



UNAP



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA
ENVASADO Y SELLADO DE AGUA DE MESA
AUTOMATIZADO CON ARDUINO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR:
JOSÉ FERNANDO DÍAZ GUERRA
DERWIN JACKSON MOREY TUESTA**

ASESORES:

Ing. LUIS ANTONIO FLORES FLORES, Dr.

Ing. KOSSETH MARIANELLA BARDALES GRANDEZ, Dra.

IQUITOS, PERÚ

2024



UNAP

**Facultad de Ingeniería Química
Unidad de Investigación**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 006 -CGT-FIQ-UNAP-2024

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química, a los 5 días del mes de Abril de 2024 a horas 17:00, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **"CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA ENVASADO Y SELLADO DE AGUA DE MESA AUTOMATIZADO CON ARDUINO"**, aprobado con Resolución Decanal N° 071-2024-FIQ-UNAP, presentado por los Bachilleres: **José Fernando Díaz Guerra y Derwin Jackson Morey Tuesta**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico**, que otorga la Universidad de acuerdo Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R. D. N° 027-2024-FIQ-UNAP está integrado por:

- | | |
|--|------------|
| Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr. | Presidente |
| Ing. RAFAEL TRIGOSO VÁSQUEZ, Dr. | Miembro |
| Ing. FERNANDO JAVIER SALAS BARRERA, MSc. | Miembro |

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: Satisfactoriamente.

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: aprobada con la calificación buena, estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Siendo las 18:10 se dio por terminado el acto de sustentación.

Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.
Presidente de Jurado



Ing. RAFAEL TRIGOSO VÁSQUEZ, Dr.
Miembro



Ing. FERNANDO JAVIER SALAS BARRERA, MSc.
Miembro

Ing. LUIS ANTONIO FLORES FLORES, Dr.
Asesor

Ing. KOSSETH MARIANELLA BARDALES GRANDEZ, Dra.
Asesor



JURADO Y ASESOR



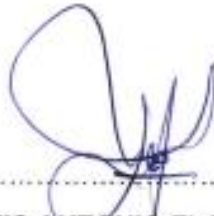
.....
Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.
Presidente de Jurado



.....
Ing. RAFAEL TRIGOSO VÁSQUEZ, Dr.
Miembro



.....
Ing. FERNANDO JAVIER SALAS BARRERA, MSc.
Miembro



.....
Ing. LUIS ANTONIO FLORES FLORES, Dr.
Asesor



.....
Ing. KOSSETH MARIANELLA BARDALES GRANDEZ, Dra.
Asesor

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

FIQ_TESIS_DIAZ GUERRA_MOREY TUES
TA.pdf

AUTOR

DIAZ GUERRA / MOREY TUESTA

RECuento DE PALABRAS

10045 Words

RECuento DE CARACTERES

55214 Characters

RECuento DE PÁGINAS

55 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.1MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 12, 2024 12:03 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 12, 2024 12:04 PM GMT-5

● 5% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado **a mi querida madre, a mis familiares, a mis amistades**, verdaderos pilares en los momentos de desafío. A mis compañeros de estudio y a **mis catedráticos**, personas muy importantes que me brindaron su tiempo y asistencia en este camino profesional.

José Fernando Díaz Guerra

Con amor y gratitud, dedico este logro a los dos seres que han llenado mi vida de alegría y propósito, **mis adorados hijos: Daniela y Rafael**. Ustedes son la chispa que ilumina mi camino y la inspiración que impulsa mis logros, alegría, luz, energía y valentía para enfrentar desafíos con determinación.

Derwin Jackson Morey Tuesta

AGRADECIMIENTO

Con profundo agradecimiento, elevo mis palabras **al Todopoderoso**, cuya inmensa bondad y guía han sido mi mayor fuente de fortaleza, a **mi amada madre**, cuyo amor incondicional y apoyo constante, a **mi querida familia** y a **todas las personas** que me aprecian.

José Fernando Díaz Guerra

Elevo mi corazón lleno de gratitud hacia nuestro **Dios Todopoderoso**, la fuente de toda bendición en mi vida, a **mi amada madre**, un apoyo de fortaleza y cariño, a **mi extensa familia**, cuyas raíces forman la base de mi existencia, les agradezco por su apoyo incondicional.

Derwin Jackson Morey Tuesta

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: Marco Teórico	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases Teóricas	5
1.3 Definición de términos básicos	21
CAPITULO II: VARIABLES E HIPOTESIS	24
2.1 Variables y definiciones operacionales	24
2.2 Formulación de hipótesis	25
CAPITULO III: METODOLOGÍA	26
3.1 Tipo y diseño de la investigación	26
3.2 Población y muestra del estudio	26
3.3 Procedimiento de recolección de datos	27
3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	33
3.5 Aspectos éticos	37
CAPITULO IV: RESULTADOS	38
CAPITULO V: DISCUSIÓN	49
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	51
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	53
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	54
ANEXO	
1 Matriz de consistencia	
2 Diagrama de prototipo de envasado y sellado	
3 Prueba del simulador Proteus 8 Profesional	
4 Interfaz de comunicación con arduino	
5 Interfaz del usuario	
6 Representación gráfica del ensamblado	
7 Código de programación	
8 Registro Fotográfico	
9 Código de programación	
10 Registro fotográfico	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla N° 01	Resultado de diez llenados de botellón.	42
Tabla N° 02	Resultado del volumen práctico.	43
Tabla N° 03	Resultado del caudal práctico.	43
Tabla N° 04	Resultado de la media del caudal.	44
Tabla N° 05	Resultado de la media del volumen.	44
Tabla N° 06	Resultado del tiempo requerido para el llenado.	44
Tabla N° 07	Resultado del porcentaje de Precisión del llenado.	45
Tabla N° 08	Resultado del porcentaje de error medio.	45
Tabla N° 09	Resultado del rendimiento por cada operación.	46
Tabla N° 10	Resultado de la media del rendimiento.	46
Tabla N° 11	Resultado de la calidad del envasado	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1	Sistema de automatización con arduino uno. 5
Figura N°2	Plataforma del arduino IDE. 7
Figura N°3	Representación de la placa arduino uno. 7
Figura N°4	Microcontrolador para arduino uno. 8
Figura N°5	Pines de arduino uno. 9
Figura N°6	Módulos incorporables al arduino uno. 10
Figura N°7	Lenguaje de programación C++. 11
Figura N°8	Sensor de nivel de agua para arduino. 12
Figura N°9	Sensor de flujo para arduino. 12
Figura N°10	Sensor de temperatura para arduino. 13
Figura N°11	Sensor de presión para arduino. 13
Figura N°12	Sensor de humedad para arduino. 14
Figura N°13	Sensor de nivel de líquido para arduino. 14
Figura N°14	Sensor de nivel de líquido para arduino. 15
Figura N°15	Esquema del diseño de investigación. 26
Figura N°16	Plataforma Proteus 8 profesional. 27
Figura N°17	Librería de arduino en Proteus. 28
Figura N°18	Estructura metálica del prototipo. 29
Figura N°19	Diseño del sistema eléctrico del prototipo. 29
Figura N°20	Código de programación del prototipo. 30
Figura N°21	Prueba de simulación. 31
Figura N°22	Diseño del interfaz del usuario. 31
Figura N°23	Ensamblaje del prototipo. 32
Figura N°24	Plataforma de descarga de arduino. 33
Figura N°25	Características del computador. 34
Figura N°26	Descarga según sistema operativo. 34
Figura N°27	Diseño de la plataforma arduino IDE. 34
Figura N°28	Descarga del programa Proteus 8 Profesional 35
Figura N°29	Programa desarrollador Visual Studio Community 2022 36
Figura N°30	Funcionamiento de electrobomba y solenoide 1 38
Figura N°31	Funcionamiento de electrobomba y solenoide 2 38
Figura N°32	Funcionamiento de electrobomba, solenoide 2 y selladora 39
Figura N°33	Funcionamiento de la selladora 39
Figura N°34	Reconocimiento del arduino 40
Figura N°35	Elección de puerto de entrada. 40
Figura N°36	Validación y exporte 41
Figura N°37	Diseño del prototipo automatizado. 41
Figura N°38	Interfaz con todos sus componentes encendidos. 47
Figura N°39	Interfaz con todos sus componentes apagados. 48

RESUMEN

La automatización con Arduino, se refiere a la capacidad de utilizar la plataforma Arduino IDE para controlar y realizar tareas automáticamente, en donde interactúan sensores, actuadores y otros dispositivos, permitiendo la creación de soluciones automáticas para diversas aplicaciones, desde proyectos simples hasta sistemas más complejos. Para esta investigación se tuvo como propósito el construir e instalar un prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa eficiente automatizado con arduino, todo esto se logró con el programa de simulación del Proteus 8 Profesional, Arduino IDE, cálculos matemáticos. Obteniendo como resultado un diseño eléctrico que se simula cuando es alimentado con el lenguaje de programación del C++, un rendimiento del 98.27 %, una precisión de un 1.73%, con una calidad del prototipo, hasta un 60 % y la creación de una interfaz en Visual Studio Community 2022. Llegando a concluir que el uso del sistema arduino es útil para poder ser trabajado con la industria manufacturera.

Palabras claves: Interfaz, planta de agua, programación y simulación.

ABSTRACT

Automation with Arduino refers to the ability to use the Arduino IDE platform to control and perform tasks automatically, involving the interaction of sensors, actuators, and other devices. This allows the creation of automated solutions for various applications, ranging from simple projects to more complex systems. The purpose of this research was to build and install an efficient automated prototype for bottling and sealing table water using Arduino. This was achieved using the Proteus 8 Professional simulation program, Arduino IDE, and mathematical calculations. The result is an electrical design simulated when powered with the C++ programming language, achieving a performance of 98.27%, a precision of 1.73%, a prototype quality of up to 60%, and the creation of an interface in Visual Studio Community 2022. The conclusion drawn is that the use of the Arduino system is usefull and suitable for integration into manufacturing industries.

Keywords: Interface, programming, and simulation, water plant.

INTRODUCCIÓN

La investigación está representada en conocer la automatización que se refiere al proceso de realizar tareas o procesos de manera automática, sin intervención humana directa. En el contexto tecnológico y empresarial, la automatización implica el uso de sistemas, software y tecnologías para realizar actividades o procesos sin la necesidad de una intervención manual constante.

La automatización de procesos industriales es un campo de la ingeniería y la tecnología que se centra en el uso de sistemas automáticos y tecnologías de control para operar y controlar maquinaria y procesos en entornos industriales. La finalidad principal es mejorar la eficiencia, la productividad, la calidad y la seguridad de los procesos de fabricación, mediante los sistemas de control, sensores y actuadores, robótica industrial, sistema ESCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), integración de sistema, optimización y eficiencia energética.

Ahora bien, para nuestra investigación es necesario señalar que el proceso se centrará como mejorar la productividad en el envasado del agua de mesa, que resulta ser un problema para los pequeños empresarios que desean incursionar en este negocio de la venta de un producto de vital importancia para la población loreana como es la venta de agua tratada en botellones de 20, 10, 5, 2, 1, 0.65 litros, para el consumo directo de la población.

La crítica escasez de agua potable a nivel mundial y la creciente demanda de este recurso vital han llevado a la búsqueda constante de métodos innovadores que permitan su aprovechamiento eficiente. En este contexto, la Amazonia peruana se destaca por poseer fuentes de agua dulce de alta calidad, representando aproximadamente el 1.89% de la disponibilidad global, según la Autoridad Nacional del Agua. Este recurso se ha convertido en una base fundamental para pequeños emprendimientos que, mediante procesos de tratamiento, transforman el agua en un producto comercializado como agua de mesa, distribuido en botellones de 20 litros (Fiestas, 2020).

Sin embargo, los productores de agua de mesa en la región enfrentan desafíos significativos en sus procesos de envasado y sellado. La problemática principal radica en el desperdicio de agua tratada durante el llenado manual de los botellones, un

proceso que, realizado por gravedad, consume un tiempo considerable, aproximadamente dos minutos. Este aspecto se convierte en un factor limitante, especialmente para microempresas, impactando directamente en la rentabilidad de la producción (Solís, Román & Baltazar, 2021).

A nivel mundial, la problemática de las mermas en la etapa de llenado persiste en envasadoras manuales, generando preocupación en los propietarios de empresas del sector. Aunque la automatización de procesos ha sido explorada como solución, las opciones existentes en el mercado suelen ser costosas. En este contexto, el uso de sistemas de software y hardware libre, como Arduino con lenguaje de programación C++, emerge como una alternativa accesible y adaptable a las necesidades específicas de los productores (Mora, 2018).

La automatización industrial, que tuvo su origen en la industria textil, se ha expandido a diversas áreas, incluyendo la producción de agua de mesa. En este contexto, la Facultad de Ingeniería Química de ciertas universidades ha liderado proyectos de automatización utilizando controladores lógicos programables, aunque con un costo significativo. Ante esta realidad, surge la propuesta de construir e instalar un prototipo de envasado y sellado de agua de mesa automatizado con Arduino, con el objetivo de evaluar y mejorar los procesos existentes en microempresas del sector (Asunción y Eduardo, 2018).

Este estudio busca abordar la necesidad de optimizar los procesos de envasado y sellado de agua de mesa, teniendo en cuenta las restricciones económicas de las microempresas. A través de la implementación de un prototipo accesible y adaptable, se pretende explorar soluciones que beneficien la eficiencia operativa, reduzcan el desperdicio de agua y contribuyan a la sostenibilidad económica y ambiental de esta importante industria en la Amazonia peruana.

El presente estudio es importante porque contribuirá a la implementación del Laboratorio de Operaciones y Procesos Químicos en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Amazonas (UNAP) en Perú, lo que mejorará las condiciones de aprendizaje del futuro profesional. Practicar en cursos de automatización de procesos químicos; de esta manera, se genera nuevo conocimiento entre el profesorado, el estudiantado y los graduados de la mencionada Facultad

CAPÍTULO I: MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes

- San Miguel (2023), realizó una investigación de tipo cuantitativa, nivel aplicativo, diseño experimental, donde se incluyó un sistema de automatización con arduino, para desarrollar un prototipo automatizado de desinfección y monitoreo de agua de un estanque de 15 m³. Se eligió la cloración con hipoclorito de calcio como método de desinfección. Los parámetros monitoreados durante la cloración fueron el pH, turbidez y cloro residual libre, con rangos permisibles establecidos. Se diseñó un prototipo con Arduino Mega 2560 y sensores calibrados. Tras pruebas exitosas, el prototipo eliminó el 97% de las bacterias coliformes totales en el agua cruda. ([San Miguel, 2023](#)).
- Por otro lado, Gisella (2022) en su investigación de tipo cuantitativo, nivel aplicativo y diseño experimental incluyó un sistema de automatización de proceso donde se destaca la importancia de la automatización en los procesos de producción en la industria alimentaria. La precisión y eficiencia en el tiempo son variables cruciales que influyen en los costos, productividad, competitividad y satisfacción del cliente. Este artículo tiene como objetivo presentar el diseño de un prototipo de sistema automatizado para embotellar y sellar botellas de 250 mm³, junto con la definición de criterios de selección basados en el presupuesto establecido ([Gisella et al, 2022](#)).
- Por consiguiente, Gonzales y Santiago (2021), ejecutó una investigación de tipo numérico, nivel aplicativo y diseño experimental, donde se incluye como población a todos los dispositivos de coeficiente de fracción estatista, con el propósito de mejorar el grado de reproducibilidad, obteniendo un registro de datos de posición y Angulo de inclinación a través de un microcontrolador arduino, llegando a concluir que el sistema tiene un margen máximo de no sobrepasar un error del 3% ([González y Santiago, 2021](#)).
- Por ende, Torres (2018), desarrolló un estudio de tipo cuantitativo, nivel de profundización aplicativo y diseño experimental, donde incluyó como

población de estudio a las máquinas empaquetadoras con el propósito de diseñar e implementar un sistema automático de embolsado de paquete de cereales, utilizando la plataforma de hardware libre arduino. Se concluye que los procesos eléctricos y mecánicos nos ayudan a comprender la dinámica de la industria con los diversos procesos que involucra la automatización con sus diversos componentes utilizados (Torrez, 2018).

- Asimismo, Calle y Gaibor (2017), presentaron una investigación de tipo cuantitativo con un nivel aplicativo y diseño experimental, donde incluye un sistema de automatización, para describir el proceso de automatización de un sistema de riego para el sector agropecuario. El prototipo fue desarrollado para las plantaciones de ASOFRUT en Ambato, con una extensión de 3200 m². El sistema de riego automático se basó en el método de riego por goteo, que es local y directo a la planta, reduciendo así el desperdicio de agua. Además, se implementó un control remoto inalámbrico mediante tecnología GSM, utilizando la plataforma Arduino y el microcontrolador Arduino Uno. Este control permitía enviar mensajes de texto desde un teléfono móvil, aprovechando la protección GPRS/GSM SIM 900 mencionada en el artículo (Calle Zambrano & Gaibor Vistin, 2017).
- En esa línea, Vela el 2017, en su investigación de tipo cuantitativo, nivel aplicativo y diseño experimental, donde se incluye como población al módulo de producción de forraje verde, con el propósito de automatizar para evaluar la producción hidropónica, cuyo resultado está basado en el desarrollo de un sistema de automatización para controlar la humedad, aspersión de agua y control de nutrientes. Concluyendo que al aplicar un sistema de automatización con arduino mejora significativamente la producción (Vela, 2017).
- Por otra parte, Barcia et al, en el 2017, en su estudio de tipo cuantitativo, nivel aplicativo y diseño experimental, donde incluye como población de estudio a una unidad de destilación de Etanol, teniendo como propósito construir un equipo automatizado con la tecnología arduino. Los resultados para que se vean más favorables se tuvo que armar toda una arquitectura para la columna de destilación para que en ella no se altere el rendimiento. Se concluye que el uso

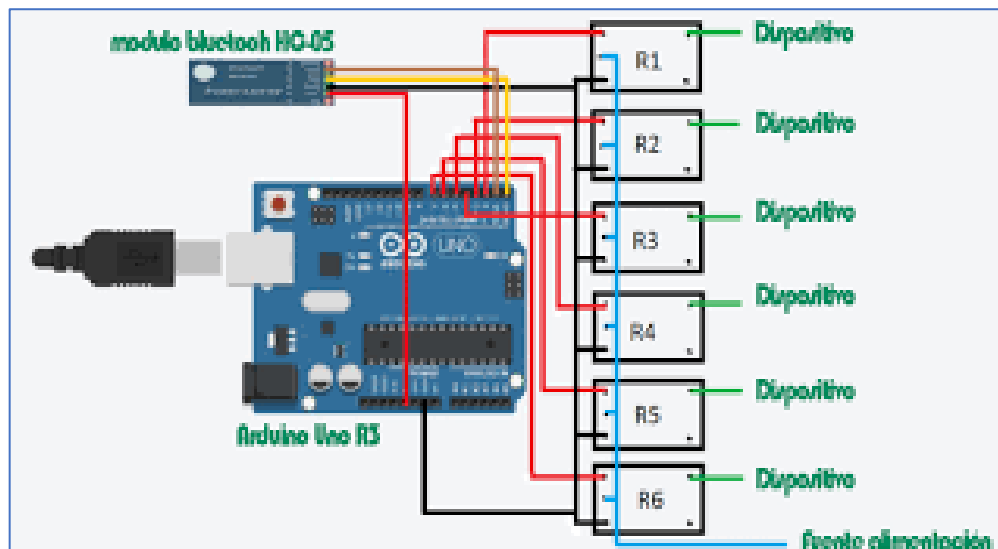
del arduino es factible para los procesos industriales y que no decir para la automatización tecnológica porque su microcontrolador es capaz de recibir y enviar los impulsos eléctricos a los diversos módulos instalados (Barcia et al., 2017).

1.2.Bases teóricas

1.2.1. Automatización con arduino

La automatización con Arduino se refiere a la utilización de la plataforma Arduino para controlar y monitorear de manera automatizada diferentes dispositivos y sistemas. Arduino es una plataforma de hardware de código abierto y fácilmente programable que consta de una placa de desarrollo y un entorno de programación.

Figura N° 1: Sistema de automatización con arduino uno.



Fuente: <https://electrotec.pe/blog/CasaArduino>

Arduino ofrece una amplia gama de placas y módulos que se pueden utilizar para interactuar con el entorno físico, como sensores, actuadores y componentes electrónicos. Estos componentes se conectan a la placa de desarrollo de Arduino, que se programa utilizando el lenguaje de programación basado en C/C++. La principal ventaja de utilizar Arduino para la

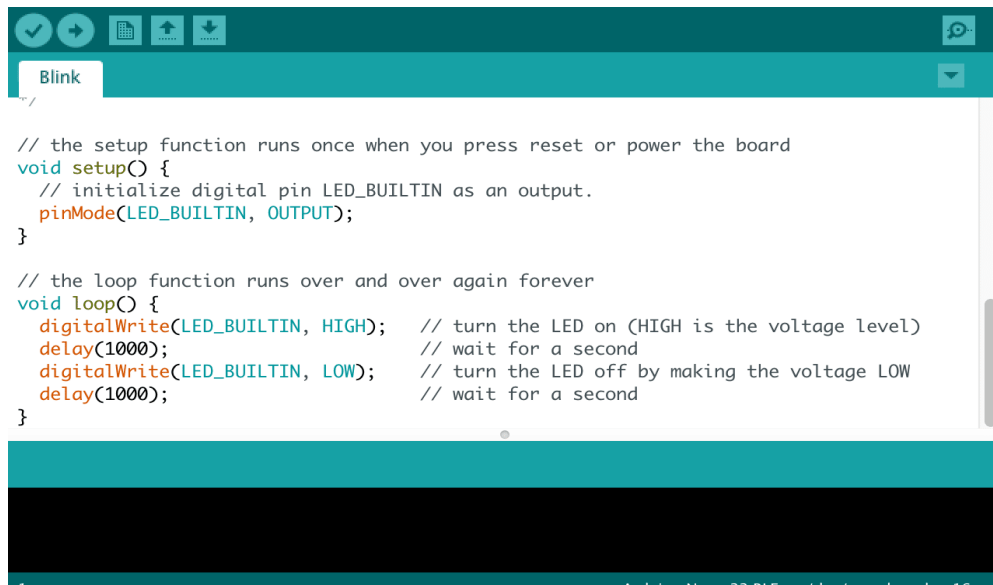
automatización es su accesibilidad y flexibilidad. Arduino es económico, fácil de usar y cuenta con una gran comunidad de usuarios que comparten proyectos y recursos. Además, dispone de una amplia variedad de bibliotecas y ejemplos de código que facilitan el desarrollo de proyectos de automatización ([Osuna y Calderone, 2018](#)).

Algunos ejemplos comunes de automatización con Arduino incluyen: Control de sistemas domóticos:

- Arduino se puede utilizar para controlar luces, persianas, sistemas de calefacción, sistemas de seguridad y otros dispositivos en el hogar.
- Monitoreo ambiental: Arduino se puede utilizar para medir y registrar parámetros ambientales como temperatura, humedad, calidad del aire, nivel de ruido, entre otros.
- Automatización industrial: Arduino se puede emplear en procesos industriales para el control y monitoreo de maquinarias, sistemas de producción y control de calidad.
- Control de robots: Arduino se utiliza ampliamente en proyectos de robótica para controlar los movimientos y acciones de robots y manipuladores.

La programación de Arduino se realiza mediante un entorno de desarrollo integrado (IDE) que proporciona una interfaz amigable para escribir, compilar y cargar el código en la placa Arduino. Esto permite programar la lógica y el comportamiento deseado de los dispositivos y sistemas que se están automatizando ([Calderón et al. 2018](#)).

Figura N° 2: Plataforma del arduino IDE.



```
// Blink
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

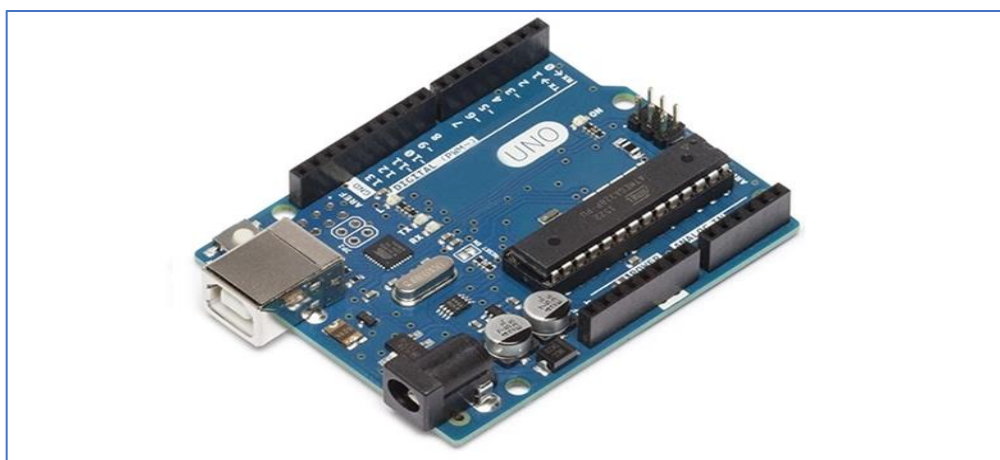
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
```

Fuente: <https://blog.desdelinux.net/arduino-ide-2-0-beta/>

1.2.2. Plataforma arduino

Arduino es una plataforma de hardware y software que consta de una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo integrado (IDE). La placa se puede programar para interactuar con diversos sensores, actuadores y dispositivos electrónicos, permitiendo crear proyectos interactivos y autónomos (Figura N° 1).

Figura N° 3: Representación de la placa arduino uno

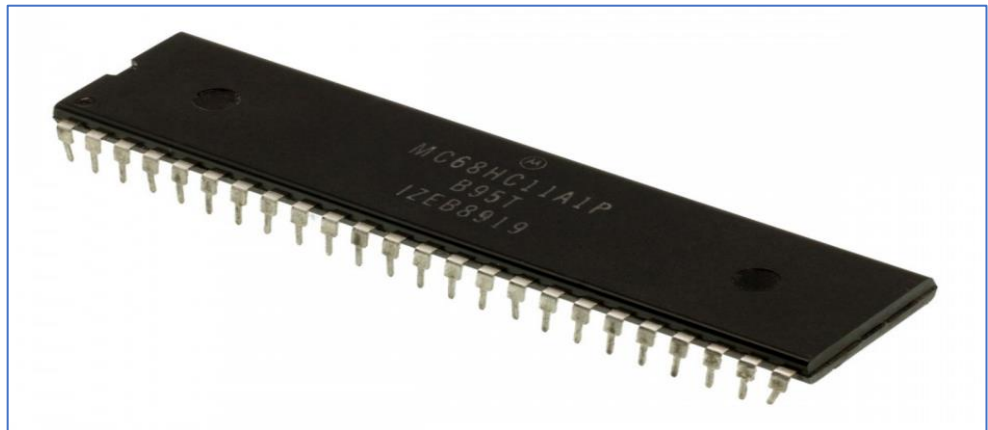


Fuente: <https://www.makercreativo.com/store/producto/arduino-uno-r3/>

Descripción

Arduino es una plataforma de hardware y software que consta de una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo integrado (IDE). La placa se puede programar para interactuar con diversos sensores, actuadores y dispositivos electrónicos, permitiendo crear proyectos interactivos y autónomos.

Figura N° 4: Microcontrolador para arduino uno.



Fuente: https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=769.

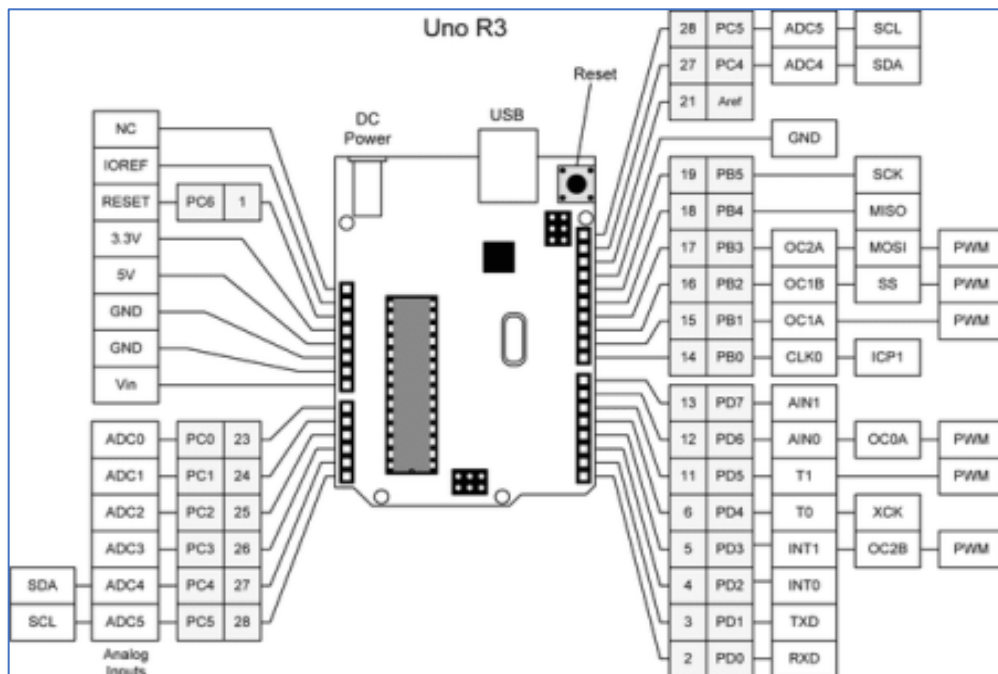
Características

- **Fácil de usar:** Arduino se diseñó para ser accesible incluso para principiantes en electrónica y programación.
- **Plataforma de código abierto:** Tanto el hardware como el software de Arduino están disponibles para que cualquier persona pueda modificarlo y compartirlo libremente.
- **Comunidad activa:** Existe una amplia comunidad de usuarios, lo que facilita el acceso a recursos, proyectos y soporte técnico.
- **Versatilidad:** Arduino puede utilizarse para una amplia gama de proyectos, desde simples experimentos hasta sistemas más complejos y sofisticados.
- **Bajo costo:** Las placas Arduino son relativamente económicas, lo que las hace asequibles para proyectos educativos y de hobby (Argomedo y Nureña, 2019).

Componentes

Los componentes clave de una placa Arduino típica son: Microcontrolador: El cerebro del Arduino, es responsable de ejecutar el código y controlar los dispositivos conectados. Pines digitales: Utilizados para enviar y recibir señales digitales (0 y 1). Pines analógicos: Permiten leer señales analógicas y convertirlas a valores digitales. Puerto USB: Para la programación y comunicación con el IDE. Regulador de voltaje: Para alimentar el Arduino con una fuente de energía externa (Argomedo y Nureña, 2019).

Figura N° 5: Pines de arduino uno.



Fuente: <https://siticed.com.mx/2020/03/20/arduino-uno-r3/>

Módulos

Además de los componentes esenciales, es posible conectar módulos y shields a las placas Arduino para agregar funcionalidades específicas. Estos módulos pueden ser sensores (por ejemplo, sensor de temperatura, sensor de movimiento) o actuadores (por ejemplo, motor, pantalla LCD), ampliando las capacidades del prototipo (Argomedo y Nureña, 2019).

Figura N° 6: Módulos incorporables al arduino uno.



Fuente: <https://www.xataka.com/seleccion>

Lenguaje de programación

Arduino utiliza un lenguaje de programación basado en C/C++ para escribir el código que controlará el microcontrolador. Este lenguaje ha sido simplificado para facilitar su uso y comprensión para principiantes. El IDE de Arduino proporciona un entorno amigable donde los usuarios pueden escribir, compilar y cargar el código en la placa Arduino (Argomedo y Nureña, 2019).

Figura N° 7: Lenguaje de programación C++

```
/*Programa que solicita al usuario dos números enteros y muestra
por pantalla cual es el mayor de ellos*/
#include <stdio.h>
int main (void){
    int NumeroA, NumeroB;

    printf("Introduzca un numero: ");
    scanf("%d", &NumeroA);
    printf("Introduzca otro numero: ");
    scanf("%d", &NumeroB);

    if(NumeroA>NumeroB){
        printf("\nEl numero A es mayor: %d", NumeroA);
    }else{
        printf("\nEl numero B es mayor: %d", NumeroB);
    }
    return 0;
}
```

Fuente: <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/dptoinformatica/programacion-en-lenguaje-c/>

1.2.3. Sensores y activadores

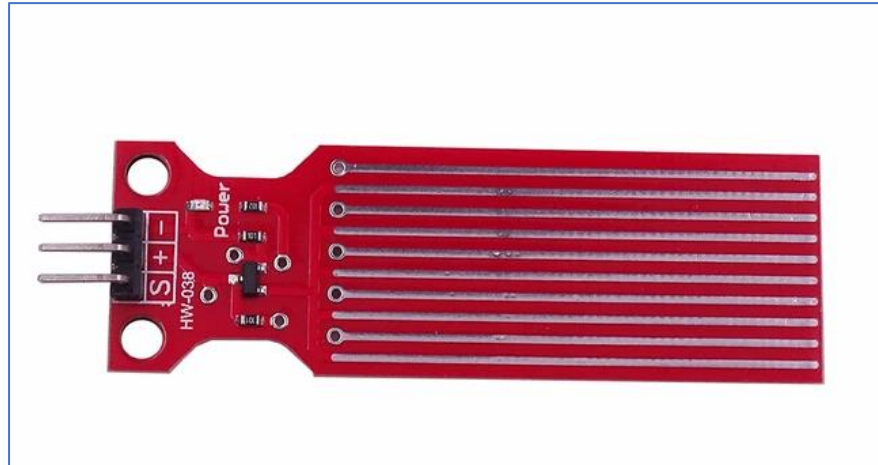
En el contexto del prototipo de envasado y su implementación con Arduino, los componentes y circuitos se refieren a los elementos electrónicos utilizados para construir y controlar el sistema. Se muestra una mayor definición de estos términos:

Componentes: Los componentes son dispositivos electrónicos individuales que realizan una función específica en el sistema (Mora, 2018). Algunos ejemplos comunes de componentes utilizados en el prototipo de envasado pueden incluir:

- Arduino: Es la placa de desarrollo central que se ajusta como el cerebro del sistema, controlando y coordinando todas las funciones y operaciones (Benites, 2019).
- Sensores: Son dispositivos que captan y definen diferentes magnitudes físicas o variables del entorno en señales eléctricas. En el caso del prototipo de envasado, se pueden utilizar varios sensores para monitorear y controlar diferentes aspectos (Benites, 2019), como:

- **Sensor de nivel de agua:** Mide y detecta el nivel de agua en el depósito o recipiente de almacenamiento (Parada 2021).

Figura N° 8: Sensor de nivel de agua para arduino.



Fuente: <https://es.aliexpress.com/i/32955111017.html>

- **Sensor de flujo:** Mide la cantidad de agua que fluye a través del sistema de envasado, permitirá controlar y regular el flujo durante el llenado de los envases (Parada 2021).

Figura N° 9: Sensor de flujo para arduino.



Fuente: <https://electronicamade.com/caudalimetro-con-arduino/>

- **Sensor de temperatura:** Permite monitorear la temperatura del agua o de los componentes del sistema de envasado para garantizar que se cumplan los estándares de calidad y seguridad (Parada 2021).

Figura N° 10: Sensor de temperatura para arduino.



Fuente: <https://leantec.es/tienda/modulo-sensor-de-temperatura-ky-001/>

- **Sensor de presión:** Se utiliza para medir la presión en el sistema, por ejemplo, para controlar la presión durante el proceso de llenado de los envases y garantizar un llenado adecuado y consistente (Parada 2021).

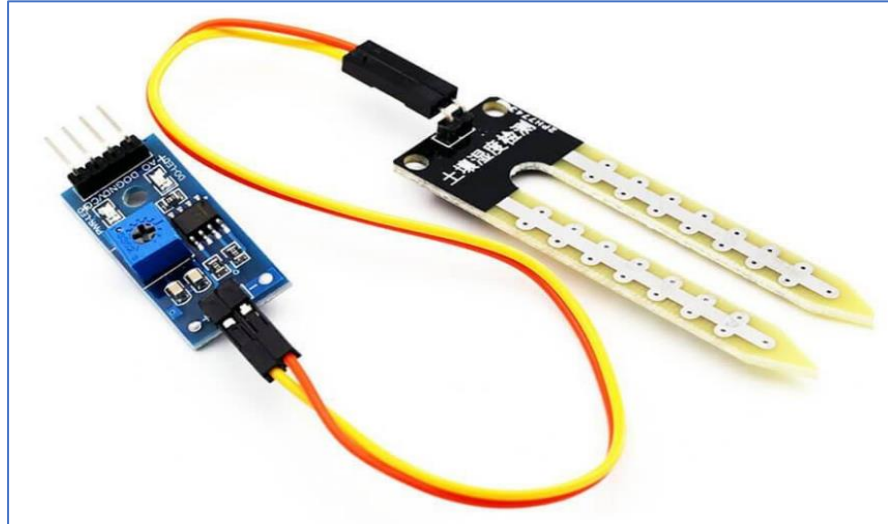
Figura N° 11: Sensor de presión para arduino.



Fuente: <https://ssdielect.com/sensores-para-presion/1062-sensor-bmp180.html>

- **Sensor de humedad:** Permite detectar la humedad relativa en el entorno, lo cual puede ser relevante para garantizar condiciones óptimas de almacenamiento y envasado del agua (Parada 2021).

Figura N° 12: Sensor de humedad para arduino.



Fuente: <https://forum.arduino.cc/t/dudas-sobre-sensor-humedad-de-suelo-arduino>

- **Sensor de nivel de líquido:** Este sensor se utiliza para medir y controlar el nivel de líquido en los envases durante el proceso de llenado. Puede ser un sensor capacitivo, ultrasónico o de otro tipo, que detecta el nivel de líquido y envía una señal eléctrica correspondiente al controlador Arduino (Ortiz, 2018).

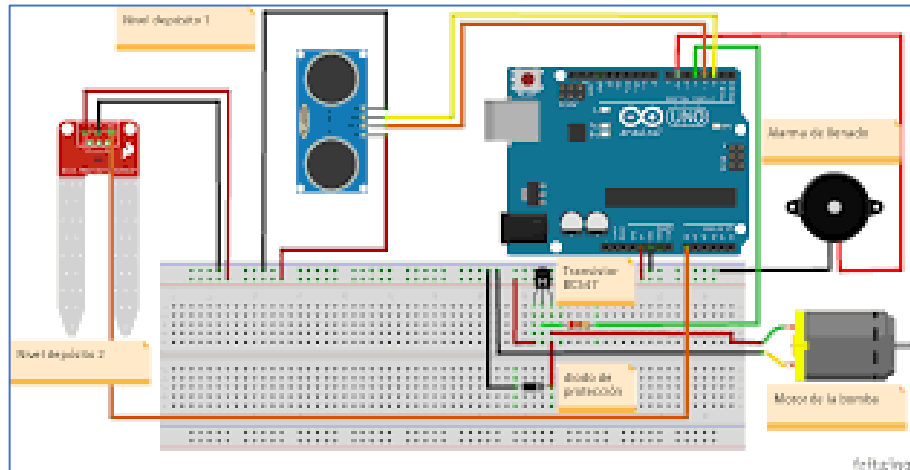
Figura N° 13: Sensor de nivel de líquido para arduino.



Fuente: <https://tallerarduino.com/2012/10/26/sensor-de-nivel-de-liquido>

- **Circuitos:** Los circuitos son la interconexión de diferentes componentes electrónicos que permiten el flujo de electricidad y el funcionamiento del sistema. En el prototipo de envasado, se pueden utilizar varios tipos de circuitos (Mora, 2018).

Figura N° 14: Sensor de nivel de líquido para arduino.



Fuente: <https://aulaglaia.es/bombear-agua-con-arduino/>

1.2.4. Estrategia de control

Para el control con Arduino, se pueden emplear diferentes estrategias dependiendo del tipo de sistema o proyecto que se esté desarrollando. Aquí tienes algunas estrategias comunes para el control con Arduino:

- **Control ON/OFF (Todo/Nada):** Esta es una estrategia simple en la que se enciende o apaga un actuador o dispositivo según se alcance un umbral de referencia. Por ejemplo, para controlar un sistema de calefacción, se puede activar la calefacción cuando la temperatura ambiente cae por debajo de cierto valor y se desactiva cuando se alcanza otro valor superior.
- **Control Proporcional (P):** En esta estrategia, la salida del sistema se ajusta proporcionalmente al error entre el valor medido y el valor de referencia. Es muy común en sistemas de control de temperatura y velocidad. Por ejemplo, para controlar la velocidad de un motor, se

puede ajustar la potencia proporcionalmente al error entre la velocidad deseada y la velocidad real.

- Control Integral (I): Esta estrategia se utiliza para eliminar el error acumulado a lo largo del tiempo y lograr que el sistema alcance el valor de referencia de manera más precisa. El control integral permite eliminar errores persistentes que no se resuelven solo con el control proporcional.
- Control Derivativo (D): Esta estrategia se utiliza para anticipar cambios en el error y mejorar la respuesta del sistema. El control derivativo ayuda a evitar oscilaciones excesivas y estabiliza la salida del sistema.
- Control PID (Proporcional - Integral - Derivativo): Es una combinación de las tres estrategias anteriores. El control PID es uno de los métodos de control más utilizados debido a su eficiencia para estabilizar y mejorar la precisión de los sistemas.
- Control por Realimentación: En esta estrategia, el sistema mide el resultado de su acción y lo utiliza para ajustar y corregir la siguiente acción. Es una forma de control automático donde el sistema se adapta continuamente según las condiciones cambiantes.
- Control por Lógica Difusa: Esta estrategia permite manejar sistemas con múltiples variables y reglas difusas. Es útil cuando no se pueden establecer reglas de control precisas y existe un grado de incertidumbre.
- Control por Eventos o Temporizadores: Se utilizan eventos programados o temporizadores para activar o desactivar dispositivos en momentos específicos o después de un cierto período de tiempo ([Ortiz Chimbolema, 2018](#)).

1.2.5. Envasado y sellado

La descripción del prototipo de envasado se refiere a proporcionar detalles específicos sobre el diseño y las características del sistema que se construirá para envasar agua de mesa. Aquí tienes una descripción más detallada:

- **Sistema de llenado:** El prototipo contará con un sistema de cantidad de llenado automatizado que permitirá dosificar la adecuada de agua en cada envase. Esto puede lograrse mediante una bomba de agua controlada por Arduino, que asegure un llenado preciso y constante ([Mora, 2018](#)).
- **Sistema de sellado:** El prototipo incorporará un sistema de sellado para asegurar la hermeticidad de los envases. Puede emplearse un mecanismo de sellado con calor o presión, dependiendo del tipo de envase utilizado ([Parada, 2021](#)).
- **Control de flujo:** Para garantizar un flujo continuo y controlar el agua durante el llenado, se puede emplear un sensor de flujo que permita medir la cantidad de agua que pasa a través del sistema. Este sensor se conectará a Arduino para monitorear y regular el flujo de agua ([Mora, 2018](#)).
- **Control de nivel de agua:** Un sensor de nivel de agua será implementado para detectar y controlar el nivel de agua en el depósito o recipiente de almacenamiento. Esto garantizará que siempre haya suficiente agua disponible para el proceso de envasado y evitará el desbordamiento o la falta de agua durante el llenado de los envases.
- **Sistema de limpieza:** Es importante mantener la higiene del sistema de envasado para garantizar la calidad y seguridad del agua de mesa. El prototipo puede incluir un sistema de limpieza automatizado, que puede consistir en un circuito de limpieza con agua y agentes desinfectantes, como cloro o peróxido de hidrógeno. Este sistema se activará

periódicamente para limpiar y desinfectar los componentes del sistema de envasado.

- **Control y monitoreo con Arduino:** Arduino se conectó como el centro de control del prototipo de envasado. Se programará para controlar el funcionamiento de los diferentes componentes, como la bomba de agua, los actuadores de sellado y el sistema de limpieza. Además, Arduino permitirá recopilar datos relevantes, como el nivel de agua, el flujo de llenado, la temperatura o cualquier otro parámetro de interés (Parada, 2021).
- **Pantalla o interfaz de usuario:** Para facilitar la interacción con el prototipo de envasado, se puede incorporar una pantalla o interfaz de usuario. Esta pantalla muestra información relevante, como el estado del sistema, la cantidad de agua envasada, mensajes de error o cualquier otra información importante. Los usuarios podrán interactuar con el prototipo a través de botones o controles para ajustar configuraciones o iniciar y detener el proceso de envasado (Parada, 2021).
- **Alimentación eléctrica:** El prototipo de envasado conservará una fuente de alimentación eléctrica adecuada para garantizar su funcionamiento. Se puede utilizar una fuente de alimentación externa o, en casos más portátiles, se pueden incorporar baterías recargables para proporcionar energía al sistema. Es importante asegurarse de contar con la potencia y capacidad suficiente para alimentar todos los componentes del prototipo de manera segura y continua.
- **Materiales y construcción:** La descripción del prototipo también debe incluir los materiales y la construcción utilizados. Se deben seleccionar materiales seguros para el contacto con agua potable, como plásticos aptos para alimentos y acero inoxidable. Además, es importante garantizar la robustez y durabilidad del prototipo, considerando el uso constante y las posibles condiciones adversas durante su funcionamiento (Leyva, 2022).

- **Consideraciones de seguridad:** En la descripción del prototipo, es fundamental abordar las consideraciones de seguridad implementadas. Esto puede incluir medidas como protecciones eléctricas para prevenir cortocircuitos, sistemas de apagado de emergencia, señalización adecuada de peligros y el cumplimiento de normativas y aplicación aplicable para garantizar la seguridad tanto del operador como del consumidor.
- **Pruebas y validación:** Es importante mencionar que el prototipo será sometido a pruebas exhaustivas y validación para asegurar su correcto funcionamiento y cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad establecidos. Estas pruebas pueden incluir pruebas de llenado, sellado, control de flujo, limpieza y monitoreo, entre otras, con el objetivo de garantizar un proceso de envasado confiable y eficiente ([Ascue y Slocovich, 2020](#)).
- **Capacidad y producción:** El prototipo de envasado puede tener una capacidad definida para envasar un determinado volumen de agua por unidad de tiempo. Esto llegó a los requisitos del proyecto, considerando la demanda estimada y los objetivos de producción. Se pueden establecer configuraciones ajustables para adaptar la capacidad de envasado según sea necesario ([Leyva, 2022](#)).
- **Integración con sistema de control:** El prototipo de envasado puede estar diseñado para integrarse con un sistema de control más amplio, como un sistema de gestión de producción o un sistema de monitoreo en tiempo real. Esto permitirá una supervisión y control centralizado del proceso de envasado, así como la recopilación de datos para análisis y optimización del rendimiento.
- **Diseño modular y escalabilidad:** El prototipo puede ser diseñado con una estructura modular que facilite su expansión y adaptación a medida que se requiera aumentar la capacidad de producción o incorporar nuevas funcionalidades. Esto permitirá una mayor flexibilidad y

escalabilidad del sistema en caso de futuras mejoras o cambios en los requisitos ([Ascue y Slocovich, 2020](#)).

- **Documentación y manuales:** Como parte del desarrollo del prototipo de envasado, se debe generar documentación completa que incluya manuales de usuario, manuales de instalación y configuración, así como diagramas de conexión y esquemas técnicos. Esta documentación será de gran ayuda para facilitar la comprensión, operación y mantenimiento del sistema, tanto para el personal encargado de su uso como para futuras referencias ([Leyva, 2022](#)).
- **Capacitación y soporte técnico:** Para asegurar el correcto uso y funcionamiento del prototipo de envasado, se puede brindar capacitación adecuada al personal encargado de operarlo. Esto requiere instrucciones sobre el manejo del sistema, resolución de problemas comunes y conocimiento sobre las funcionalidades y características del prototipo. Además, se puede establecer un canal de soporte técnico para atender consultas, proporcionar asistencia y resolver cualquier problema técnico que pueda surgir durante la operación del prototipo ([Yataco y Guillén 2023](#)).
- **Evaluación y mejora continua:** Una vez implementado el prototipo de envasado, es importante realizar una evaluación periódica de su desempeño y realizar mejoras continuas en base a los resultados obtenidos. Esto puede implicar la recolección y análisis de datos de producción, evaluación de la calidad del agua envasada, identificación de posibles puntos de mejora y optimización de los procesos involucrados. La información obtenida permitirá perfeccionar el prototipo y garantizar un envasado eficiente y de alta calidad ([Leyva, 2022](#)).
- **Consideraciones ambientales:** Durante el diseño y la operación del prototipo de envasado, es importante tener en cuenta las

consideraciones ambientales. Esto implica utilizar materiales y componentes que sean respetuosos con el medio ambiente, optimizar el consumo de recursos como el agua y la energía, y establecer prácticas de reciclaje y gestión adecuada de residuos. Además, se pueden explorar opciones para reducir la huella de carbono del sistema, como la implementación de energías renovables o la minimización de emisiones.

- **Cumplimiento normativo:** El prototipo de envasado debe cumplir con las normativas y regulaciones vigentes relacionadas con la calidad del agua potable, la seguridad alimentaria y cualquier otra normativa aplicable al proceso de envasado. Es importante realizar un análisis exhaustivo de los requisitos legales y asegurarse de que el prototipo cumpla con todas las normas establecidas para garantizar la seguridad y calidad del agua envasada (Leyva, 2022).
- **Análisis económico:** Se puede realizar un análisis económico para evaluar la viabilidad y rentabilidad del prototipo de envasado. Esto implica considerar los costos de adquisición de los materiales y componentes, los costos de producción, los costos de mantenimiento y operación, así como los posibles beneficios económicos derivados de la venta de agua envasada. También se pueden analizar las proyecciones de ingresos y gastos a largo plazo, así como la estimación del tiempo de retorno de la inversión (Yataco y Guillén 2023).

1.3. Definiciones de términos básicos

Prototipo

Es una versión inicial o modelo preliminar de un producto o sistema. En el caso del envasado de agua, el prototipo sería una representación funcional del proceso de llenado y embotellado de agua (Parada, 2021).

Envasado

Es el proceso de colocar el agua en recipientes o envases adecuados para su almacenamiento y distribución. El envasado puede involucrar botellas, bolsas, cartones u otros tipos de envases ([Ortiz, 2018](#)).

Dosificación

Es el acto de medir o controlar la cantidad precisa de agua que se debe llenar en cada envase. Esto implica determinar la cantidad exacta de agua necesaria para un envase específico ([Benites, 2019](#)).

Sensor de nivel

Es un dispositivo que detecta y mide el nivel de agua en un depósito o recipiente. Se utiliza para determinar cuándo se ha alcanzado la cantidad deseada de agua y controlar el proceso de llenado ([Parada, 2021](#)).

Bomba de dosificación

Es un dispositivo utilizado para bombear y controlar el flujo de agua hacia los envases. Se utiliza para asegurar que la cantidad adecuada de agua se dosifique en cada envase durante el proceso de llenado ([Benites, 2019](#)).

Sistema de filtración

Es un conjunto de componentes diseñados para eliminar impurezas, contaminantes y partículas no deseadas del agua. Se utiliza para mejorar la calidad del agua antes de ser envasada ([Fiestas, 2020](#)).

Desinfección

Es el proceso de eliminar o reducir la presencia de microorganismos, como bacterias o virus, en el agua. Esto se logra mediante técnicas como la desinfección

o la esterilización para garantizar que el agua envasada sea segura para el consumo (Benites, 2019).

Interfaz de usuario

Es la parte del prototipo que permite a los usuarios interactuar con el sistema. Puede incluir elementos como botones, pantallas táctiles o controles para seleccionar el tamaño del envase, iniciar el proceso de llenado y visualizar el estado del sistema (Ortiz, 2018).

Llenado de botellones

Es el proceso de agregar líquido, en este caso agua, a una botella. Esto puede hacerse de diferentes maneras, como mediante el uso de bombas o válvulas de dosificación para controlar la cantidad precisa de líquido que se agrega a cada botella (Ortiz, 2018).

Sellado de botellones

Consiste en cerrar la botella de manera hermética para evitar fugas y mantener la frescura y la calidad del líquido contenido en su interior. El sellado puede lograrse utilizando tapas de rosca, tapones de corcho, tapones de presión o tapas a presión, dependiendo del tipo de botella y el método de sellado elegido (De La A y Saltos, 2018).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de Hipótesis

Hipótesis general

- ✓ La construcción e implementación del prototipo automatizado con arduino para el envasado y sellado de agua de mesa resultará un proceso más eficiente, preciso y de calidad en comparación con los métodos tradicionales de envasado, lo que permitirá una mayor productividad y reducción de perdidas en el proceso de envasado.

Hipótesis específicas

- ✓ Un diseño adecuado y bien planificado para la construcción de un prototipo de envasado y sellado de agua de mesa permitirá la creación de un sistema funcional, eficiente y seguro.
- ✓ Al identificar y programar adecuadamente los pasos necesarios para configurar el prototipo de envasado y sellado de agua de mesa con Arduino, y al implementar un control preciso de las variables críticas involucradas en el proceso, se logrará una operación eficiente y consistente del sistema, permitiendo así una producción de agua envasada con altos estándares de calidad y minimizando posibles errores o desviaciones.
- ✓ El prototipo ofrecerá un rendimiento mejorado en términos de eficiencia, precisión y calidad en comparación con los métodos tradicionales. Se espera que el prototipo logre una mayor velocidad de envasado, una dosificación más precisa del agua, y un sellado hermético y confiable.
- ✓ El diseño y desarrollo de una interfaz adecuada permitirá al usuario interactuar de manera eficiente y efectiva con el equipo, facilitando la comprensión de las funcionalidades del equipo y permitiendo un control cómodo y preciso de las operaciones.

2.2. Variables y su operacionalización

Descripción de variables e indicadores

VARIABLES	Notación	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicadores	Escala de medición	Medio de verificación
De calibración						
Prototipo de envasado y sellado	A	Frecuencia y duración del uso del prototipo por parte de los operadores (Tapia Ayala y Manzano Yupa 2013).	Cuantitativa discreta	Horas de funcionamiento diario. Cantidad de veces que se utiliza por día. Duración promedio de cada cesación de uso.	Razón	Bitácora del Operador.
Evaluativa						
Precisión de llenado	P	Grado de exactitud y consistencia en las operaciones (Contreras y Constanza 2021).	Cuantitativa continua	Desviación estándar del volumen de agua envasada. Tasa de error en el llenado y sellado de los envases.	Razón	Hoja de cálculo de Microsoft Excel 2023.
Calidad del envasado	C	Características del envasado que cumplan con los estándares de calidad (Contreras y Constanza 2021).	Cualitativa ordinal	Integridad del sellado. Homogeneidad del envasado. Ausencia de impurezas o contaminación de agua.	No esencial	Bitácora del Operador.
Eficiencia	E	Capacidad de realizar tareas con rapidez y mínimo desperdicio (Contreras y Constanza 2021).	Cuantitativa continua	Tiempo promedio de envasado por unidad de agua. Cantidad de agua envasada por hora. Porcentaje de envases sellados correctamente.	Razón	Hoja de cálculo de Excel 2023.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

La investigación tiene por objeto de construir e instalar un prototipo del envasado, sellado para agua de mesa y su implementación con arduino, por tal motivo, se realizará una exploración de toda la data concerniente a la automatización del proceso en la industria del tratamiento de agua de mesa, para ello se recurrió a una investigación de tipo cuantitativo del nivel aplicada, considerando que la temática tiene todas las bases teóricas como sustento, en esta oportunidad se presenta el diseño no experimental prospectivo. El esquema del diseño de investigación, se muestra en la figura 2.

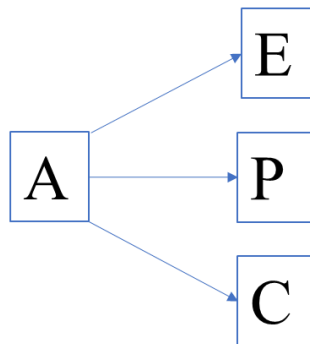


Figura N° 15. Esquema del diseño de investigación.

Donde:

A : uso del prototipo.

E : eficiencia.

P : precisión de llenado.

C : Calidad del envasado.

3.2. Diseño Muestral

En este caso, al tratarse de la construcción e instalación de un prototipo automatizado para envasado y sellado de agua de mesa con Arduino, es posible que no se requiera un diseño muestral en el sentido tradicional.

Dado que la investigación se centró en el desarrollo de un prototipo y su implementación, el diseño está más orientado hacia la ingeniería y la tecnología, en lugar de utilizar una muestra de participantes. En este tipo de investigación, los investigadores trabajaron con un grupo específico de ingenieros, programadores o técnicos para construir y probar el prototipo.

Si bien no se necesita un diseño muestral típico para esta investigación en particular, se realizaron pruebas y evaluaciones del prototipo utilizando métodos específicos para medir su rendimiento, eficiencia y precisión. En este caso, la muestra utilizada para las pruebas estuvo compuesta por una serie de pruebas repetidas o datos recopilados a partir de diferentes ciclos de funcionamiento del prototipo para obtener resultados confiables y estadísticamente significativos.

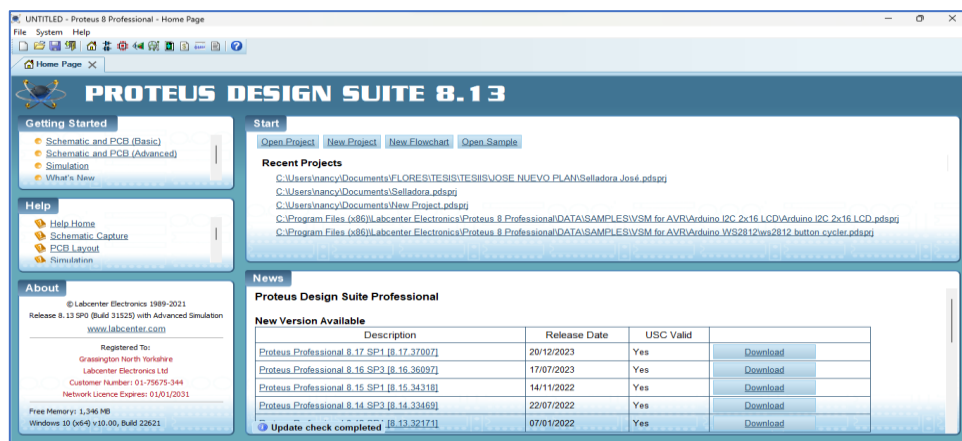
Finalmente, el diseño es experimental por que estuvo sujeto a comparación con otros métodos donde incluyó manipulación de variable.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

Para la recolección de los datos se tuvo en cuenta lo siguiente:

- **Diseñar y simular:** A través de la plataforma Proteus 8 Professional se realizó la organización de la librería concerniente al arduino, para luego se construyó el diseño específico, utilizando los componentes para la finalidad del diseño.

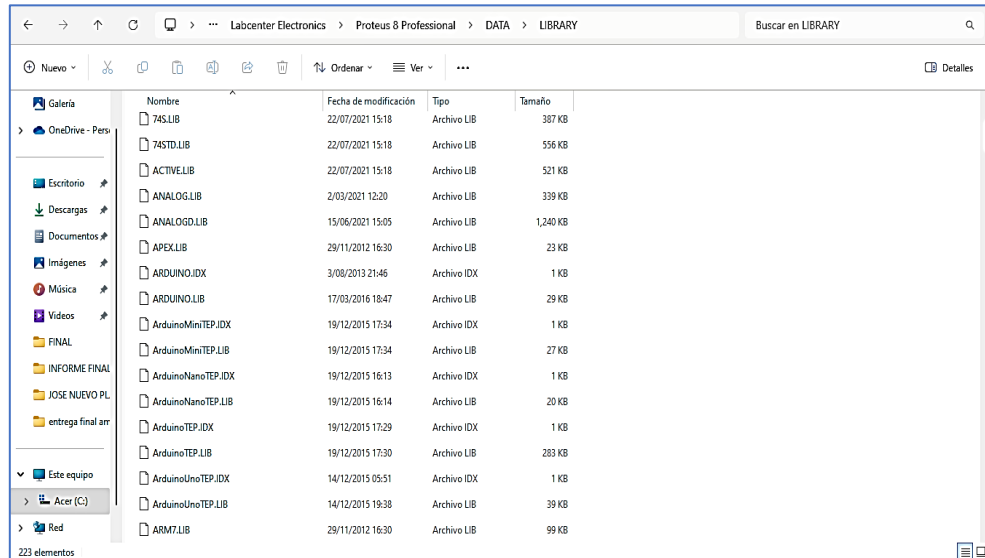
Figura N° 16: Plataforma Proteus 8 profesional.



Fuente: Elaboración propia

- No se contó con la librería se realizó la descarga en el siguiente link https://www.mediafire.com/file/9867vv8rzorppfc/Arduino_%252BSimulino.rar/file, se descomprime el archivo para luego ser copiado a la librería de Proteus, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura N° 17: Librería de arduino en Proteus.

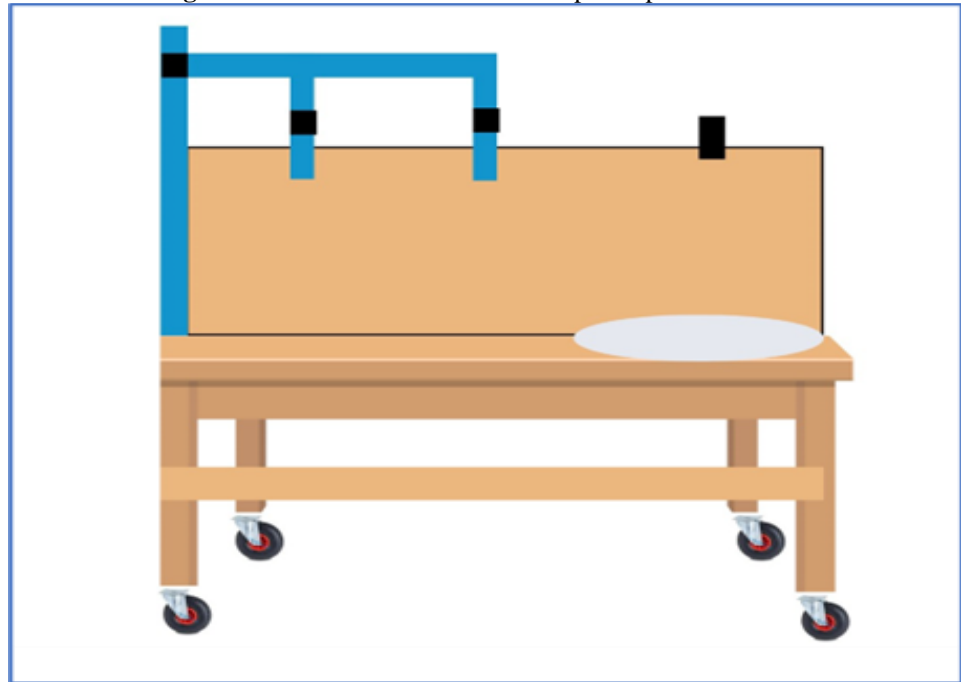


Fuente: Elaboración propia

- **Definir los requisitos y especificaciones:** Se identificó los requisitos del prototipo, como la capacidad de envasado, el tipo de envases a utilizar, la velocidad de envasado, los materiales necesarios, etc. Estableciendo las especificaciones técnicas y de rendimiento que el prototipo debe cumplir.
- **Investigación y selección de componentes:** En la investigación se seleccionó los componentes necesarios para el prototipo, como bombas de agua, relé, solenoide, caja de componentes, pines conectores, enchufe, secadora, adaptadores, etc. Asimismo, se aseguró que los componentes sean compatibles con Arduino y se ajusten a las especificaciones definidas.
- **Diseño del sistema mecánico:** Se Diseñó la estructura y el mecanismo del sistema de envasado y sellado. Considera aspectos como el flujo del agua, el mecanismo de llenado a través del uso de dos válvulas solenoides de media pulgada, el transporte del envase se aplicó la fuerza del operador para colocar

en el sistema giratorio o plato giratorio, el sellado hermético se realizará a través de una pistola de calefacción, etc.

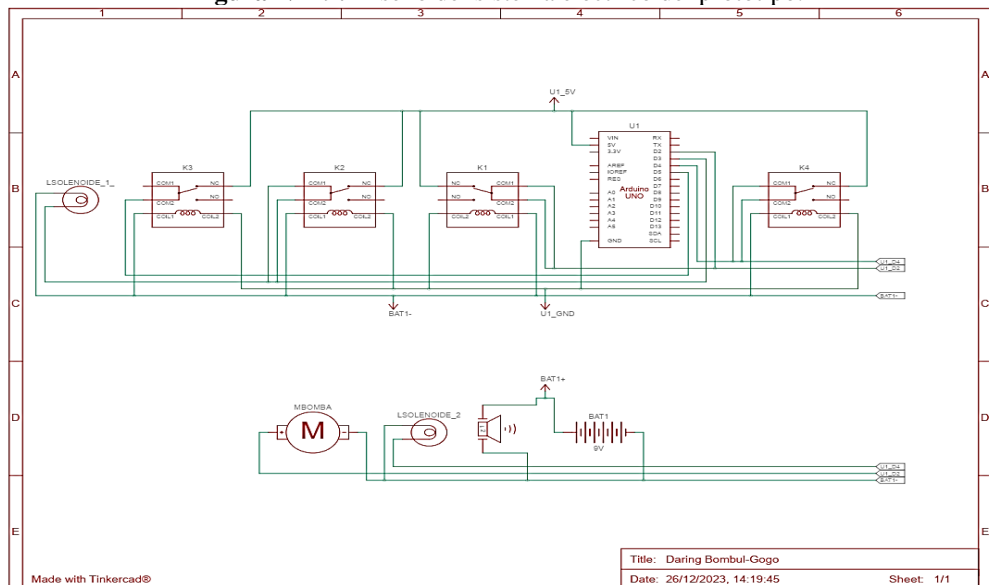
Figura N° 18: Estructura metálica del prototipo.



Fuente: Elaboración propia

- **Diseño del sistema electrónico:** Se creó el esquema eléctrico y selecciona los componentes electrónicos necesarios (relé, solenoide, secadora, electrobomba) para controlar los actuadores y sensores del prototipo mediante Arduino. Incluye también los circuitos de alimentación y protección.

Figura N° 19: Diseño del sistema eléctrico del prototipo.



Fuente: Elaboración propia

- **Programación de Arduino:** Desarrolló el código necesario para controlar el sistema mecánico y electrónico del prototipo. Programa las acciones de llenado, sellado, monitoreo de sensores y todas las operaciones requeridas.

Figura N° 20: Codito de programación del prototipo

```

const int electrobombaPin = 2; // Pin de la
electrobomba
const int electrovalvula1Pin = 3; // Pin de la
electroválvula 1
const int electrovalvula2Pin = 4; // Pin de la
electroválvula 2
const int selladoraPin = 5; // Pin de la
selladora

void setup() {
  // Configuración de los pines como salidas
  pinMode(electrobombaPin, OUTPUT);
  pinMode(electrovalvula1Pin, OUTPUT);
  pinMode(electrovalvula2Pin, OUTPUT);
  pinMode(selladoraPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Ciclo principal
  // Funcionamiento de la electrobomba y
  electroválvula 1 durante 50 segundos
  digitalWrite(electrobombaPin, HIGH);
  digitalWrite(electrovalvula1Pin, HIGH);
  delay(5700);

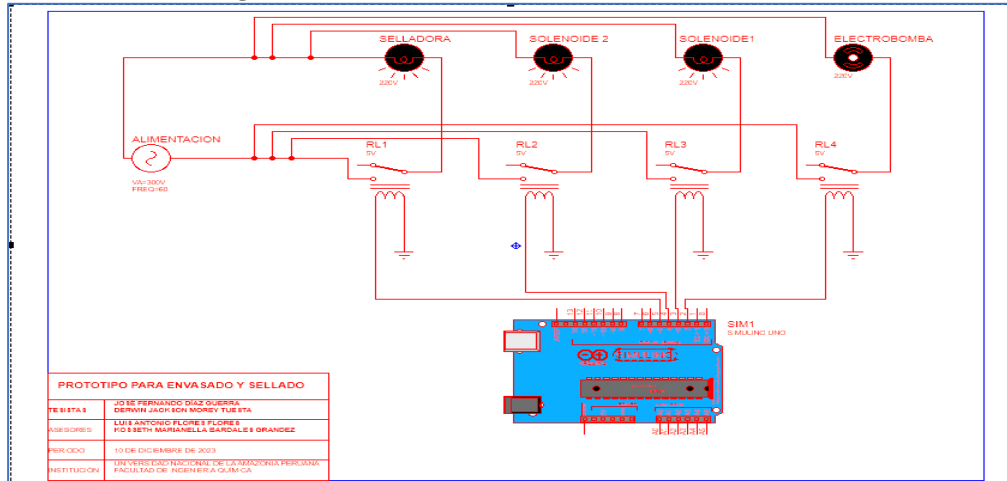
  // Funcionamiento de la electrobomba y
  electroválvula 2 durante 20 segundos
  digitalWrite(electrovalvula1Pin, LOW); //
  Desactiva la electroválvula 1
  digitalWrite(electrobombaPin, HIGH); //
  Enciende electrobomba
  digitalWrite(electrovalvula2Pin, HIGH); //
  activa la electroválvula 2
  delay(2000);
}

```

Fuente: Elaboración propia

- **Pruebas y ajustes:** Se realizó la simulación del prototipo para identificar posibles problemas y mejorar su rendimiento. Ajusta el diseño y el código según los resultados obtenidos.

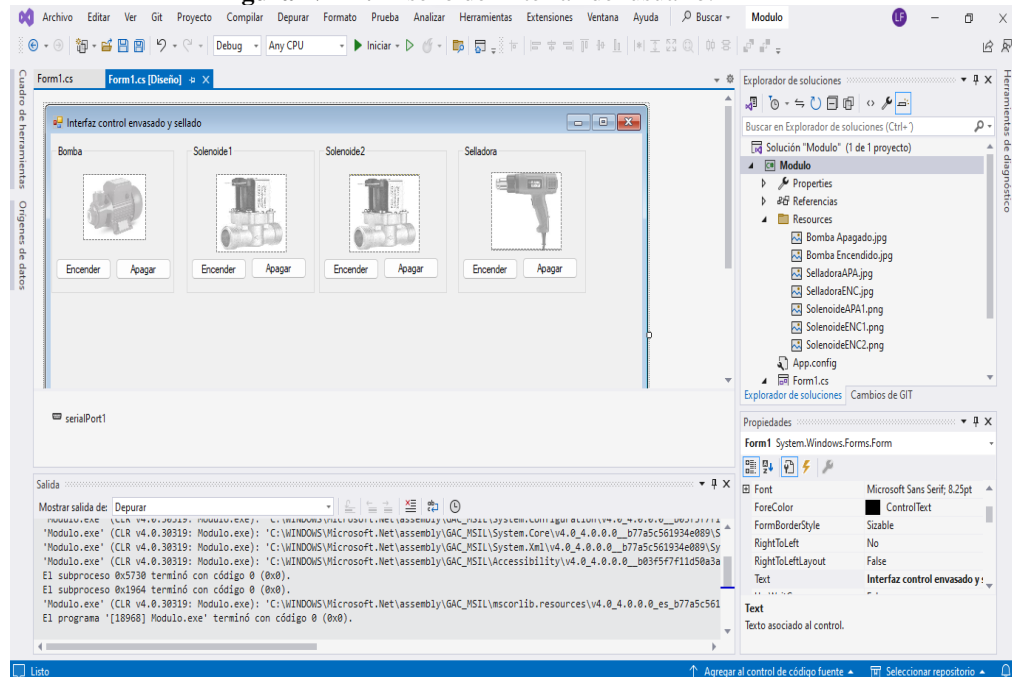
Figura N° 21: Prueba de simulación.



Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de la interfaz de usuario:** Si el prototipo requiere una interfaz de usuario, se diseñó una pantalla o una interfaz que permita a los operadores interactuar con el equipo de manera sencilla y comprensible.

Figura N° 22: Diseño del interfaz del usuario.



Fuente: Elaboración propia

- **Ensamblaje y construcción:** Una vez que el diseño ha sido probado y ajustado, se procedió a la construcción y ensamblaje del prototipo siguiendo el diseño técnico y las especificaciones establecidas, para ello se construyó la estructura metálica con fierro rectangular de 1" Ø y plancha de metal de 3

mm de espesor para parte del tablero y el respaldo, asimismo, se construyó dos soportes de tuberías con fierro macizo de 1/2" Ø platino doblado en media luna para soporte de tubería de 1" Ø , una plancha giratoria de 16" Ø , un soporte de 10 cm de longitud para la pistola de calefacción, luego se armó las conexiones con PVC, para la bomba se utilizó una válvula check de 1" Ø , cuatro codos de 90° de 1" Ø , dos T de 1" Ø , dos válvula universal de 1" Ø , una llave compuerta de 1" Ø , dos reducción de 1" Ø a 1/2" Ø , cuatro niples de 1/2" Ø , dos solenoide de 1/2" Ø , una pistola de calefacción de 1000 W , una electrobomba de potencia de 1/2" HP, con caudal máximo de 30 L/min. Asimismo, para el entorno eléctrico se utilizó 4 m de cable vulcanizado N° 12, cable de línea rojo y amarillo N° 14 una longitud de 5 m, un módulo relé con cuatro salidas integradas, un arduino UNO, 12 cable electrónico con salida macho – hembra, una llave termomagnética de calibre 16, dos tiras de borneras y una caja rectangular eléctrica de 24", cuatro llantas corredizas y un bidón de 40 galones, transformador de 220 v a 5 v.

Figura N° 23: Ensamblaje del prototipo.



Fuente: Elaboración propia

- **Pruebas finales y evaluación del rendimiento:** Realizó pruebas exhaustivas del prototipo completo para asegurarte de que funcione correctamente, se evaluó el rendimiento del prototipo en términos de eficiencia, precisión y calidad del envasado y sellado de agua de mesa. Realiza ajustes adicionales si es necesario.

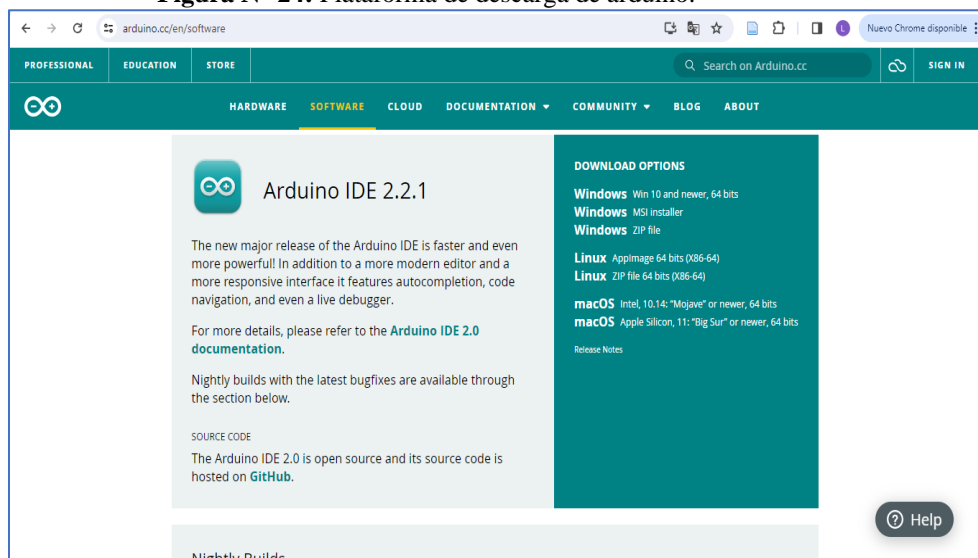
3.4. Procedimiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos en la investigación de "Construir e instalar un prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa eficiente automatizado con Arduino" implicaría varias etapas para evaluar el rendimiento y la eficiencia del prototipo. A continuación, se presenta los procedimientos realizados:

- **Transferencia de información entre la plataforma IDE y el arduino.**

Para realizar la transferencia de la información, primero se tuvo que descargar el programa de arduino IDE en el siguiente link <https://www.arduino.cc/en/software>, en ello se debe observar cual es la versión, según características del computador a utilizar.

Figura N° 24: Plataforma de descarga de arduino.



Fuente: Elaboración propia

Luego apreciamos las características del computador en nuestro caso fue un Sistema operativo de 64 bits, procesador x64 con un procesador Intel(R) Core (TM) i3-10110U CPU @ 2.10GHz 2.59 GHz.

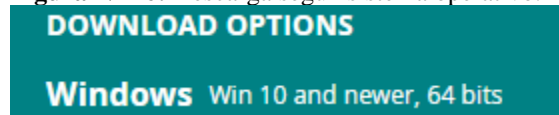
Figura N° 25: Características del computador.



Fuente: Elaboración propia

Luego se descarga la versión requerida por el sistema operativo del computador.

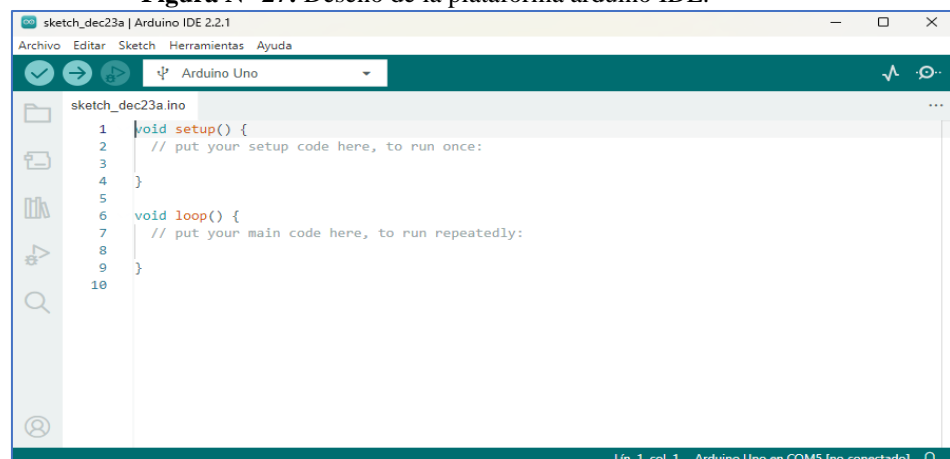
Figura N° 26: Descarga según sistema operativo.



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se procede con la instalación de la plataforma arduino IDE donde se escribió los códigos de la programación

Figura N° 27: Diseño de la plataforma arduino IDE.

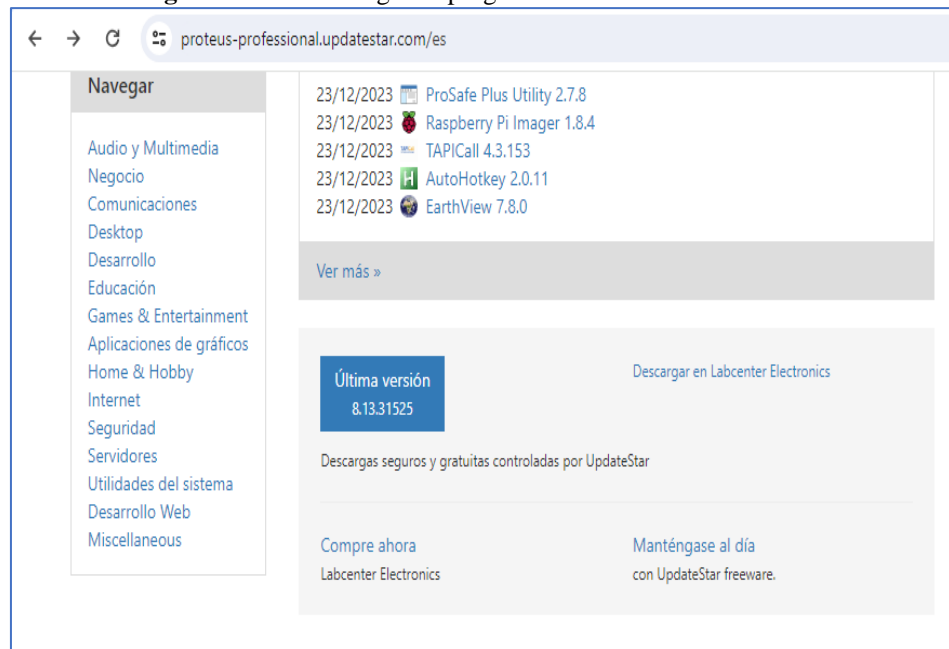


Fuente: Elaboración propia

- **Monitoreo de la programación en el simulador.**

Para el monitoreo de la operatividad se las conexiones y la programación en el arduino uno se descargó el programa Proteus 8 profesional del siguiente link <https://proteus-professional.updatestar.com/es>, teniendo en cuenta las características del sistema operativo.

Figura N° 28: Descarga del programa Proteus 8 Profesional.



Fuente: Elaboración propia

- **Cálculos del tiempo requerido para el envasado.**

Con el propósito de calcular el tiempo necesario para completar el llenado de un botellón de agua, considerando su volumen nominal mediante el software Microsoft Excel 2019, se ha implementado la siguiente ecuación (Chong y Ferreyra, 2023):

$$Q_{NB} = \frac{V_0}{T} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

T = tiempo total programado en el arduino, s.

V₀ = volumen de agua obtenido, L.

Q_{NB} = caudal práctico de la electrobomba, L/s.

Este análisis detallado permite obtener una visión precisa y cuantitativa de los tiempos asociados al proceso de llenado, facilitando así la evaluación y comprensión del rendimiento del prototipo en diferentes situaciones y volúmenes de envasado.

- **Diseñar y desarrollar un interfaz para el usuario.**

La interfaz fue desarrollada utilizando la aplicación Visual Studio Community 2022, en su versión 17.8.3. Vale la pena destacar que este entorno de desarrollo es gratuito y forma parte integral del ecosistema de Windows. Una de las ventajas clave radica en su capacidad para interactuar de manera eficaz con Arduino, casi como si este actuara como un "esclavo" del entorno de Visual Studio. En otras palabras, Arduino responde de manera diligente a las órdenes provenientes de Visual Studio, estableciendo una comunicación fluida y eficiente entre la interfaz y el dispositivo, lo que facilita la programación y control del prototipo. Este enfoque integrado contribuye significativamente a la cohesión y la eficiencia del sistema en su conjunto.

Figura N° 29: Programa desarrollador Visual Studio Community 2022.



Fuente: Elaboración propia

3.5.Aspectos éticos

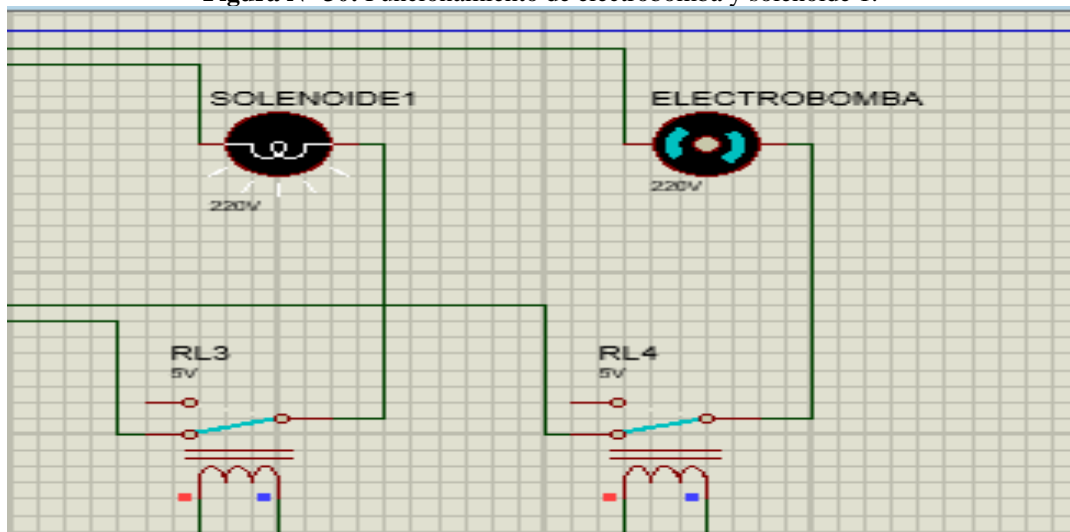
Manifestamos nuestro firme compromiso de adherirnos a los más altos estándares de integridad en la ejecución de este proyecto. En este sentido, nos comprometemos a respetar la veracidad y la autenticidad de los resultados obtenidos durante la construcción e instalación del prototipo destinado al envasado de agua de mesa y su integración con la plataforma Arduino. Este compromiso se fundamenta en la necesidad de asegurar la credibilidad y la transparencia de nuestra investigación, así como en cumplimiento de los principios éticos que rigen la actividad académica y científica.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Diseño para la construcción

De acuerdo a la simulación en primera instancia se realizó el funcionamiento de la electrobomba y la apertura de la válvula solenoide, en la figura se puede apreciar que el solenoide 1 emite una especie de radiación y la bomba cambia de color como azulejo cuando está en funcionamiento y los relés activados.

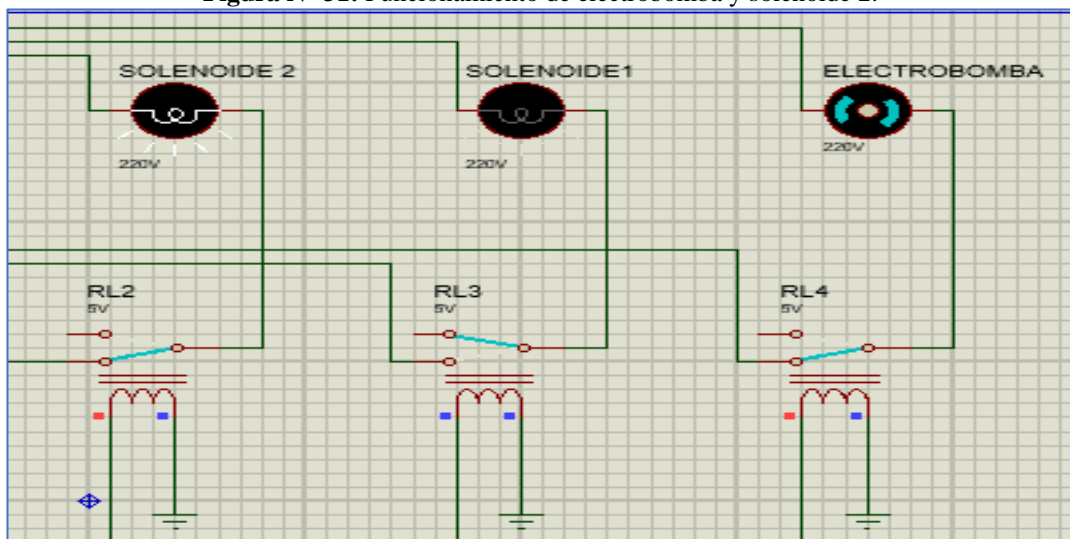
Figura N° 30: Funcionamiento de electrobomba y solenoide 1.



Fuente: Elaboración propia

En la segunda parte del sistema, el solenoide 1 se apaga y entra el solenoide 2 en funcionamiento con la electrobomba, se desconecta el relé 3 y se activa el relé 2.

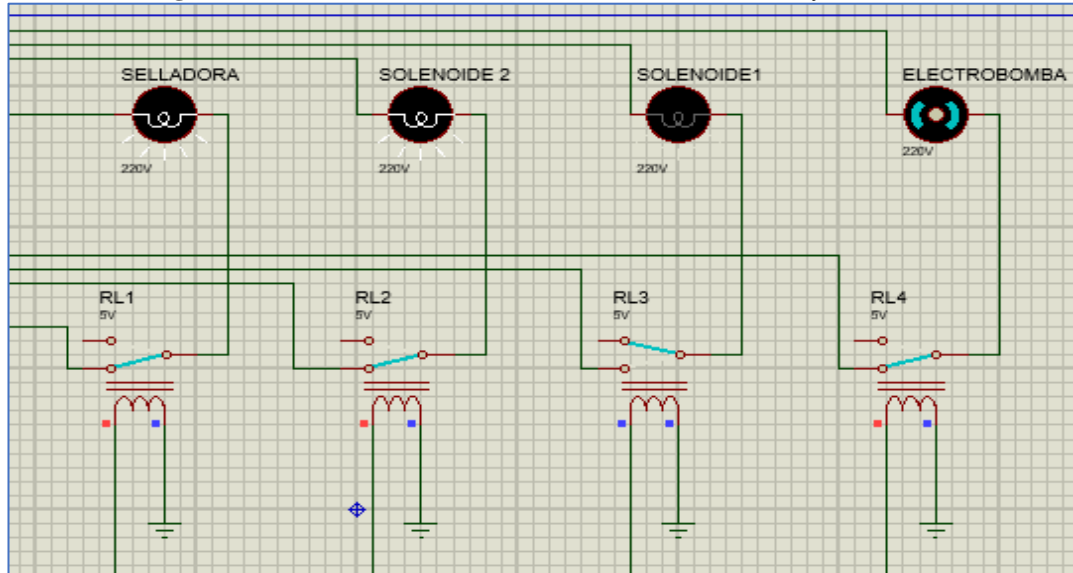
Figura N° 31: Funcionamiento de electrobomba y solenoide 2.



Fuente: Elaboración propia

La tercera parte del sistema, se activa el sellado cuando la válvula solenoide 2 está en funcionamiento con la electrobomba, activándose el relé 1 y el relé 2 y 4 se mantienen activos

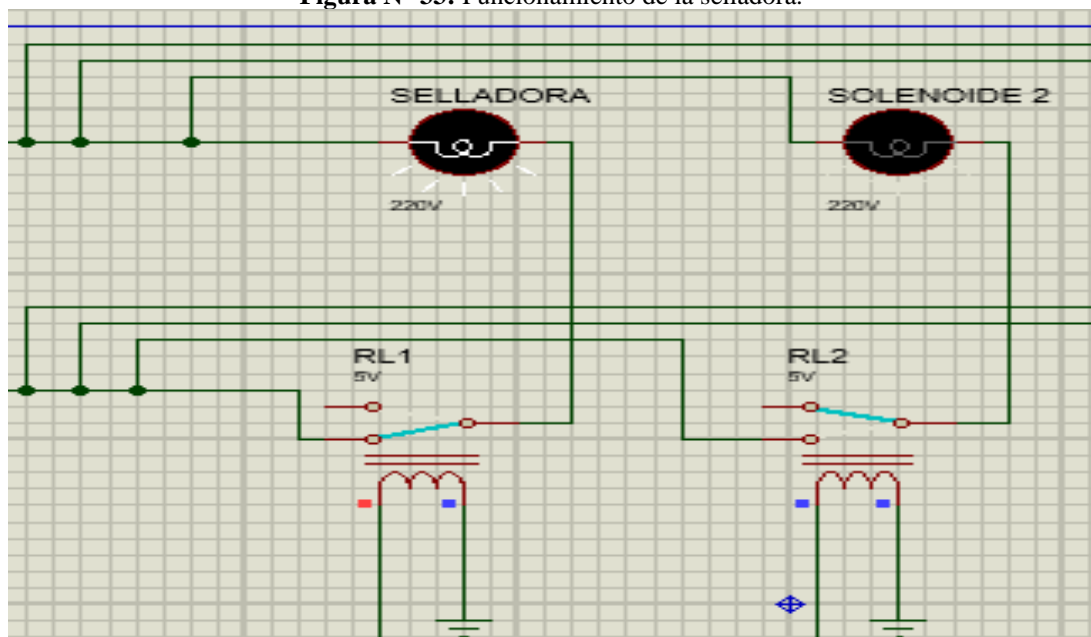
Figura N° 32: Funcionamiento de electrobomba, solenoide 2 y selladora.



Fuente: Elaboración propia

Cuarto y último proceso del sistema, solo se queda la selladora encendida y el relé 1 activado, el resto se encuentra en reposo a la espera del nuevo ciclo, con ello se cumplió con el ciclo de la simulación de conexiones y programación.

Figura N° 33: Funcionamiento de la selladora.

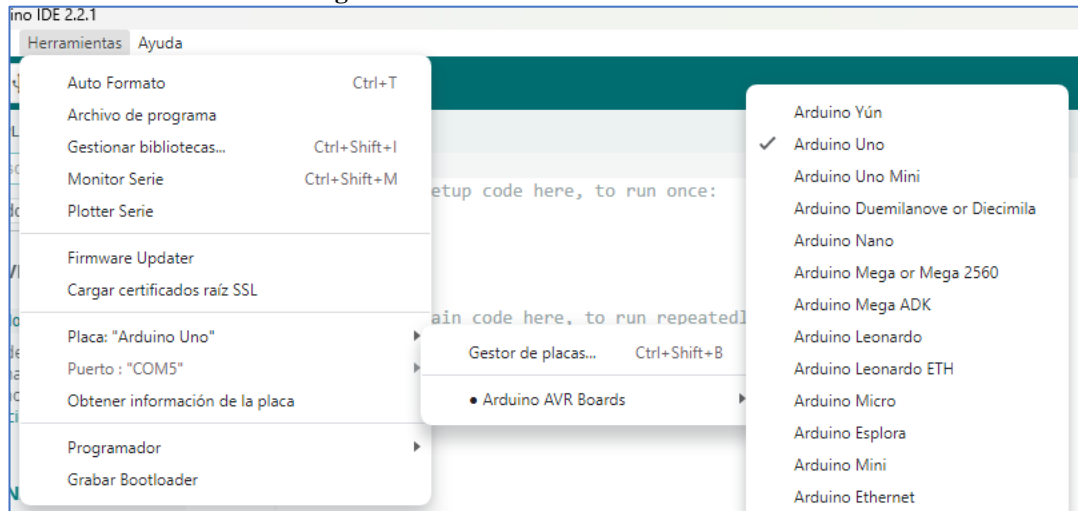


Fuente: Elaboración propia

Programar y configurar

Luego debemos asegurar que se reconozca la placa del arduino uno.

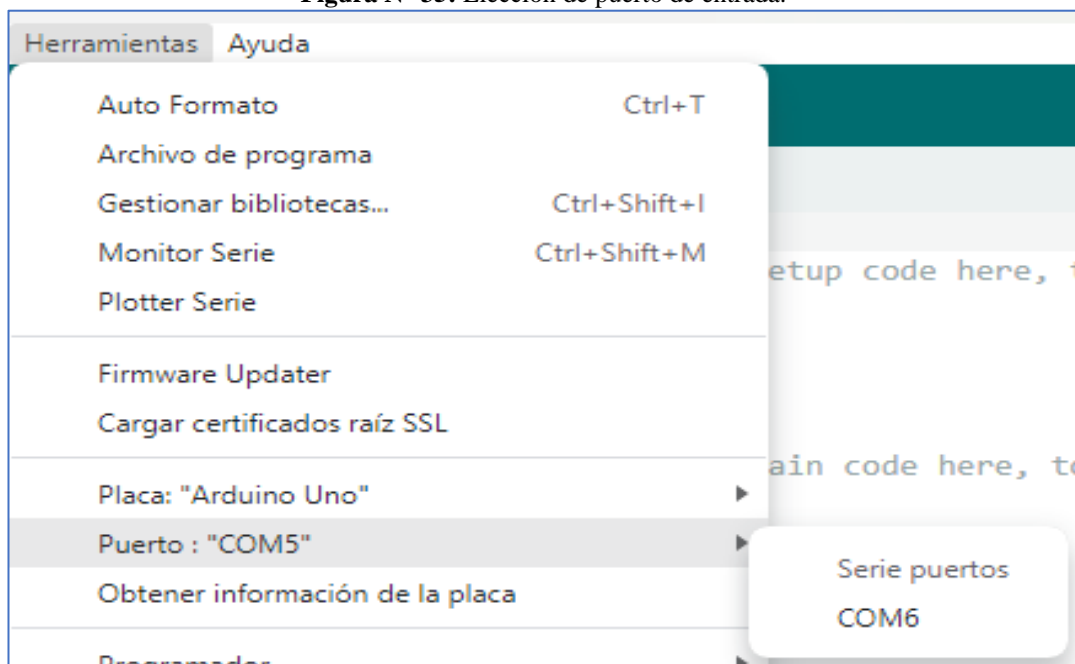
Figura N° 34: Reconocimiento del arduino.



Fuente: Elaboración propia

Además, se debe realizarse el reconocimiento de la entrada que ocupó el arduino, durante la compilación y la transferencia de datos desde el computador al arduino uno (hardware).

Figura N° 35: Elección de puerto de entrada.



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, realizaremos las acciones de validar y exportar los datos en el sistema, esta acción transfiere toda la escritura realizada en la plataforma IDE al microcontrolador del arduino, logrando con ello que siga la secuencia de la programación realizada

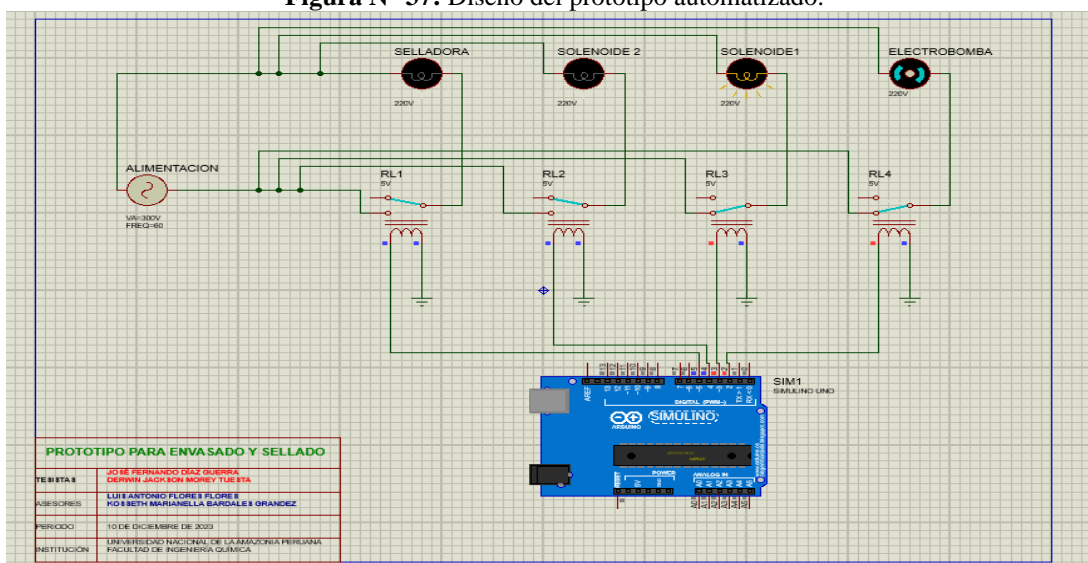
Figura N° 36: Validación y exporte.



Fuente: Elaboración propia

Como resultado, la obtención del diseño del prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa requirió la adquisición de habilidades en el uso del programa Proteus 8 Professional. Este proceso implicó la necesidad de aprender y dominar dicho programa, lo que resultó en la adquisición de una valiosa experiencia en el desarrollo de la plataforma.

Figura N° 37: Diseño del prototipo automatizado.



Fuente: Elaboración propia

Evaluar el rendimiento, precisión y calidad

Se procede a realizar el cálculo del tiempo empleando los datos obtenidos a partir de las 10 corridas realizadas con el prototipo. Es importante destacar que en este análisis se considera exclusivamente el uso de botellones con una capacidad referencial de 20 litros.

Tabla N° 1: Resultado de diez llenados de botellón.

N°	Bvac Kg	BH2O kg	MH2O Kg
1	0.86	20.32	19.46
2	0.86	20.30	19.44
3	0.86	20.22	19.36
4	0.86	20.46	19.60
5	0.86	20.22	19.36
6	0.86	20.12	19.26
7	0.86	20.42	19.56
8	0.86	20.34	19.48
9	0.86	20.34	19.48
10	0.86	20.24	19.38

Fuente: Elaboración propia

Este enfoque específico permite una evaluación detallada y precisa del tiempo requerido para el envasado y sellado, proporcionando información relacionado la densidad (d) obtenido por masa (m) dividido entre volumen (v) en el botellón y el caudal práctico (volumen/tiempo), con un tiempo conocido. Entonces calculamos el volumen de la masa de agua.

$$d = \frac{m}{v}$$

$$1 = \frac{19.46}{v}$$

$$v = \frac{19.46}{1}$$

$$v = 19.46 L$$

Al realizar el cálculo para todas las masas involucradas, obtenemos los siguientes valores que representan el volumen en litros. Este análisis nos brinda una visión integral de la relación entre las masas medidas y los correspondientes volúmenes,

proporcionando así datos significativos para comprender y cuantificar con precisión la variación volumétrica asociada con las distintas masas utilizadas en el estudio

Tabla N° 2: Resultado del volumen práctico.

N°	MH2O Kg	DH2O Kg/L	VH2O L
1	19.46	1	19.46
2	19.44	1	19.44
3	19.36	1	19.36
4	19.60	1	19.60
5	19.36	1	19.36
6	19.26	1	19.26
7	19.56	1	19.56
8	19.48	1	19.48
9	19.48	1	19.48
10	19.38	1	19.38

Fuente: Elaboración propia

En el contexto actual, contamos con un tiempo conocido de 52340 ± 740 segundos, un dato fundamental que se utilizará para realizar el cálculo del caudal práctico. Esta información juega un papel clave al proporcionar el marco temporal necesario para determinar la cantidad de fluido que fluye por unidad de tiempo, permitiéndonos evaluar con precisión la eficiencia y el rendimiento del sistema en estudio.

Tabla N° 3: Resultado del caudal práctico.

N°	VH2O L	T-Práctico S	Q-Práctico L/S
1	19.46	52340 ± 740	0.3718
2	19.44	52340 ± 740	0.3714
3	19.36	52340 ± 740	0.3699
4	19.60	52340 ± 740	0.3745
5	19.36	52340 ± 740	0.3699
6	19.26	52340 ± 740	0.3680
7	19.56	52340 ± 740	0.3737
8	19.48	52340 ± 740	0.3722
9	19.48	52340 ± 740	0.3722
10	19.38	52340 ± 740	0.3703

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el tiempo necesario para el funcionamiento del sistema, llevaremos a cabo el cálculo basándonos en el valor medio del volumen y del caudal. Esta aproximación nos permitirá obtener un estimado más preciso y representativo del tiempo requerido, al considerar la interacción dinámica entre el flujo volumétrico y la cantidad total de fluido.

Tabla N° 4: Resultado de la media del caudal.

N	Media	Desv. Desviación
10	0.3714	0.0019

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 5: Resultado de la media del volumen.

N	Media	Desv. Desviación
10	19.4380	0.1013

Fuente: Elaboración propia

En este contexto, el tiempo requerido se determina mediante el cálculo utilizando los valores medios del caudal práctico y del volumen práctico obtenidos a lo largo de las corridas realizadas con el prototipo. Al basarnos en estas medidas promedio, logramos una aproximación más precisa y representativa del tiempo necesario para completar el proceso, considerando las variaciones y dinámicas observadas durante las distintas ejecuciones del prototipo. Este enfoque integral refleja de manera más fiel la eficiencia temporal del sistema en condiciones reales.

Tabla N° 6: Resultado del tiempo requerido para el llenado.

N	Media	Desv. Desviación
10	52.340	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, llevamos a cabo el cálculo de la precisión de nuestro prototipo de envasado de agua de mesa. Este cálculo se fundamenta en la diferencia entre el valor nominal, establecido en 19.78 litros, y el valor práctico obtenido en cada

corrida realizada. Este análisis nos proporciona una medida cuantitativa de la exactitud del prototipo en comparación con el estándar nominal, permitiéndonos evaluar de manera específica la consistencia y la fiabilidad del sistema durante las operaciones de envasado.

Tabla N° 7: Resultado del porcentaje de Precisión del llenado.

N°	VH2O	V Nominal	%Precisión
1	19.46	19.78	1.62
2	19.44	19.78	1.72
3	19.36	19.78	2.12
4	19.60	19.78	0.91
5	19.36	19.78	2.12
6	19.26	19.78	2.63
7	19.56	19.78	1.11
8	19.48	19.78	1.52
9	19.48	19.78	1.52
10	19.38	19.78	2.02

Fuente: Elaboración propia

No obstante, una vez calculado el error, procedemos a realizar una evaluación más detallada mediante la determinación del error medio y la desviación estándar. Esta metodología nos permite no solo cuantificar la discrepancia promedio entre los valores observados y los esperados, sino también analizar la dispersión de estos errores, proporcionando así una comprensión más completa de la fiabilidad y consistencia de los resultados obtenidos.

Tabla N° 8: Resultado del porcentaje de error medio.

N	Media	Desv. Desviación
10	1.7290	0.51159

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, procedemos al cálculo del rendimiento de cada medición realizada. Este cálculo implica obtener la diferencia entre el 100% y el error obtenido en cada caso específico. Este análisis nos proporciona una perspectiva porcentual sobre la

precisión y la eficiencia de las mediciones, permitiéndonos evaluar de manera más detallada y comparativa la calidad del desempeño del sistema en cada instancia de medición.

Tabla N° 9: Resultado del rendimiento por cada operación.

N°	Total %	% Error	Rendimiento %
1	100	1.62	98.38
2	100	1.72	98.28
3	100	2.12	97.88
4	100	0.91	99.09
5	100	2.12	97.88
6	100	2.63	97.37
7	100	1.11	98.89
8	100	1.52	98.48
9	100	1.52	98.48
10	100	2.02	97.98

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, procedemos a calcular el rendimiento promedio a partir de los resultados obtenidos en los 10 ensayos realizados con el prototipo de envasado de agua de mesa. Este análisis nos permite determinar la eficiencia global del sistema a lo largo de múltiples corridas, proporcionando un indicador consolidado de la capacidad del prototipo para alcanzar resultados precisos y coherentes. Al calcular el promedio de rendimiento, obtenemos una medida representativa que refleja la consistencia y la confiabilidad del prototipo en el proceso de envasado.

Tabla N° 10: Resultado de la media del rendimiento.

N	Media	Desv. Desviación
10	98.2710	0.51159

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, llevamos a cabo el cálculo de la calidad en la operación, mediante un proceso de depuración que implica eliminar aquellos valores que se sitúan por debajo del 98% de la operatividad del prototipo. Esta evaluación nos permite discernir y concentrarnos en los datos que reflejan una calidad sustancial, excluyendo aquellos que podrían haber sido afectados por factores externos o

anomalías. Este enfoque contribuye a obtener una percepción más precisa y fiable de la calidad del rendimiento del prototipo en condiciones operativas específicas.

Tabla N° 11: Resultado de la calidad del envasado.

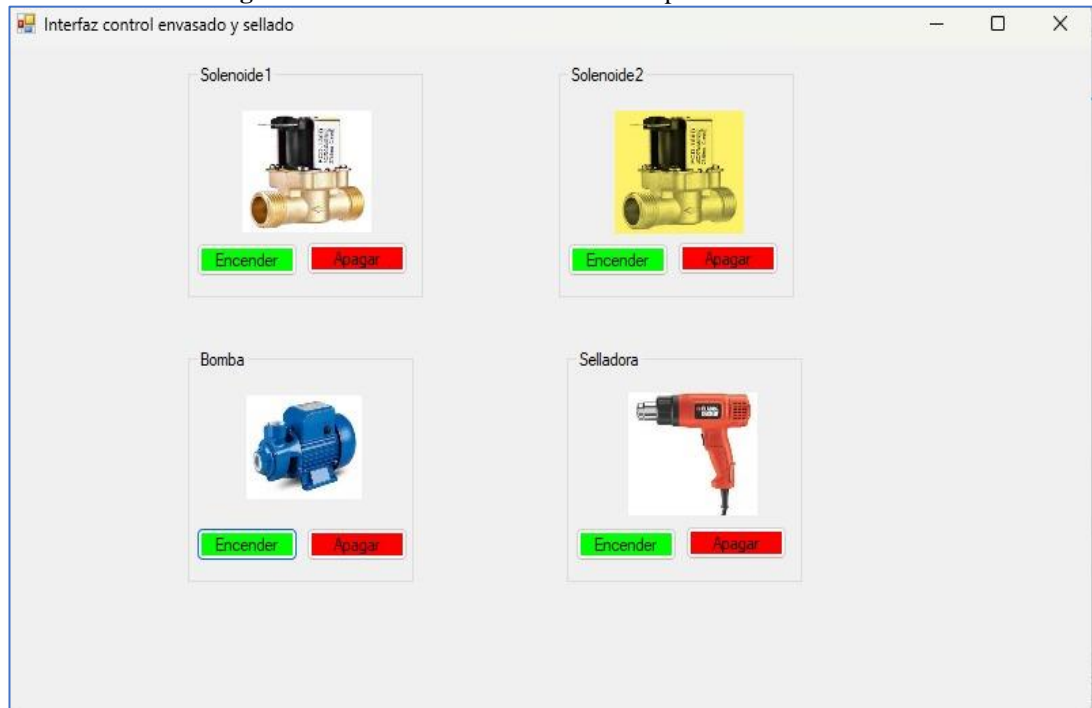
Rendimiento bueno	Rendimiento defectuoso	Total, de operación	Calidad %
6	4	10	60

Fuente: Elaboración propia

Diseñar un Interfaz para el Usuario

Como resultado de esta fase, cabe destacar la creación exitosa de un panel encriptado mediante la integración de Visual Studio y Arduino. Este logro representa un hito significativo en el proyecto, ya que establece un sistema seguro y protegido, aprovechando las capacidades de encriptación proporcionadas por Visual Studio para gestionar y controlar de manera eficaz la interacción con el dispositivo Arduino.

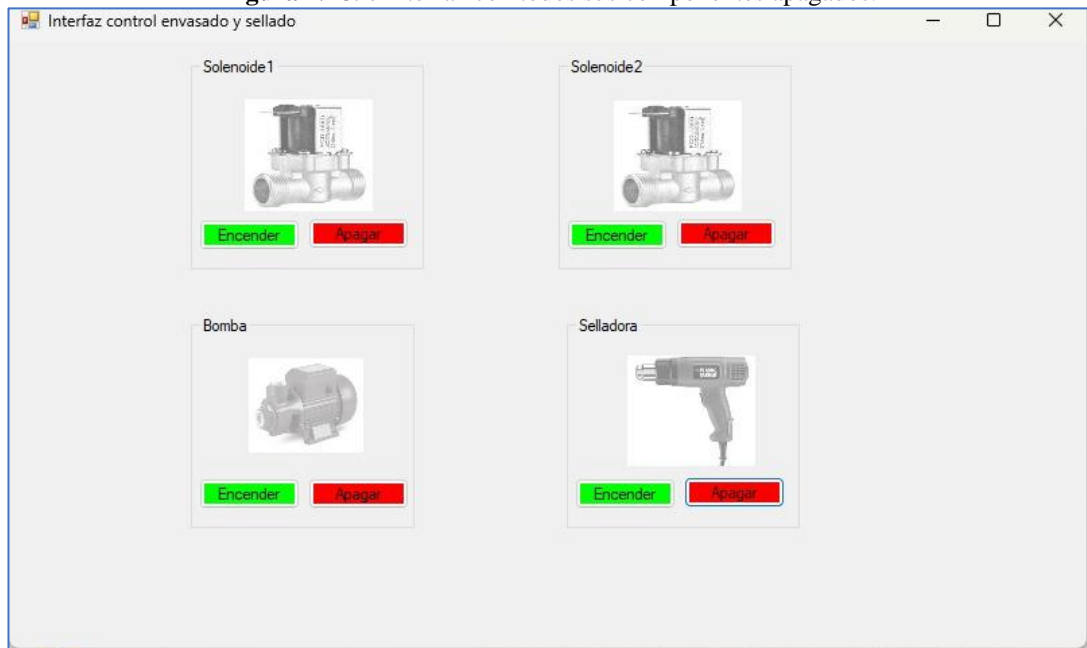
Figura N° 38: Interfaz con todos sus componentes encendidos.



Fuente: Elaboración propia

Este panel encriptado refuerza la seguridad y la integridad de la comunicación entre la interfaz y el prototipo, agregando un nivel adicional de protección a la funcionalidad del sistema.

Figura N° 39: Interfaz con todos sus componentes apagados.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La automatización de procesos en el envasado de agua de mesa tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia operativa (98.27 %), similar lo establece [Chong y Ferreyra el 2023](#), reduciendo el tiempo de envasado (56. 9970), similar al de [Gisella et al, 2022](#) y minimizando el desperdicio de agua (1.73 %) como lo establece [Gonzales y Santiago en el 2021](#). Esta mejora podría ser especialmente crucial para las microempresas que actualmente enfrentan desafíos en términos de rentabilidad debido a los procesos manuales que consumen tiempo. deben abordar cómo la implementación del prototipo puede traducirse en beneficios tangibles en términos de ahorro de recursos y mejora económica para estas microempresas.

La investigación también destaca la importancia de la sostenibilidad ambiental al abordar el desperdicio de agua durante el envasado manual de botellones, similar a lo planteado por [Calle y Gaibor en el 2017](#). La discusión podría explorar cómo la reducción de este desperdicio contribuirá a la conservación de un recurso escaso y valioso, al tiempo que examina posibles efectos secundarios ambientales asociados con la automatización, como el consumo de energía y la generación de residuos como su sistema que plantea [San Miguel el 2023](#).

La elección de utilizar Arduino como plataforma sugiere un enfoque en la accesibilidad y la adaptabilidad del prototipo como lo determina [Vela el 2017](#). La discusión puede explorar cómo la elección de hardware y software libre puede democratizar la automatización para microempresarios con recursos limitados. Sin embargo, es crucial abordar las posibles limitaciones y desafíos técnicos que podrían surgir al utilizar esta tecnología.

El estudio plantea la cuestión del impacto socioeconómico, destacando la importancia de este proyecto para mejorar las condiciones de aprendizaje en la

Facultad de Ingeniería Química y generar nuevo conocimiento entre profesores, estudiantes y graduados. Cómo este impacto se traducirá en la formación de profesionales más competentes y en la contribución al desarrollo local como menciona [Chong y Ferreyra el 2023](#).

Es esencial abordar los posibles desafíos y limitaciones asociados con la construcción e instalación del prototipo, como dice [Barcia et al el 2017](#). Esto podría incluir obstáculos técnicos, costos involucrados, posibles resistencias por parte de los usuarios finales y cualquier desviación de los objetivos iniciales del proyecto. debe ofrecer una evaluación equilibrada de estos aspectos para brindar una visión completa de la viabilidad y aplicabilidad del prototipo.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- La materialización del diseño del prototipo se llevó a cabo con éxito mediante la utilización del programa Proteus 8 Professional. Un aspecto destacado reside en su notable compatibilidad con el entorno de desarrollo Arduino, proporcionando librerías que se integran de manera eficiente y adaptable. Esta particularidad resulta esencial, ya que facilita considerablemente la labor del diseñador al cubrir ampliamente las necesidades asociadas con la creación de diversos circuitos.
- La elección de Proteus 8 Professional no solo se fundamenta en su potencial técnico, sino también en su accesibilidad y amigabilidad para el usuario. La interfaz intuitiva de esta herramienta ha simplificado significativamente el proceso de diseño, permitiendo una experiencia fluida y eficaz para aquellos que se aventuran en la creación de circuitos complejos.
- La gestión eficaz de las variables críticas del prototipo se materializó mediante la utilización de la plataforma Arduino IDE. Este entorno de desarrollo no solo facilitó, sino que también posibilitó una comprensión accesible del lenguaje de programación desde sus fundamentos, permitiéndonos partir desde cero y avanzar hasta alcanzar una programación precisa y funcional.
- El uso de Arduino IDE se reveló como una elección estratégica, ya que simplificó el proceso de aprendizaje y desarrollo, permitiéndonos navegar con destreza desde los conceptos iniciales hasta la creación de un código robusto y capaz de interpretar y ejecutar las órdenes del microcontrolador en sintonía con los componentes y sensores del prototipo.
- las operaciones realizadas han arrojado resultados destacados. El rendimiento alcanzado, cifrado en un 98.27%, subraya la eficiencia general del sistema, señalando su capacidad para operar de manera efectiva. La precisión media, registrada en un 1.73%, resalta la consistencia y exactitud en las mediciones

realizadas a lo largo de las pruebas, indicando un nivel de confiabilidad en la recopilación de datos. Además, la evaluación de la calidad del producto, situada en un 60%, refleja el grado de conformidad con los estándares establecidos, evidenciando la fiabilidad y la robustez del prototipo en la ejecución de sus funciones. En conjunto, estos resultados ofrecen una visión integral de un sistema que se desempeña de manera sólida y precisa, respaldando su fiabilidad y rendimiento durante las pruebas realizadas.

- El éxito alcanzado en la creación de la interfaz mediante Visual Studio Community 2022 marca un hito significativo en el desarrollo del proyecto. Durante su ejecución, la interfaz se distingue por su destacada interactividad con el usuario, brindando un entorno dinámico y participativo. Este logro consolida un diseño que garantiza una experiencia de usuario fluida y efectiva, cumpliendo no solo con los objetivos técnicos sino también con la capacidad de involucrar de manera eficaz a los usuarios. La interfaz emerge como una herramienta no solo efectiva, sino también intuitiva y fácil de utilizar, contribuyendo así al éxito global del sistema desarrollado.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis exhaustivo de los costos y beneficios a largo plazo asociados con la implementación y mantenimiento del prototipo. Esto incluiría no solo los costos iniciales de construcción e instalación, sino también los gastos operativos continuos y los beneficios económicos y ambientales derivados del uso a lo largo del tiempo.
- Incorporación de la retroalimentación directa de los usuarios, especialmente los microempresarios, en el diseño y mejora del prototipo. La participación activa de los usuarios finales permitirá ajustar el sistema según sus necesidades y experiencias, mejorando así su aceptación y utilidad práctica.
- Realizar estudios de viabilidad en diferentes contextos geográficos y socioeconómicos. Evaluar cómo el prototipo se adapta a diversas realidades locales, considerando variaciones en la disponibilidad de recursos, regulaciones gubernamentales y características específicas de las microempresas en distintas regiones.
- Llevar a cabo evaluaciones detalladas del impacto social y ambiental de la implementación generalizada del prototipo. Esto incluiría la medición de la reducción del desperdicio de agua, el aumento de la eficiencia operativa y cualquier impacto positivo o negativo en las comunidades locales, el empleo y la calidad ambiental.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- ARGOMEDO ANTICONA, E.R. y NUREÑA PRETEL, N.G., 2019. Diseño de un sistema de independización de las válvulas de llenado para optimizar la productividad del proceso de envasado de la línea número cinco del área de pet en la corporación Arca Continental Lindley, Santa Rosa – Trujillo. En: Accepted: 2020-04-27T19:24:45Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43016>.
- ASCUE LAZO, A.J. y SLOCOVICH MARTÍNEZ, J.M., 2020. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de agua de mesa alcalina ionizada. En: Accepted: 2020-10-16T19:26:22Z, *Repositorio Institucional - Ulima* [en línea], [consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/11660>.
- BARCIA-QUIMI, A.F., LEÓN-MUNIZAGA, AGUIRRE MUNIZAGA, M., HERNANDEZ-MENDOZA, L. y VERGARA-LOZANO, V., 2017. *Automation of a Distillation Column of Packed Bed for an Alcohol Solution using Arduino*. S.l.: s.n.
- BENITES OTERO, Y.G., 2019. Diseño de un prototipo compacto potabilizador de agua superficial con independencia energética. En: Accepted: 2019-06-10T15:43:15Z, *Universidad de Piura* [en línea], [consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4047>.
- CALDERÓN CÓRDOVA, C., CUEVA, M., CUENCA, N., HONORES, A., GUAMAN, D., JIMENEZ, D. y RAMIREZ, C., 2018. *Monitoring and automation of the water pumping and storage process applied to a water treatment plant*. S.l.: s.n.
- CALLE ZAMBRANO, F.A. y GAIBOR VISTIN, J.X., 2017. *Automatización de un sistema de riego con monitoreo local usando una touch y control remoto inalámbrico via GSM (Arduino Open Source) para el mejoramiento dentro del campo agrícola en ASOFRUT de la Ciudad de Ambato*. [en línea]. bachelorThesis. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7641>.
- CHONG HIDALGO, P.C. y FERREYRA TENAZOA, J.S., 2023. Construcción e instalación de un prototipo para llenado de botellones con agua y su implementación con un controlador lógico programable. En: Accepted: 2023-

08-08T15:54:08Z [en línea], [consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/9250>.

CONTRERAS, E. y CONSTANZA, M., 2021. Propuesta de optimización del uso del agua industrial en Planta Cachantún, VI Región. En: Accepted: 2021-10-20T23:12:41Z, http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCD5759_01.pdf [en línea], [consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.cl/handle/10.4151/92671>.

DE LA A SANTAMARÍA, P.J. y SALTOS VILLAMAR, C.G., 2018. *Identificación del sistema y diseño del controlador para el proceso de sellado de los botellones en una planta de agua*. [en línea]. bachelorThesis. S.l.: La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2018. [consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4625>.

FIESTAS ECHE, J.E., 2020. Diseño de una planta de producción de agua de mesa en la provincia de Sechura. En: Accepted: 2020-06-19T16:59:47Z, *Universidad de Piura* [en línea], [consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4487>.

GISELLA, J., DARÍO, A., ALEXANDER, J., MORENO, C.-, ANDRÉS, G. y LEONARDO, C., 2022. Diseño de un sistema automático de embotellado y sellado de botellas para jugos de 250 mm³. , vol. 26,

GONZÁLEZ-LAPREA, J. y SANTIAGO, Á., 2021. Sistema automatizado para medición del coeficiente de fricción estática. Un dispositivo para actividades de docencia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 43, ISSN 1806-1117, 1806-9126. DOI 10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0056.

LEYVA TORREJON, P.F., 2022. Estudio de pre - factibilidad de una planta embotelladora de agua de mesa alcalina en el distrito de Perené - Chanchamayo. En: Accepted: 2023-02-17T18:43:43Z [en línea], [consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7426>.

MORA ALMEIDA, P.J., 2018. *HERRAMIENTAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y SU INCIDENCIA EN LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA PLANTA DE AGUA “LA LOMA DEL TANQUE” EN EL CANTÓN VINCES* [en línea]. bachelorThesis. S.l.: BABAHOYO. [consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4073>.

ORTIZ CHIMBOLEMA, G.A., 2018. *Sistema de control automático del proceso de llenado de botellones de agua en la Planta Purificadora ECOAGUA*. B.S. thesis. S.l.: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas

OSUNA, J. y CALDERONE, J., 2018. Monitoreo planta de agua mediante sistema Arduino. *XXI Concurso de Trabajos Estudiantiles (EST) - JAIIO 47 (CABA, 2018)* [en línea]. S.l.: s.n., [consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71679>.

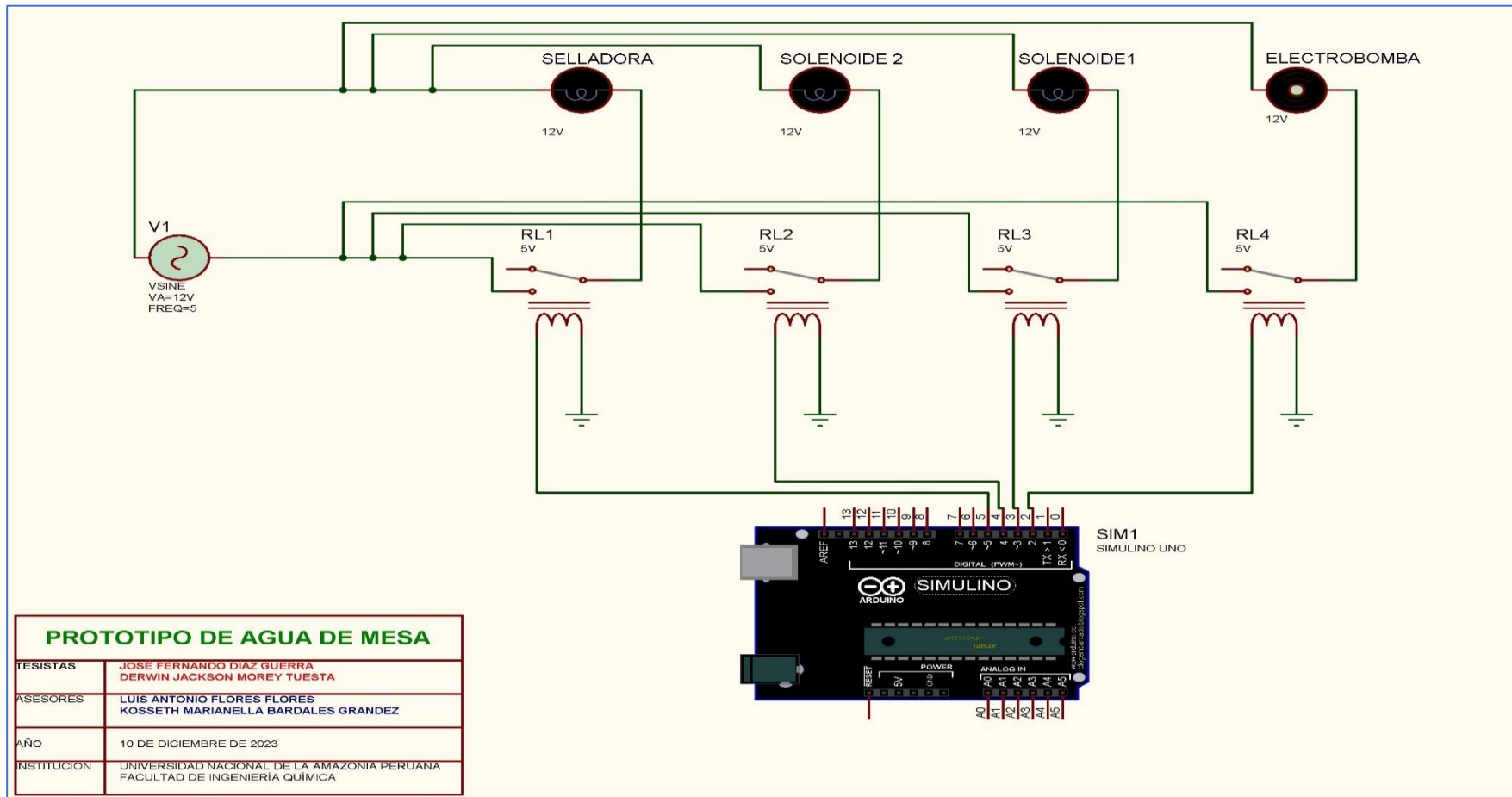
- PARADA, W., 2021. Construcción de prototipo de planta de tratamiento de aguas grises. En: Accepted: 2021-11-09T14:36:52Z [en línea], [consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/38338>.
- SAN MIGUEL FLORES, J., 2023. *Elaboración y automatización del prototipo de un sistema de cloración y monitoreo de turbidez, pH y cloro residual para potabilizar el agua de un tanque almacenador*. [en línea]. Thesis. S.l.: s.n. [consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31568>.
- TAPIA AYALA, C.H. y MANZANO YUPA, H.M., 2013. *Evaluación de la plataforma arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal* [en línea]. bachelorThesis. S.l.: s.n. [consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5522>.
- TORREZ QUISPE, J.J., 2018. *Diseño e implementación de una empaquetadora automática de productos alimenticios para la Empresa Victorias S.R.L.* [en línea]. Thesis. S.l.: s.n. [consulta: 21 diciembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/18807>.
- VELA ALIAGA, D.A., 2017. Los Sistemas de Automatización con Arduino y la Producción de Forraje Verde Hidropónico. En: Accepted: 2022-08-17T15:04:40Z, *Universidad Nacional de Ucayali* [en línea], [consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5659>.
- YATACO CHIPANA, A.D. y GUILLÉN ROJAS, R.C., 2023. Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta embotelladora de agua de mesa en la Provincia de Chíncha 2019. En: Accepted: 2023-01-21T20:36:25Z [en línea], [consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <http://localhost/xmlui/handle/autonomadeica/1985>.

ANEXOS

1. Matriz de consistencia

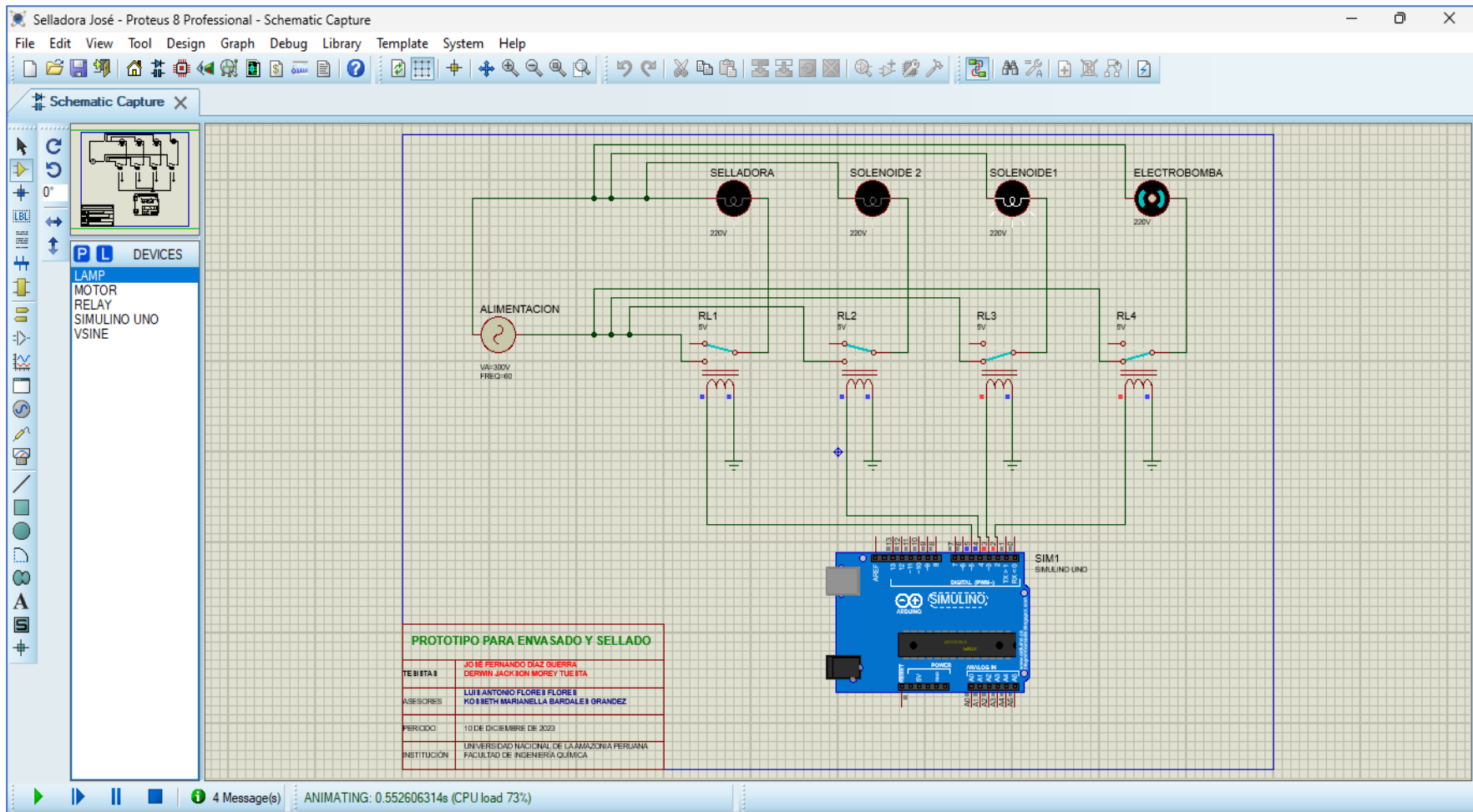
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo se puede construir e instalar un prototipo para envasado y sellado de agua de mesa eficiente automatizado con arduino?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el diseño para la construcción de un prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa? • ¿Cuáles son los pasos necesarios para programar y configurar el prototipo y como se controla las variables críticas con arduino? • ¿Cuál es el rendimiento en términos de eficiencia, precisión y calidad que aporta el prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa? • ¿Como diseñar y desarrollar una interfaz que permita al usuario interactuar con el equipo? 	<p>Objetivo general</p> <p>Construir e instalar un prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa eficiente automatizado con arduino.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar para la construcción de un prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa. • Programar y configurar el prototipo, para controlar las variables críticas con el arduino. • Evaluar el rendimiento en términos de eficiencia, precisión y calidad que aporta el prototipo para el envasado y sellado de agua de mesa. • Diseñar y desarrollar una interfaz que permita al usuario interactuar con el equipo. 	<p>Hipótesis general</p> <p>El desarrollo e implementación de un prototipo automatizado de envasado y sellado de agua de mesa utilizando Arduino resultará en un proceso más eficiente y preciso.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un diseño adecuado y bien planificado para la construcción de un prototipo de envasado y sellado de agua de mesa permitirá la creación de un sistema funcional, eficiente y seguro. • Al identificar y programar adecuadamente los pasos necesarios para configurar el prototipo, se logrará una operación eficiente y consistente del sistema. • El prototipo ofrecerá un rendimiento mejorado en términos de eficiencia, precisión y calidad. • El diseño y desarrollo de una interfaz adecuada permitirá al usuario interactuar de manera eficiente y efectiva con el equipo. 	<p>Variable de calibración</p> <p>Uso del prototipo</p> <p>Variable Evaluativa</p> <p>Eficiencia</p> <p>Variable Evaluativa</p> <p>Precisión de llenado</p> <p>Variable Evaluativa</p> <p>Calidad del envasado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Horas de funcionamiento diario. • Cantidad de veces que se utiliza por día • Duración promedio de cada secesión de uso <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio de envasado por unidad de agua. • Cantidad de agua envasada por hora. • Porcentaje de envases sellados correctamente. <ul style="list-style-type: none"> • Desviación estándar del volumen de agua envasada • Tasa de error en el llena y sellado de los envases <ul style="list-style-type: none"> • Integridad del sellado • Homogeneidad del llenado • Ausencia de impurezas o contaminación de agua 	<p>Tipo de investigación</p> <p>Enfoque cuantitativo con nivel aplicativo y diseño no experimental prospectivo.</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR A[A] --> E[E] A --> P[P] A --> C[C] </pre> </div> <p>Esquema del diseño de investigación</p> <p>En este tipo de investigación, los investigadores pueden trabajar con un grupo específico de ingenieros, programadores o técnicos para construir y probar el prototipo.</p> <p>El muestreo fue a criterio del investigador, estos criterios para la selección son las operaciones del envasado y el sellado.</p>

2. Diagrama de prototipo de envasado y sellado



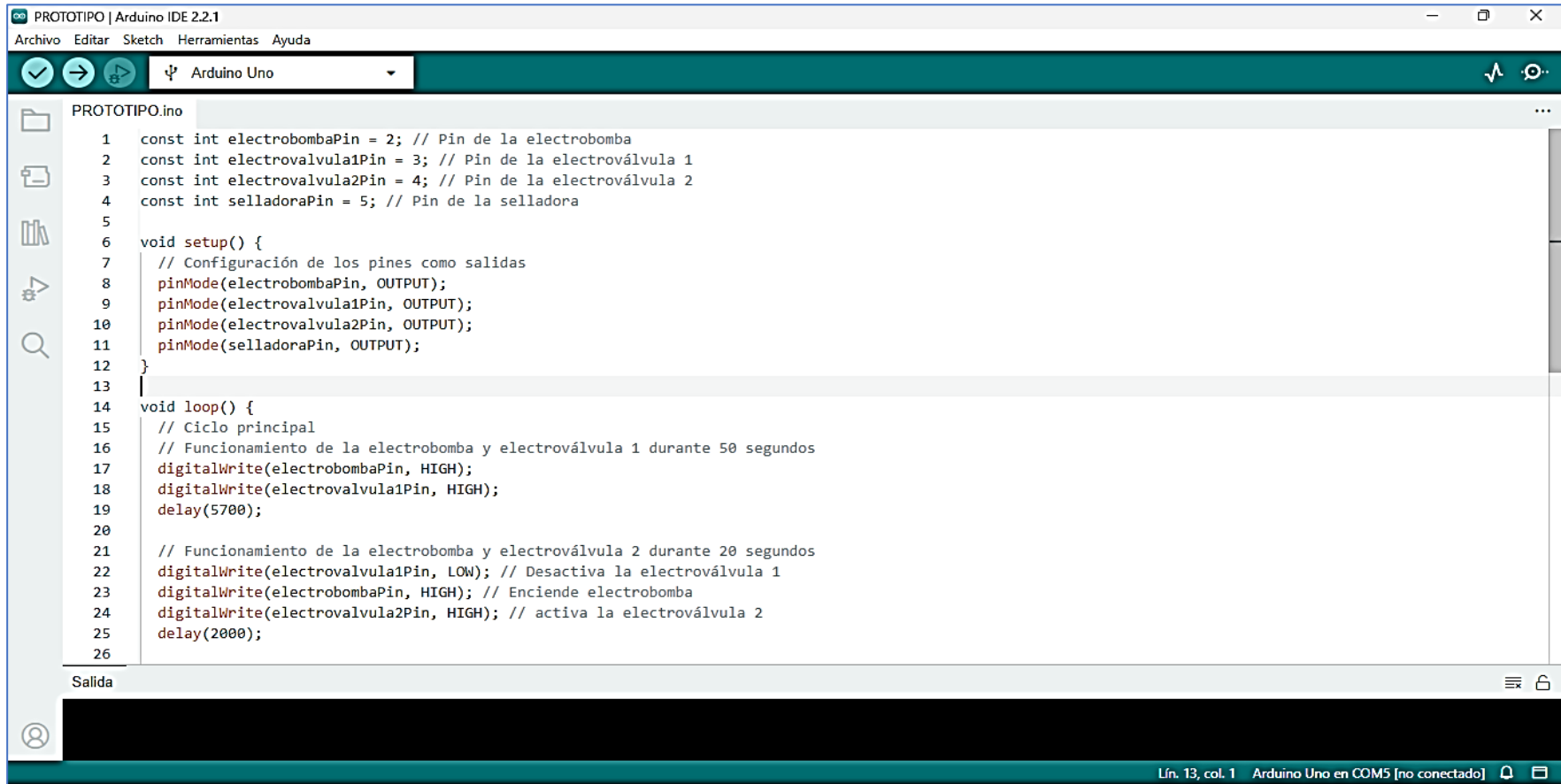
Fuente: Elaboración Propia

3. Prueba del simulador Proteus 8 Profesional



Fuente: Elaboración Propia

4. Interfaz de comunicación con arduino



```
PROTOTIPO.ino
1  const int electrobombaPin = 2; // Pin de la electrobomba
2  const int electrovalvula1Pin = 3; // Pin de la electroválvula 1
3  const int electrovalvula2Pin = 4; // Pin de la electroválvula 2
4  const int selladoraPin = 5; // Pin de la selladora
5
6  void setup() {
7      // Configuración de los pines como salidas
8      pinMode(electrobombaPin, OUTPUT);
9      pinMode(electrovalvula1Pin, OUTPUT);
10     pinMode(electrovalvula2Pin, OUTPUT);
11     pinMode(selladoraPin, OUTPUT);
12 }
13
14 void loop() {
15     // Ciclo principal
16     // Funcionamiento de la electrobomba y electroválvula 1 durante 50 segundos
17     digitalWrite(electrobombaPin, HIGH);
18     digitalWrite(electrovalvula1Pin, HIGH);
19     delay(5700);
20
21     // Funcionamiento de la electrobomba y electroválvula 2 durante 20 segundos
22     digitalWrite(electrovalvula1Pin, LOW); // Desactiva la electroválvula 1
23     digitalWrite(electrobombaPin, HIGH); // Enciende electrobomba
24     digitalWrite(electrovalvula2Pin, HIGH); // activa la electroválvula 2
25     delay(2000);
26 }
```

Salida

Lín. 13, col. 1 Arduino Uno en COM5 [no conectado]

Fuente: Elaboración Propia

5. Interfaz del Usuario

The screenshot displays the Visual Studio IDE with a Windows Forms application named "Form1.cs [Diseño]". The main design area shows a control interface titled "Interfaz control envasado y sellado". It contains four components arranged in a 2x2 grid:

- Solenoide1**: A solenoid valve icon with "Encender" (green) and "Apagar" (red) buttons.
- Solenoide2**: A solenoid valve icon with "Encender" (green) and "Apagar" (red) buttons.
- Bomba**: A motor icon with "Encender" (green) and "Apagar" (red) buttons.
- Selladora**: A heat gun icon with "Encender" (green) and "Apagar" (red) buttons.

At the bottom left of the design area, there is a label "serialPort1".

The right side of the IDE shows the **Explorador de soluciones** (Solution Explorer) with the following structure:

- Solución "Modulo" (1 de 1 proyecto)
 - Modulo
 - Properties
 - Referencias
 - Resources
 - Bomba Apagado.jpg
 - Bomba Encendido.jpg
 - SelladoraAPA.jpg
 - SelladoraENC.jpg
 - SolenoideAPA1.png
 - SolenoideENC1.png
 - SolenoideENC2.png
 - App.config
 - Form1.cs

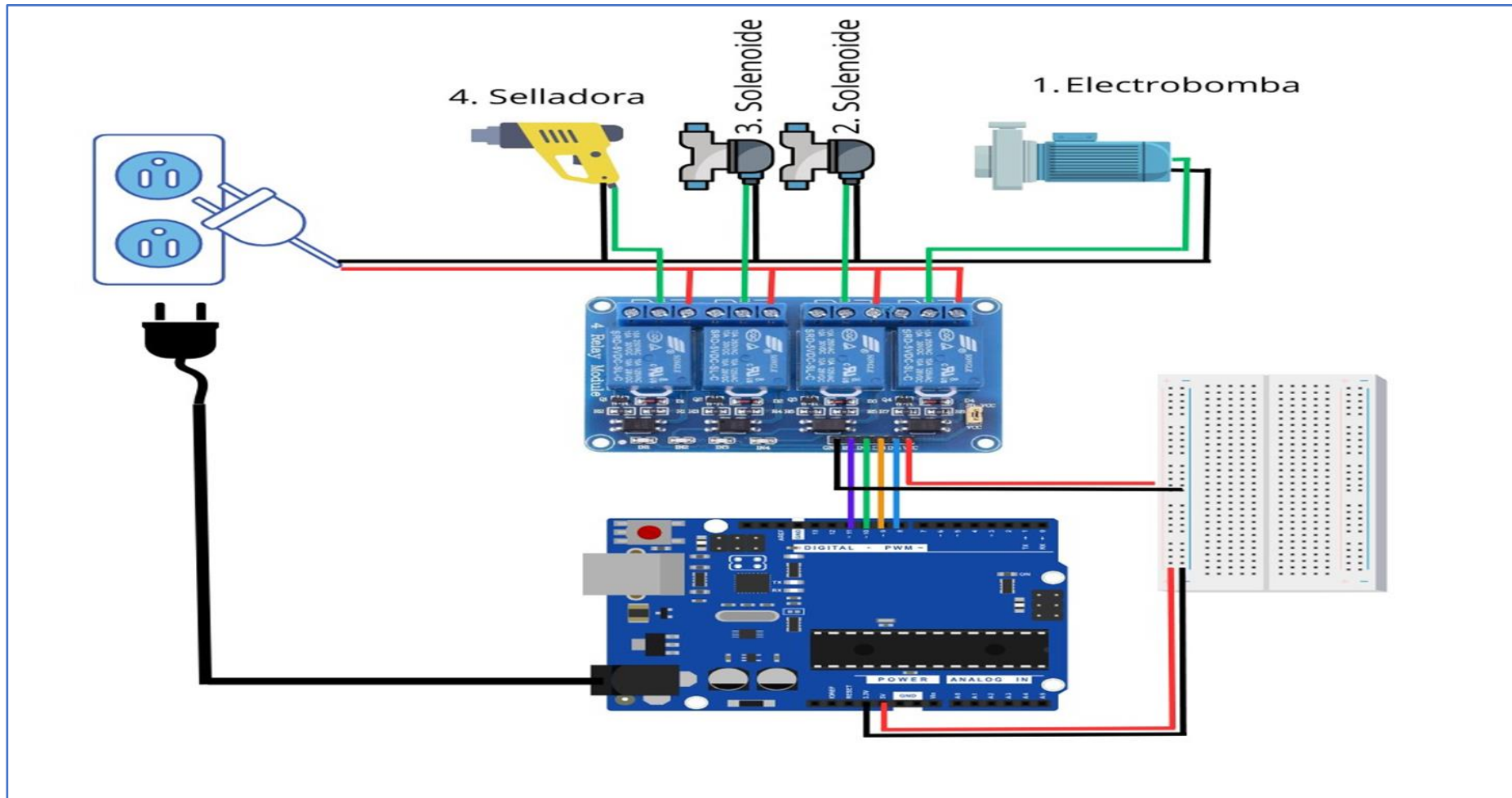
The **Propiedades** (Properties) window shows the following settings for **Form1 System.Windows.Forms.Form**:

- BackColor: Control
- BackgroundImage: (ninguno)
- BackgroundImageLayout: Tile
- Cursor: Default
- Font: Microsoft Sans Serif; 8.25pt
- ForeColor: ControlText

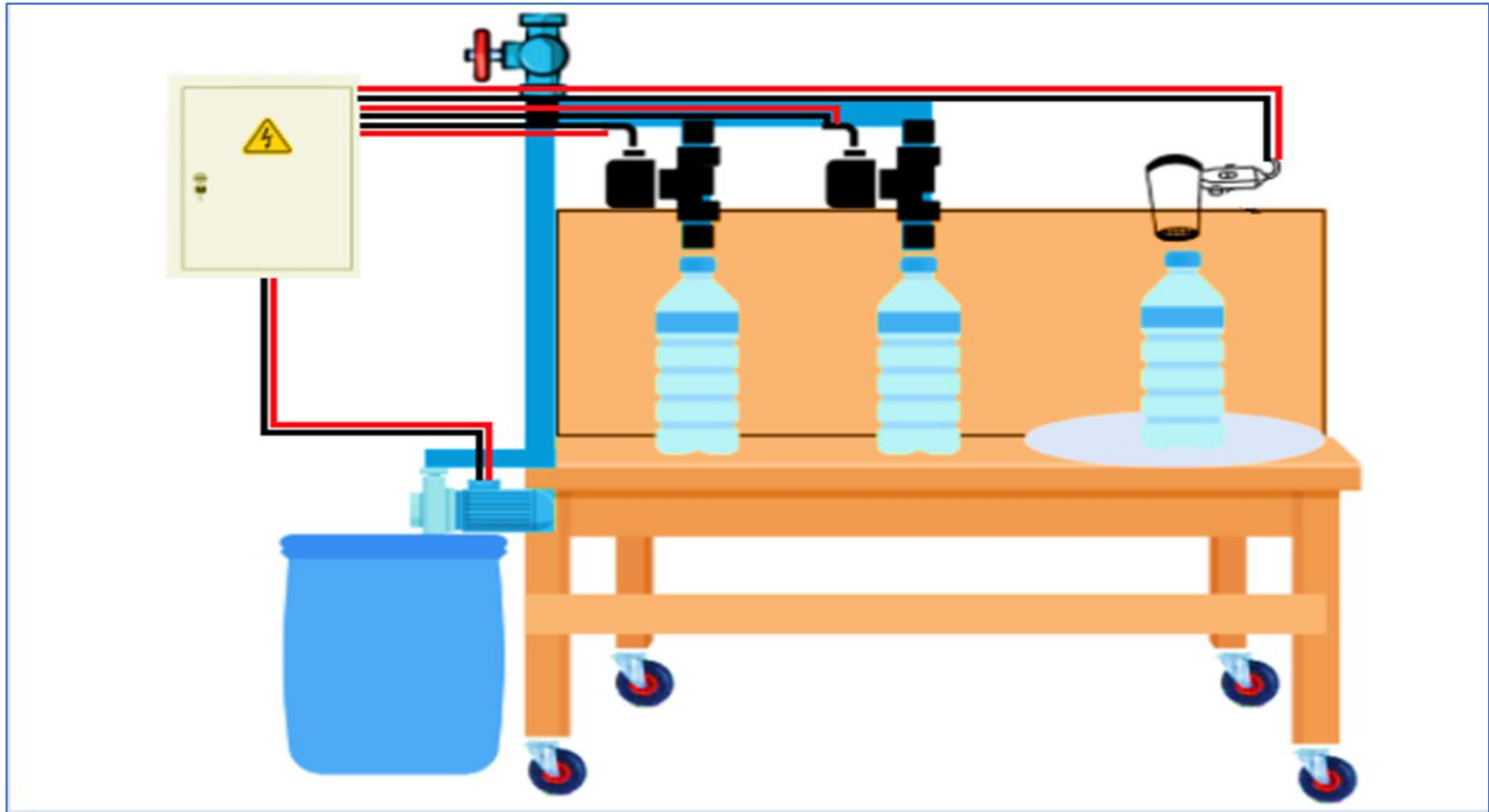
The **BackColor** property description reads: "El color de fondo del componente."

The status bar at the bottom shows "Listo" on the left and "Agregar al control de código fuente" and "Seleccionar repositorio" on the right.

6. Representación Gráfica del tablero eléctrico

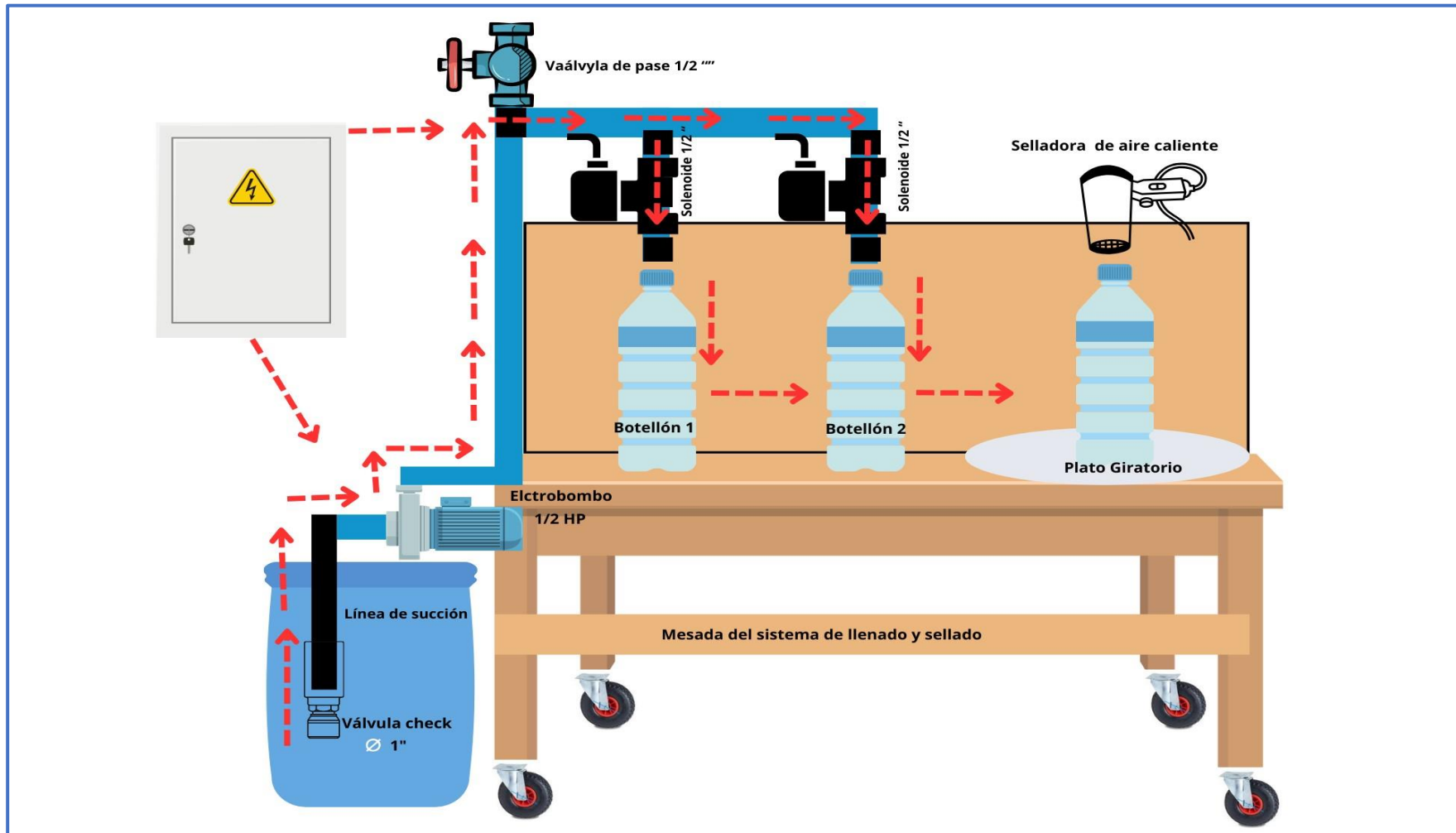


7. Representación gráfica del ensamblado



Fuente: Elaboración Propia

8. Representación del diagrama de flujo



9. Código de programación

```
const int electrobombaPin = 2; // Pin de la electrobomba
const int electrovalvula1Pin = 3; // Pin de la electroválvula 1
const int electrovalvula2Pin = 4; // Pin de la electroválvula 2
const int selladoraPin = 5; // Pin de la selladora

void setup() {
  // Configuración de los pines como salidas
  pinMode(electrobombaPin, OUTPUT);
  pinMode(electrovalvula1Pin, OUTPUT);
  pinMode(electrovalvula2Pin, OUTPUT);
  pinMode(selladoraPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Ciclo principal
  // Funcionamiento de la electrobomba y electroválvula 1 durante 50
segundos
  digitalWrite(electrobombaPin, HIGH);
  digitalWrite(electrovalvula1Pin, HIGH);
  delay(5700);

  // Funcionamiento de la electrobomba y electroválvula 2 durante 20
segundos
  digitalWrite(electrovalvula1Pin, LOW); // Desactiva la electroválvula 1
  digitalWrite(electrobombaPin, HIGH); // Enciende electrobomba
  digitalWrite(electrovalvula2Pin, HIGH); // activa la electroválvula 2
  delay(2000);

  // Funcionamiento de la selladora y electrobomba con electroválvula 2
durante 20 segundos
  digitalWrite(selladoraPin, HIGH); // activa la selladora
  digitalWrite(electrobombaPin, HIGH); // Enciende electrobomba
```

```
digitalWrite(electrovalvula2Pin, HIGH); // activa la electroválvula 2  
delay(2000);
```

```
// 10 segundos de electrobomba con electroválvula 2
```

```
digitalWrite(selladoraPin, LOW); // Desactiva la selladora  
digitalWrite(electrobombaPin, HIGH); // Enciende electrobomba  
digitalWrite(electrovalvula2Pin, HIGH); // activa la electroválvula 2  
delay(1700);
```

```
// Descanso de 20 segundos
```

```
digitalWrite(electrobombaPin, LOW); // Desactiva la electrobomba  
digitalWrite(electrovalvula1Pin, LOW); // Desactiva la electroválvula 1  
digitalWrite(electrovalvula2Pin, LOW); // Desactiva la electroválvula 2  
digitalWrite(selladoraPin, LOW); // Desactiva la selladora  
delay(2000);
```

```
// Funcionamiento de la selladora durante 20 segundos
```

```
digitalWrite(selladoraPin, HIGH);  
delay(2000);
```

```
// Descanso de 1 minuto
```

```
digitalWrite(electrobombaPin, LOW); // Desactiva la electrobomba  
digitalWrite(electrovalvula1Pin, LOW); // Desactiva la electroválvula 1  
digitalWrite(electrovalvula2Pin, LOW); // Desactiva la electroválvula 2  
digitalWrite(selladoraPin, LOW); // Desactiva la selladora  
delay(6000);
```

```
}
```

10. Registro fotográfico



Foto N° 1: Prediseño del sistema de automatización.



Foto N° 2: Preensamblado del microprocesador.



Foto N° 3: Ensamble del prototipo de envasado y llenado.



Foto N° 4: Ensamble del prototipo de envasado y llenado.

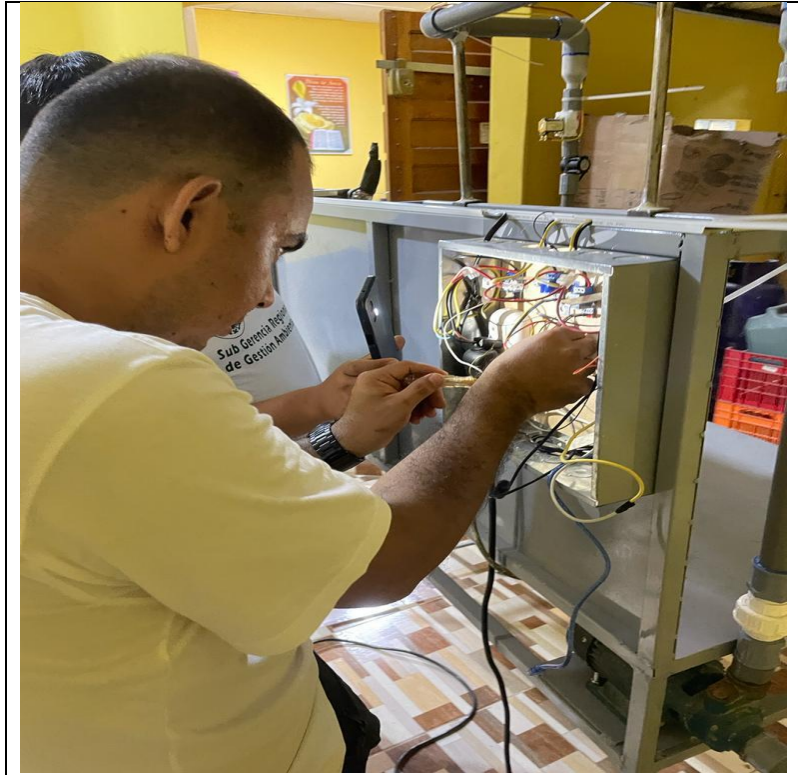


Foto N° 5: Ensamble del sistema eléctrico.

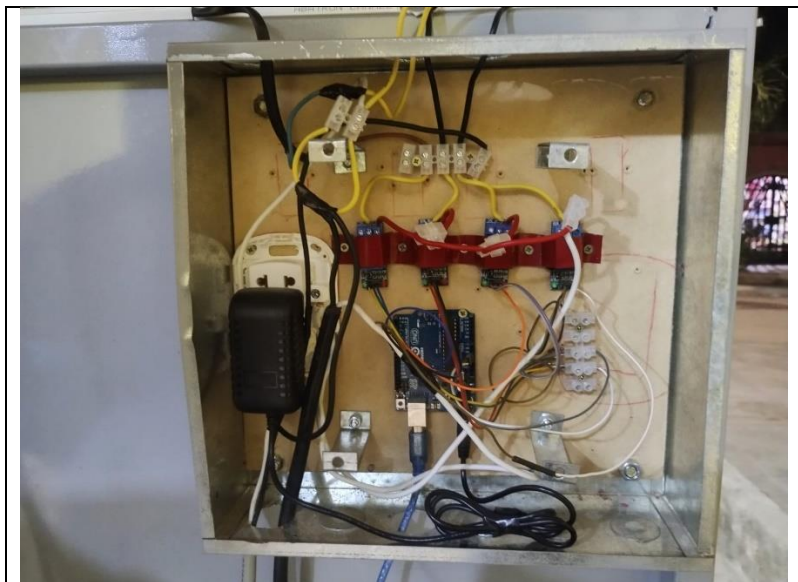


Foto N° 6: Ensamble del sistema eléctrico.



Foto N° 7: Pruebas finales del prototipo.



Foto N° 8: Pruebas finales del prototipo.