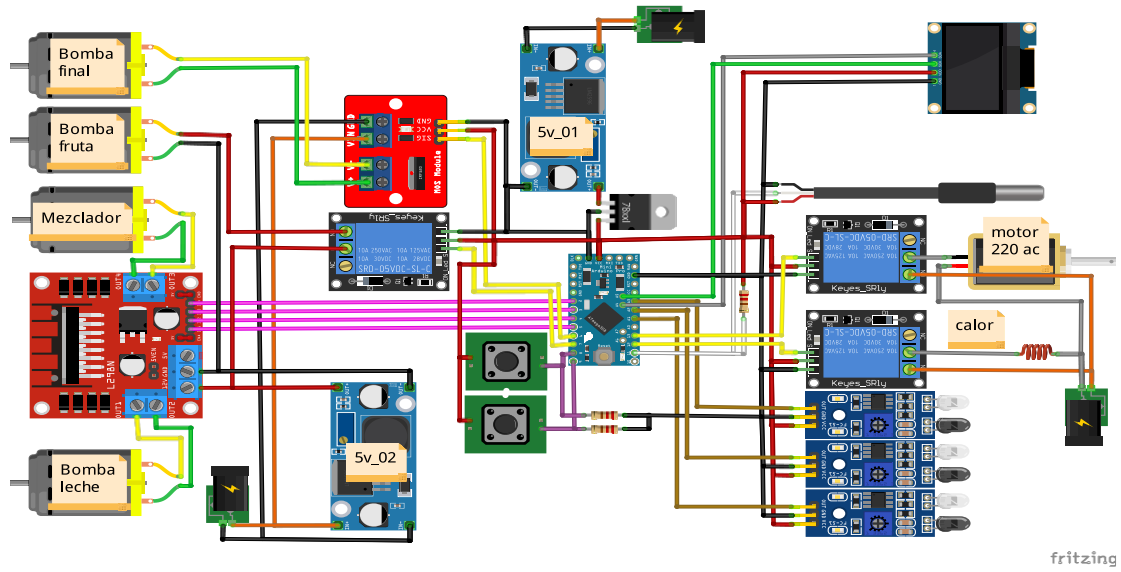
Solución: Se instaló un sistema embebido que utiliza sensores para medir temperatura y humedad, ajustando automáticamente ventiladores y calefacción.

Resultados: Se incrementó la producción y se mejoró la calidad de las plantas, además de reducir los costos operativos.

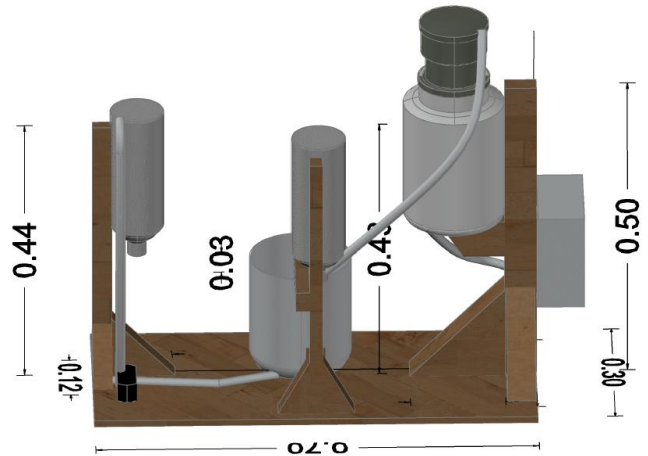
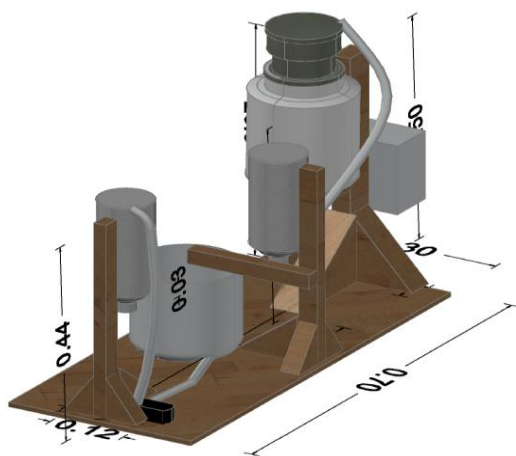
3.3. Prototipos implementados utilidad el lenguaje de programación ARDUINO en la UNJ

- a) Diseño de un prototipo automatizado para mejorar el proceso de producción de yogurt.

Figura 12 Proyecto1

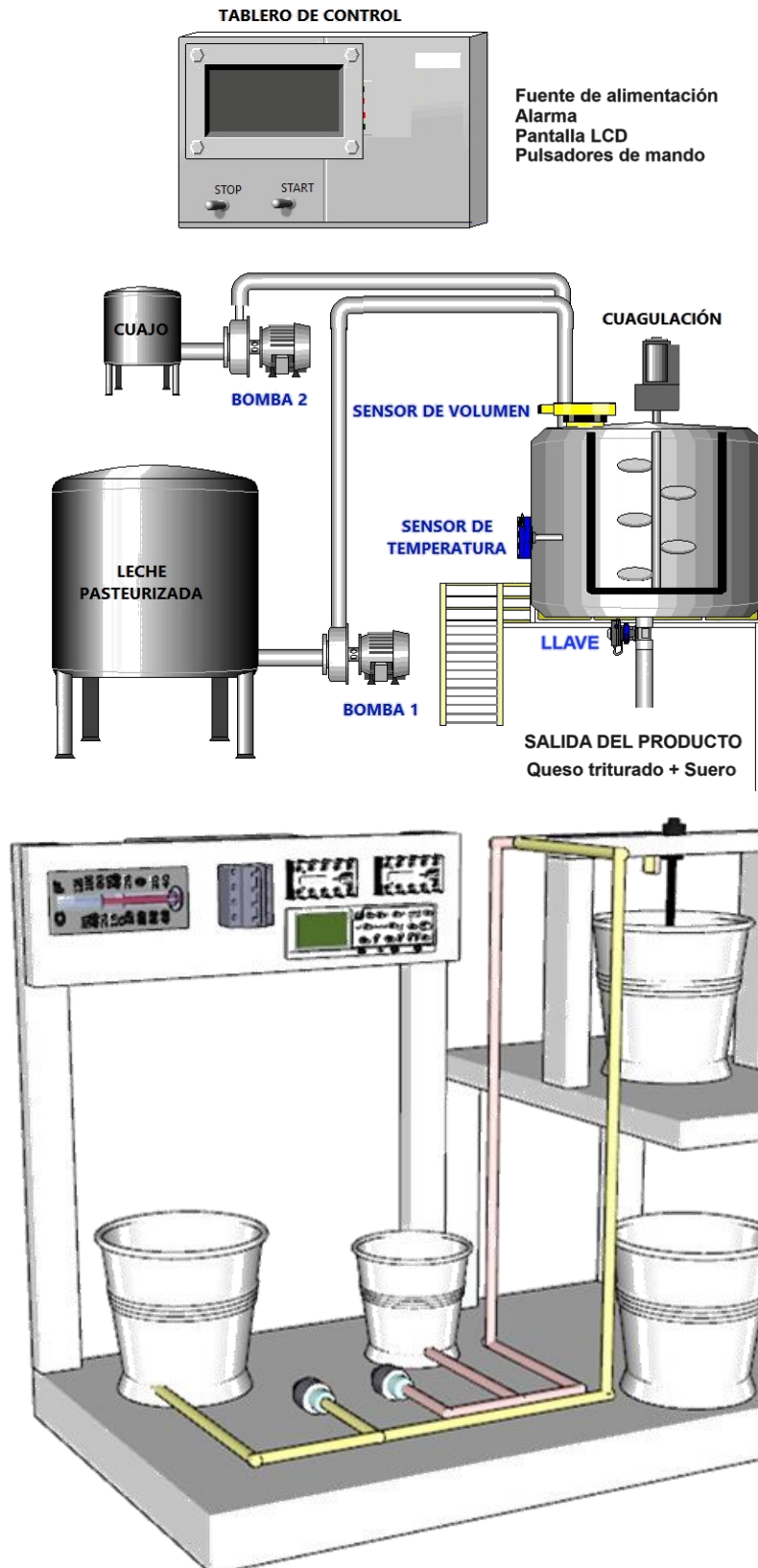


fritzing



b) Desarrollo de un prototipo automatizado para el proceso de cuajado del queso.

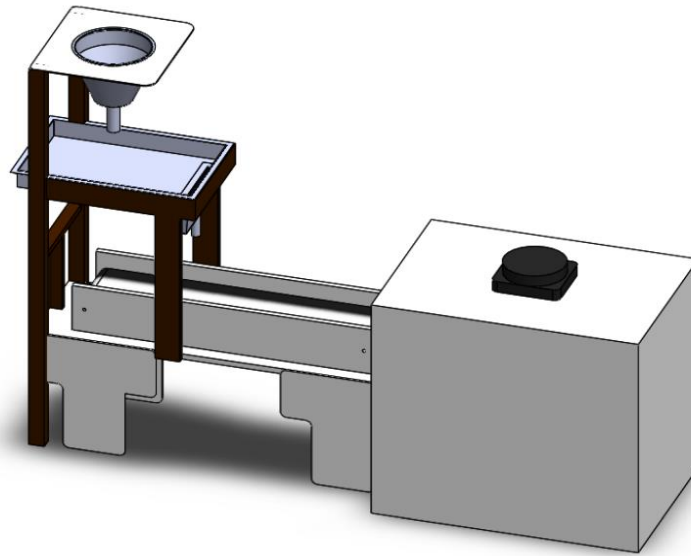
Figura 13 Proyecto 2

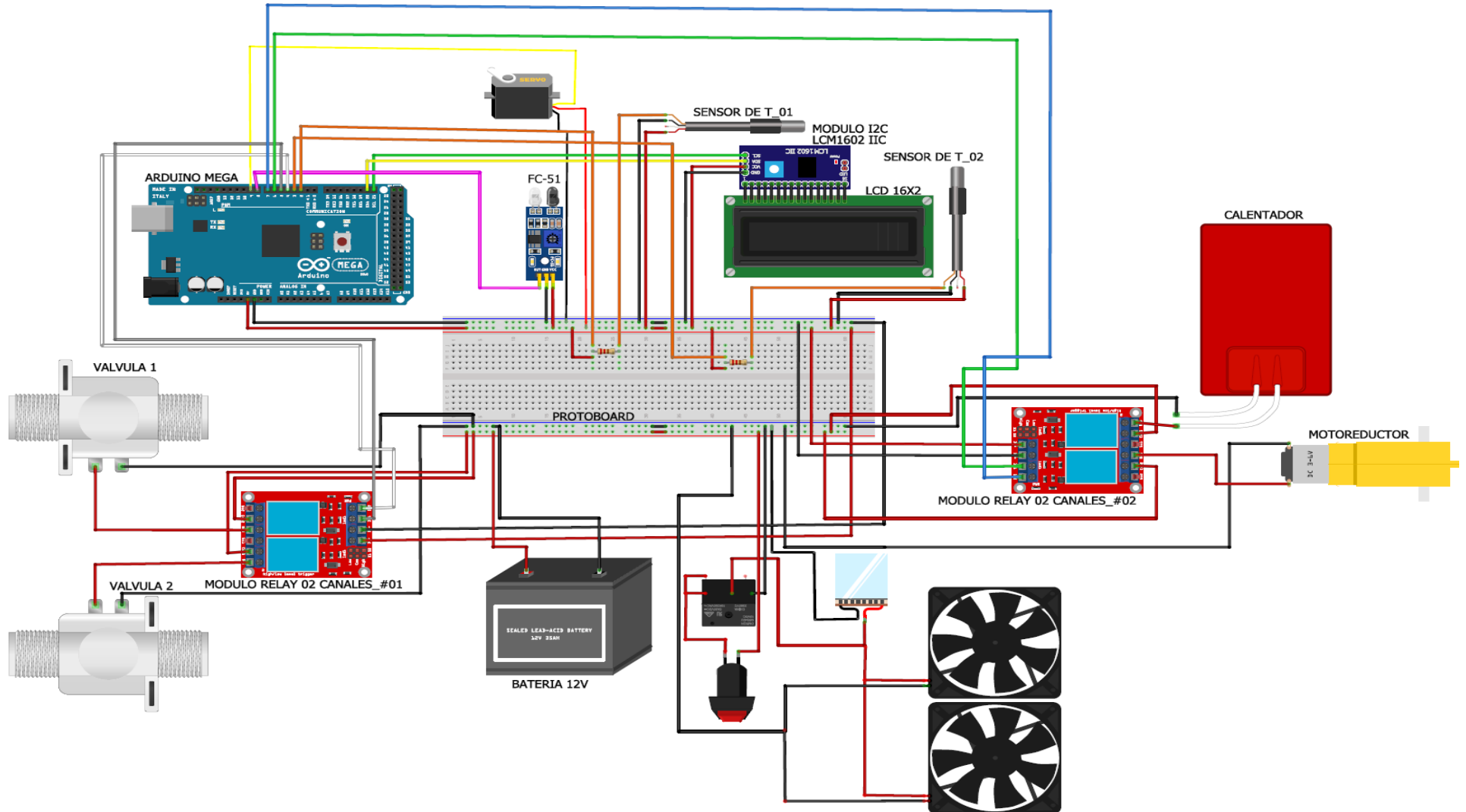


- c) Diseño y construcción de un prototipo automatizado para el proceso de temperado de chocolate.



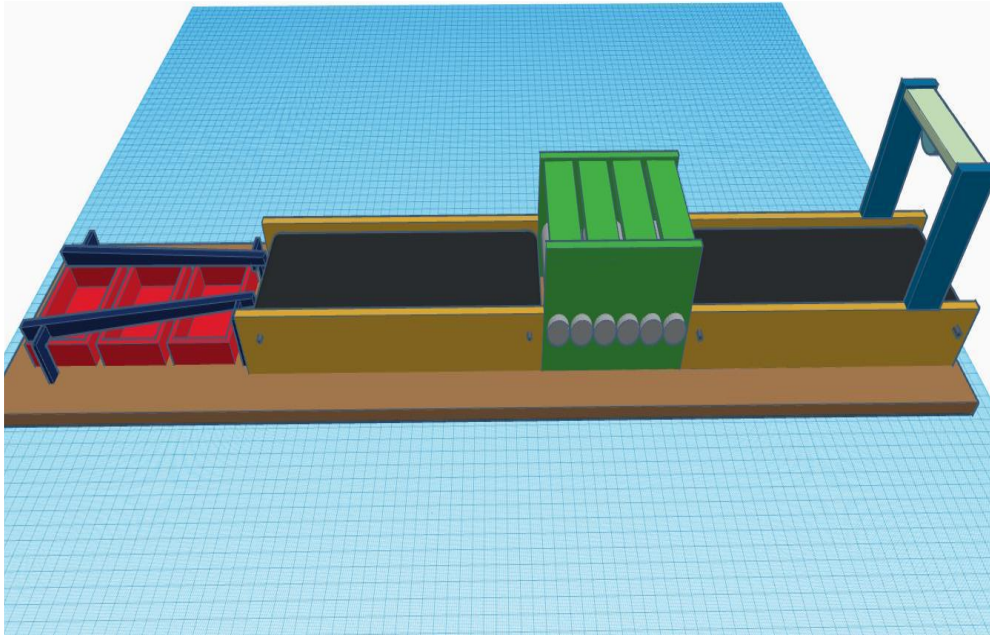
Figura 14 Proyecto 3





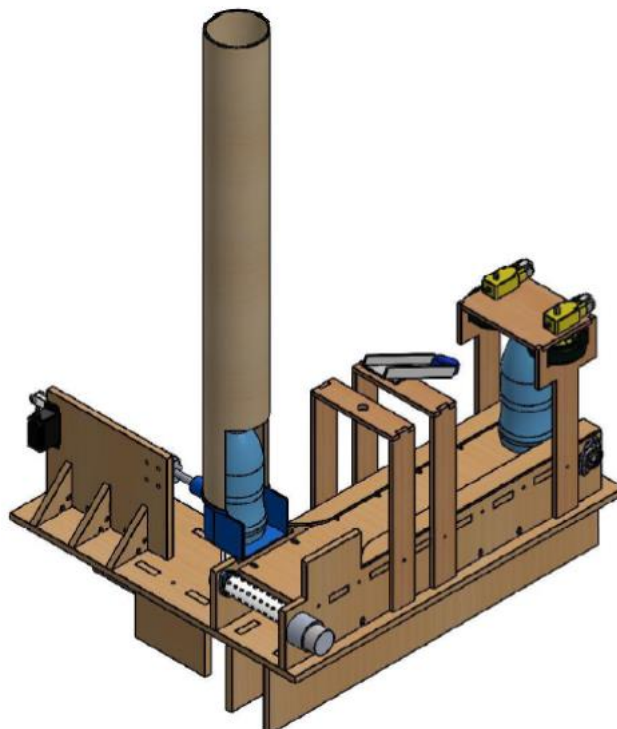
- d) Elaboración de un prototipo seleccionador de frutas mediante sensores y lavado automático.

Figura 15 Proyecto 4



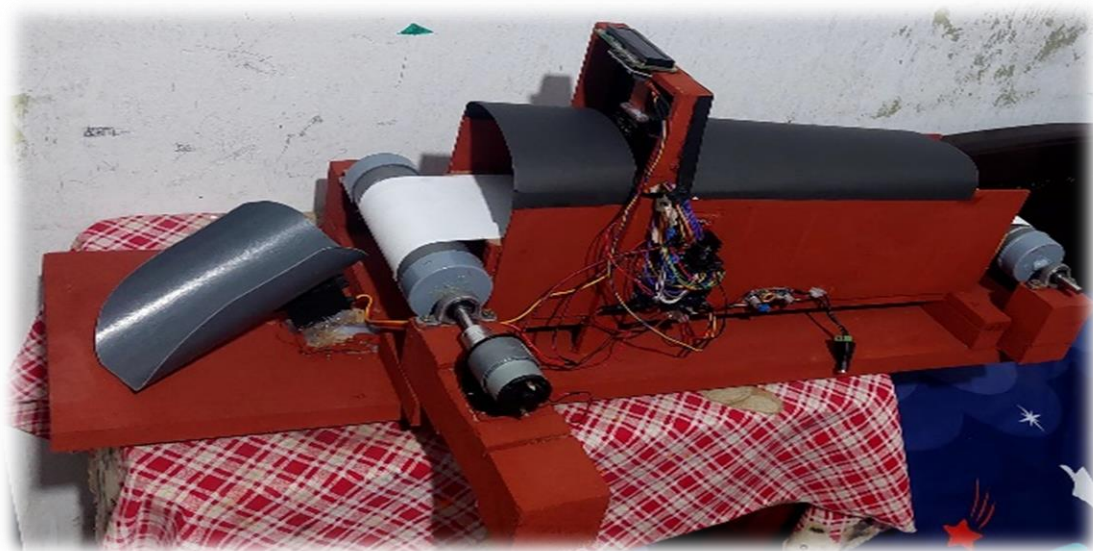
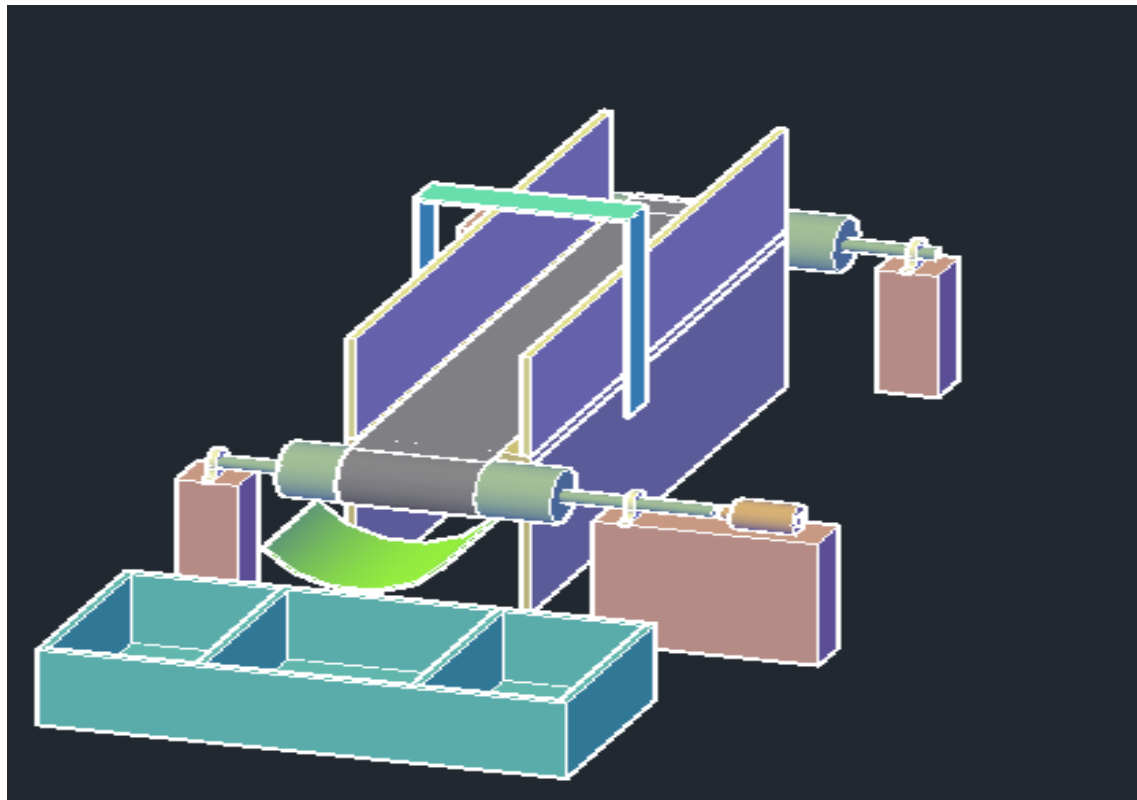
- e) Diseño de una máquina automatizada para mejorar la eficiencia del llenado y tapado de botellas en la producción de néctares

Figura 16 Proyecto 5



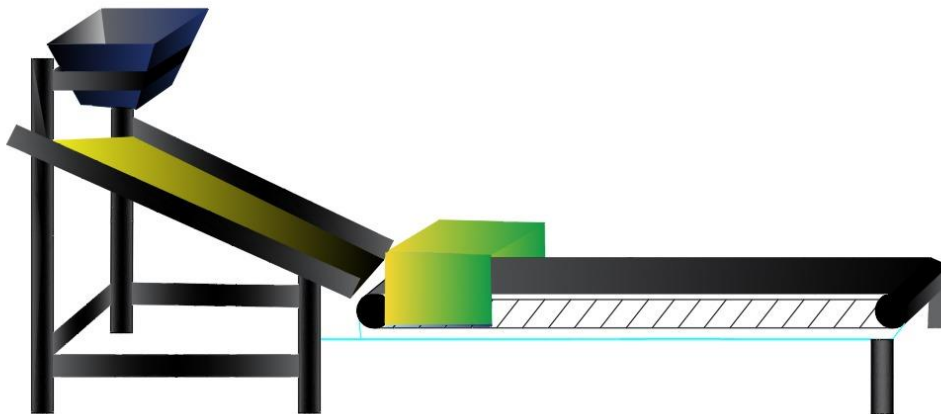
- f) Implementación de un prototipo automatizado para clasificar el índice de madurez de las frutas por color

Figura 17 Proyecto 6



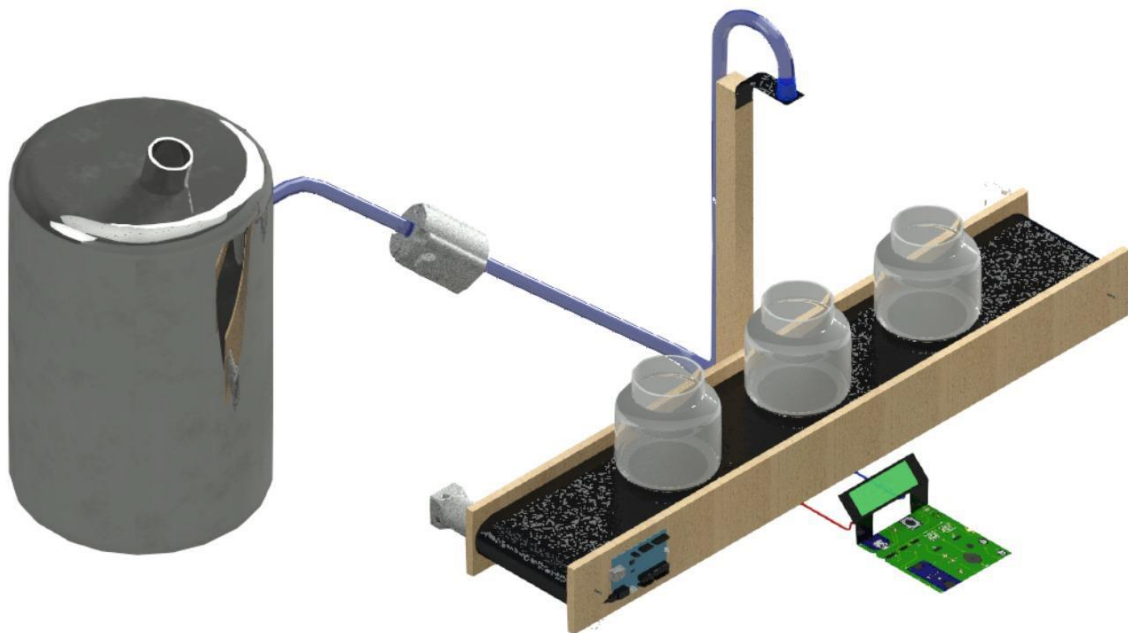
- g) Diseño de una máquina seleccionadora de tomates por tamaño usando sensores de sistemas de visión artificial.

Figura 18 Proyecto 7



- h) Elaboración de un prototipo de faja automatizada para llenado de almíbar en conservas de frutas.

Figura 19 Proyecto 8



- i) Elaboración de un prototipo de faja automatizada para llenado de almíbar en conservas de frutas.

Figura 20 Proyecto 9



- j) Implementación de un prototipo con IoT para la automatización del proceso de fermentación de cerveza artesanal.

Figura 21 Proyecto 10



CAPÍTULO 4

Retos y desafíos

4.1. Retos y desafíos

A pesar de las ventajas, la implementación de sistemas embebidos en la agroindustria enfrenta varios retos:

- **Limitaciones:** La falta de habilidades técnicas en programación embebida puede limitar la adopción de estas tecnologías, especialmente en comunidades rurales.
- **Problemas de integración:** La integración de nuevas tecnologías con sistemas existentes puede ser compleja y costosa, requiriendo una planificación cuidadosa.
- **Costos y mantenimiento:** Aunque los beneficios a largo plazo pueden justificar la inversión inicial, el costo de implementación y el mantenimiento de los sistemas pueden ser un desafío, especialmente para pequeños productores.

4.2. Futuro de la Programación en la Agroindustria

La programación embebida en el campo de la agroindustria cada día es fundamental ya que ayuda a reducir tiempos, gastos y a mejorar los procesos en ese sentido podemos indicar que:

- **IoT:** El internet de las cosas permite un control continuo y en tiempo real por medio de dispositivos.
- **Inteligencia artificial:** El desarrollo de algoritmos, que permiten ir “aprendiendo” permite que los sistemas desarrollados con L.P embebidos sean cada día más eficientes.
- **Capacitación:** Es importante propiciar la capacitación sobre la programación embebida dando solución a casos de la realidad de cualquier sector.



CONCLUSIÓN

La programación embebida está en curva de crecimiento para ir poco a poco transformando las agroindustrias por medio de la automatización de diversos procesos, reduciendo gastos, tiempo.

El sector agricultura a medida que va avanzando la tecnología, adaptarse a estos nuevos cambios será fundamental por ello es importante que desde la academia la industria participemos en dar soluciones a problemas complejos de la agricultura, y así tener un futuro más productivo y sostenible en la agricultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arduino. (07 de 10 de 2024). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/reference/es/>