

# **UCUENCA**

## **Tableros**

## **Manual de usuario**

**Version 1**

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones  
Ing. Henry Maldonado

October 30, 2025

# Contents

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Componentes del tablero</b>	<b>3</b>
2.1	Controllino Mega . . . . .	4
2.2	ESP32 PLC 14 . . . . .	7
2.2.1	LoRa . . . . .	8
2.3	HMI STONE . . . . .	9
2.3.1	Carga de la interfaz al HMI . . . . .	10
2.3.2	Procesamiento de datos desde el HMI . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Procedimiento de encendido</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Prácticas</b>	<b>14</b>
4.1	Práctica 1: Manejo de Salidas Digitales con Controllino Mega. . . . .	14
4.1.1	Materiales requeridos . . . . .	14
4.1.2	Pasos para la ejecución de la práctica . . . . .	14
4.1.3	Reto . . . . .	16
4.1.4	Entregables de la práctica . . . . .	16
4.2	Práctica 2: Control básico de salidas digitales y aplicación avanzada con FSM. . . . .	17
4.2.1	Materiales requeridos . . . . .	17
4.2.2	Pasos para la ejecución de la práctica . . . . .	17
4.2.3	Observaciones . . . . .	18
4.2.4	Reto . . . . .	20
4.2.5	Entregables de la práctica . . . . .	21
4.3	Práctica 3: Diseño de interfaz gráfica para el control de salidas en Controllino . . . . .	22
4.3.1	Materiales requeridos . . . . .	22
4.3.2	Pasos para la ejecución de la práctica . . . . .	22
4.3.3	Observaciones . . . . .	31
4.3.4	Reto . . . . .	32
4.3.5	Entregables de la práctica . . . . .	32
4.4	Práctica 4: Adquisición de datos de motor y gráfica. . . . .	33
4.4.1	Materiales requeridos . . . . .	33
4.4.2	Pasos para la ejecución de la práctica . . . . .	34
4.4.3	Reto . . . . .	51
4.4.4	Entregables de la práctica . . . . .	52

# 1 Introducción

El tablero de control es un equipo didáctico que integra dos PLC (Programmable Logic Controllers) de grado industrial: el Controllino Mega, basado en tecnología Arduino, y el ESP32 PLC 14, que utiliza un microcontrolador ESP32 y es compatible con el entorno de programación Arduino IDE. Ambos controladores cuentan con entradas y salidas analógicas y digitales, que están conectadas a través de borneras, LED y actuadores distribuidos en el tablero. Esta configuración permite desarrollar e implementar de forma práctica diversos sistemas de automatización y control.

Además, el tablero también incluye una interfaz hombre-máquina (HMI) de marca Stone, que permite la interacción directa con el sistema, ya sea para monitoreo o control.

Cada tablero está equipado con los siguientes elementos:

- Una fuente de alimentación
- Un HMI Stone
- Un Controllino Mega
- Un ESP32 PLC 14
- Un switch de red
- Borneras de conexión
- Protoboards adheridos para facilitar el cableado y la experimentación con sensores, actuadores y otros dispositivos.

En este sentido, este documento plantea una guía para comprender sus componentes, funcionamiento e implementación en aplicaciones prácticas.

## 2 Componentes del tablero

Las Figuras 1 y 2 presentan los componentes de la parte frontal y posterior del tablero, respectivamente.

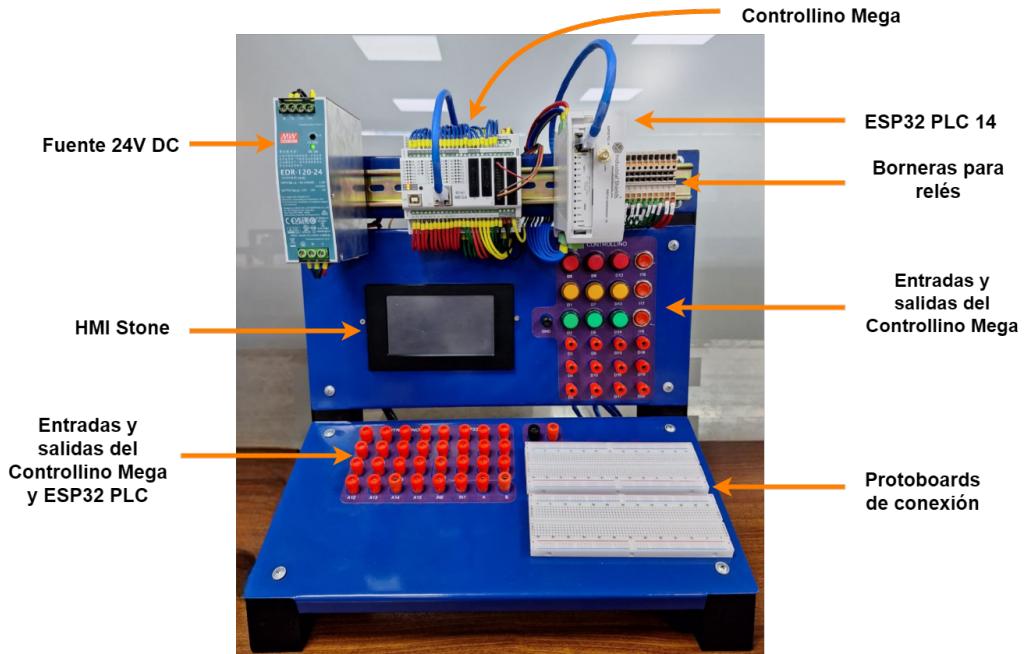


Figure 1: Componentes de la parte frontal del tablero

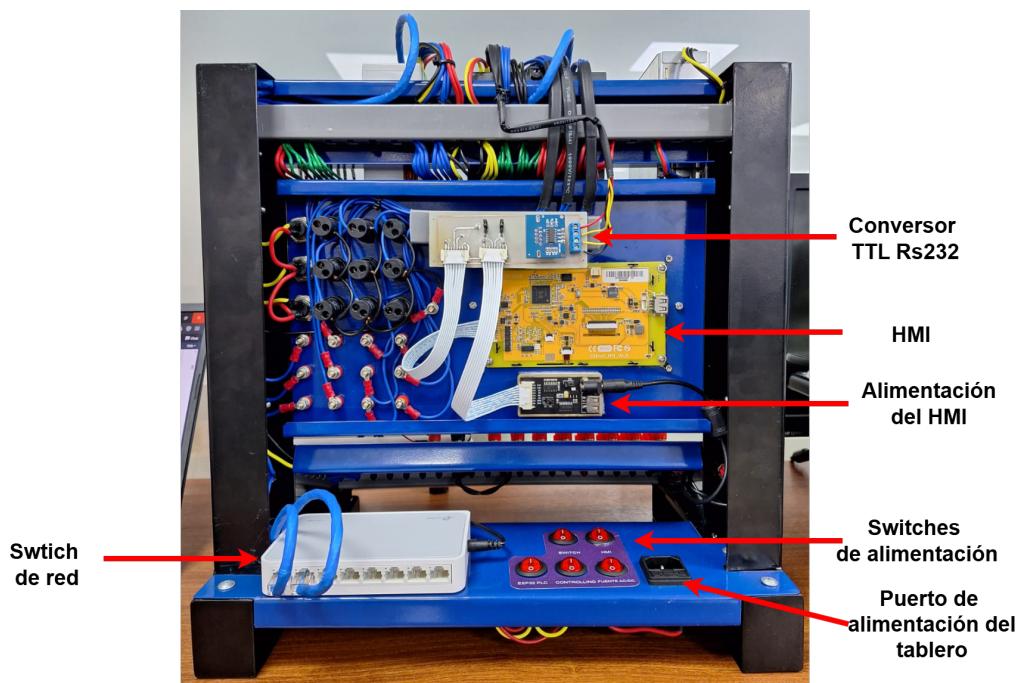


Figure 2: Componentes de la parte posterior del tablero.

Información general [🔗](#).

## 2.1 Controllino Mega

El Controllino Mega es un PLC de grado industrial basado en software de código abierto. Totalmente compatible con Arduino [1].



Figure 3: Controllino Mega.

El tablero cuenta con borneras para entradas analógicas, digitales y relés correspondientes al Controllino Mega.

La Figura 4 muestra las borneras correspondientes a las entradas analógicas del Controllino, se identifican con la letra **A** seguida de un número, que es el número de entrada analógica. Además, los pines de interrupciones, que se identifican con las letras **IN** seguidas de **0** o **1**. Los pines **A** y **B** corresponden a los pines + y - de la comunicación RS485 del Controllino. Adicionalmente, existen las borneras de **GND** y **5V** suministradas por el Controllino Mega.



Figure 4: Borneras de conexión a entradas analógicas, interrupciones y RS485.

La Figura 5 muestra las luces LED conectadas a las salidas digitales que se identifican con la letra **D** seguida del número de salida digital. Las salidas sobrantes están mapeadas con borneras que siguen la misma identificación. Los botones están colocados en las entradas digitales correspondientes a **I16**, **I17** e **I18**.



Figure 5: Leds, botones y borneras de salidas digitales del Controllino Mega.

La Figura 6 muestra los conectores para los relés del Controllino Mega. Específicamente el **relé 4** y **relé 5** que son relés de dos posiciones o Single Pole Single Throw (SPST). Adicionalmente, también está disponible un relé de doble tiro o Single Pole Double Throw (SPDT) compuesto por **relé 8**, **relé 9** y **CMN**.

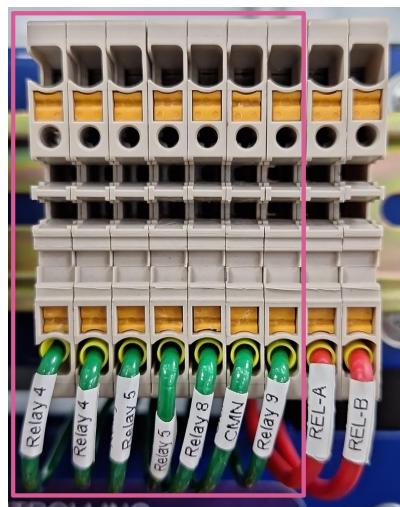


Figure 6: Relés del Controllino Mega.

Si bien las entradas y salidas del Controllino Mega ubicadas en las borneras del tablero operan a 24 V DC (voltaje de su fuente), el Controllino Mega cuenta con pines que operan a 5 V; estos se encuentran en los puertos **Xn** donde **n** representa el número de puerto, que puede ser **1..4**. Estos puertos se presentan en la Figura 7.

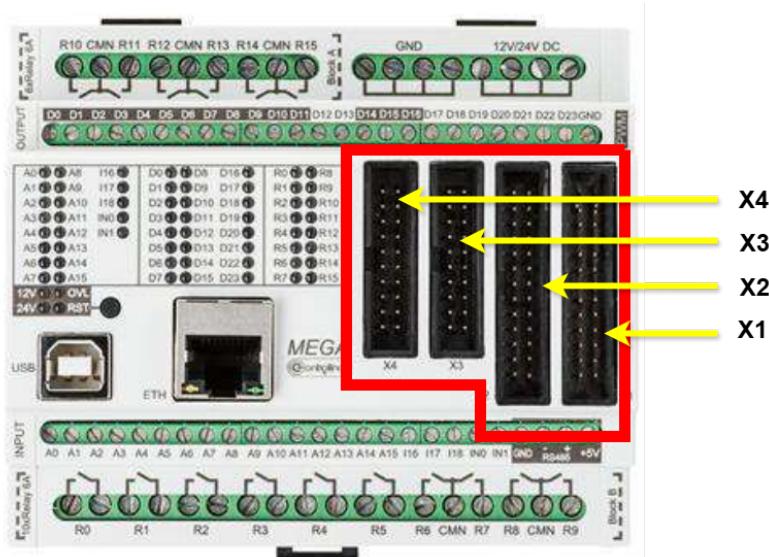


Figure 7: Puertos **X1, X2, X3** y **X4** del Controllino Mega.

A continuación, se comparte material necesario para la instalación e infografía del Controllino Mega:

- Videotutorial de instalación de la librería oficial Controllino en Arduino IDE [🔗](#).
- Enlace para instalar la librería de Controllino en Arduino IDE [🔗](#).
- Infografía de Controllino Mega [🔗](#).

## 2.2 ESP32 PLC 14

El ESP32 PLC 14, presentado en la Figura 8, es un equipo basado en la tecnología del controlador ESP32, diseñado para uso profesional. Este PLC cuenta con varios puertos de comunicación, lo que le proporciona mayor flexibilidad y control. Puede ser programado mediante el entorno Arduino IDE.



Figure 8: ESP32 PLC 14.

El tablero dispone de borneras para las entradas analógicas y digitales, así como para las salidas digitales del ESP32 PLC 14.

La Figura 9, muestra las entradas digitales, que se encuentran en las borneras etiquetadas como **I0**, numeradas del **1** al **8**. Los pines **I0-7** e **I0-8** pueden configurarse tanto como entradas digitales como analógicas. Por su parte, las borneras etiquetadas como **Q0**, corresponden a las cuatro salidas digitales.



Figure 9: Pines del ESP32 PLC14.

Adicionalmente, también existen borneras de relés del ESP32 PLC14. En la Figura 10 se muestra el relé de un solo tiro compuesto por **REL-A** y **REL-B**.



Figure 10: Relé del EPS32 PLC14.

Además, el ESP32 PLC 14 incorpora los protocolos de comunicación RS485, Ethernet, WiFi y LoRa. Para el uso de WiFi y LoRa, es necesario instalar las antenas correspondientes.

A continuación, se comparte la infografía, ejemplos de uso básico y el proceso de instalación:

- Uso básico: [🔗](#).
- Infografía: [🔗](#).
- Instalación en Arduino IDE: Se encuentra detallada en la sección 4 de la guía de usuario [🔗](#).

### 2.2.1 LoRa

El ESP32 PLC 14 utilizado en los tableros incorpora un módulo LoRa 2 Click basado en el microcontrolador RN2903. Este módulo no se comunica directamente con el ESP32, sino que lo hace a través de un microcontrolador intermedio tipo PIC, que actúa como puente entre el ESP32 y el módulo LoRa. La comunicación entre el ESP32 y el PIC se establece mediante el bus I2C, utilizando una interfaz especializada denominada HardwareSerialPIC, desarrollada por el fabricante Industrial Shields.

Los ejemplos de comunicación LoRaWAN proporcionados por el fabricante utilizan esta interfaz junto con la librería [RN2483-Arduino-Library](#) desarrollada por jpmeijers, que permite el envío de comandos al módulo RN2903 desde el ESP32 de forma transparente.

Para garantizar una operación estable con redes como The Things Network (TTN), es fundamental configurar adecuadamente parámetros clave del módulo, tales como la subbanda activa (canales habilitados), el tiempo de espera de la ventana RX1 y el seguimiento del estado de unión (Join) a la red, ya que estos parámetros influyen directamente en la estabilidad del enlace.

## 2.3 HMI STONE

El HMI STONE es una pantalla táctil diseñada para interfaces hombre-máquina, que permite la visualización y el control de procesos a través de comunicación RS232. Cada HMI incorporado en los tableros cuenta con su propia fuente de alimentación de 12 V. Las Figuras 11 y 12 muestran la parte frontal y posterior de la HMI Stone.

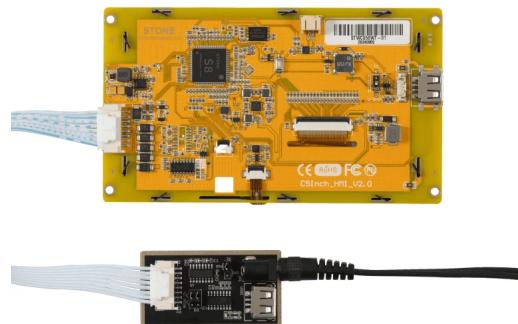


Figure 11: Vista frontal del HMI.

Figure 12: Vista posterior del HMI.

El HMI en cada tablero corresponde a la versión STONE STWC050WT-01, que tiene una resolución de 800x480 píxeles, de 5 pulgadas. Implementa comunicación mediante RS232, por lo que es necesario usar un módulo de conversión de TTL a RS232 para usarlo desde el Controllino Mega; el módulo mencionado ya está implementado en cada tablero [2].

A continuación se comparte el material necesario para usar el HMI:

- Infografía general [\[2\]](#).
- Instaladores de Stone Designer GUI Software para distintos sistemas operativos, útil para el diseño de interfaces [\[2\]](#).
- Formas de subir un proyecto en el HMI: En la sección 2 de la guía de usuario del HMI Stone [\[2\]](#).
- Guía de usuario [\[2\]](#).
- Infografía total del fabricante [\[2\]](#).
- Página oficial [\[2\]](#).

### 2.3.1 Carga de la interfaz al HMI

Para cargar una interfaz en el HMI utilizando el software de diseño **STONE Designer**, se puede optar por dos métodos: mediante una memoria USB o directamente desde la PC.

- **Carga mediante memoria USB**

1. Colocar el interruptor que se presenta en la Figura 13 del HMI en la posición **U Disk**.

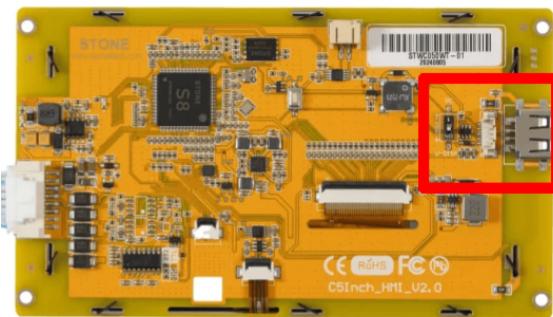


Figure 13: Interruptor para modo de carga de interfaz.

2. En el software **STONE Designer GUI**, hacer clic en el botón **download** y guardar el proyecto en una carpeta con la siguiente ruta: STONE/project/.
3. Copiar la carpeta STONE a la memoria USB.
4. Insertar la memoria USB en el puerto USB-A del HMI. La interfaz se cargará automáticamente.
5. Una vez finalizada la carga, retirar la memoria USB. El HMI se reiniciará de forma automática.

- **Carga directa desde la PC**

1. Colocar el interruptor mostrado en la Figura 13 de la parte posterior del HMI en la posición **PC**.
2. Conectar un cable USB entre el puerto USB-A del HMI y la computadora.
3. Desde el explorador de archivos de la PC, acceder al almacenamiento interno del HMI y eliminar la carpeta llamada **default** y reiniciar el HMI presionando el botón que se encuentra en su parte posterior.
4. En el software **STONE Designer GUI**, hacer clic en el botón **download** y guardar el proyecto directamente en el almacenamiento del HMI.
5. Presionar el botón de reinicio ubicado en la parte posterior del HMI para aplicar los cambios.

### 2.3.2 Procesamiento de datos desde el HMI

Aunque el fabricante del HMI STONE proporciona una librería compatible con el entorno de desarrollo Arduino IDE, esta únicamente permite recibir tramas completas desde el HMI, que son almacenadas en una estructura de tipo `HMI_ProtocolMsg`. Esta estructura contiene varios campos, entre ellos el arreglo `.data`, que almacena tanto el nombre del widget (por ejemplo, `spin_box2`) como el valor que se desea leer.

Debido a esta configuración, no es posible obtener directamente el valor numérico del widget (entero o flotante) sin realizar un procesamiento adicional. Para facilitar esta tarea y permitir una programación más intuitiva desde el microcontrolador, se implementaron funciones auxiliares personalizadas en la librería «`Procesar_HMI.h`» que permite:

- Identificar el nombre del widget dentro del campo `data`.
- Extraer los bytes necesarios, convertirlos y retornar el valor que se desea obtener.

De esta manera, se puede utilizar una función como `HMI_get_value("spin_box", "spin_box2")` para obtener directamente el valor del widget como una variable `float` o `int`, sin preocuparse por el análisis manual de la trama.

Actualmente, la librería se encuentra en fase de desarrollo, por lo que su funcionalidad está limitada a la obtención de datos desde widgets del tipo slider y spinbox. Cualquier avance o actualización será publicado en el repositorio de GitHub: [GitHub](#).

### 3 Procedimiento de encendido

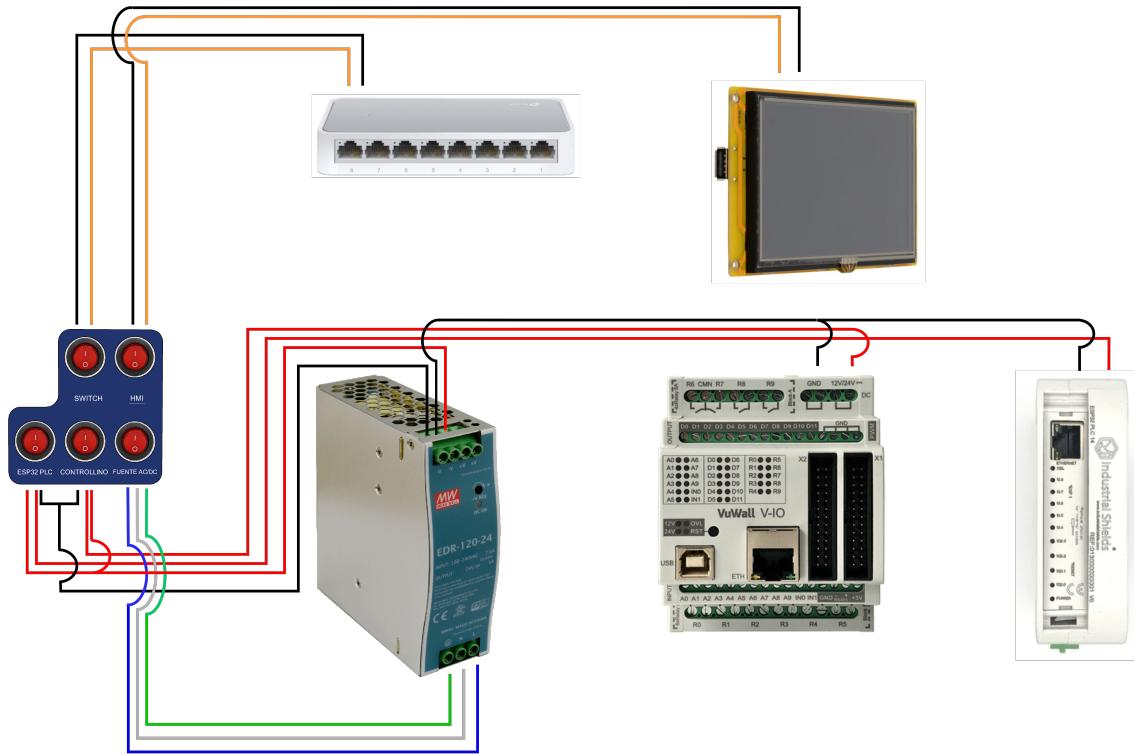


Figure 14: Conexión de energía del tablero.

Los elementos principales de cada uno de los tableros se deben encender en el siguiente orden:

1. Colocar el cable de alimentación del tablero.
2. Encender la fuente de alimentación presionando el switch con la etiqueta de Fuente AC/DC, como resultado se encenderá un LED de color verde en la parte frontal de la fuente. Esta fuente de alimentación brinda una salida de 24 V DC. Suministra energía tanto al Controllino Mega como al EPS32 PLC14.
3. Para encender el Controllino Mega es necesario que la fuente esté encendida. Luego, presionar el switch con la etiqueta **Controllino**, y se encenderá el LED indicativo de color verde de 24 V en la parte frontal del Controllino Mega.
4. Para encender el EPS32 PLC14 Mega es necesario que la fuente esté encendida. Posteriormente, presionar el switch con la etiqueta **ESP32 PLC14**. Verificar el que LED de color naranja con la etiqueta de **POWER** en la parte frontal se encienda.
5. Tanto el HMI STONE como el switch de red cuentan con sus propias fuentes de alimentación, por lo que no es necesario encender la fuente AC/DC principal. Para encender el switch de red o el HMI STONE, se debe accionar el interruptor rotulado como **Switch** o **HMI**, respectivamente.

Al encender el HMI, este se inicializará automáticamente y mostrará una pantalla con la palabra "STONE". A continuación, cargará la interfaz almacenada en su memoria; en caso de no tener ninguna interfaz guardada, mostrará una pantalla azul.

El switch de red encenderá un LED verde en su parte superior, indicando que está en funcionamiento.

6. Una vez encendidos, todos los equipos podrán ser usados en las aplicaciones que se deseen.

## References

- [1] *Democratizing industrial automation with open source plcs*, <https://www.controllino.com/>, Accedido el 2 de mayo de 2025, 2015. [Online]. Available: <https://www.controllino.com/>
- [2] STONE Technology, *Intelligent tft-lcd module model stwc50wt-01*, <https://www.stoneitech.com/download/datasheet-stwc050wt-01/>, Accedido el 2 de mayo de 2025, 2021.
- [3] cebASF1, *Proyecto semáforo*, Apr. 2011. [Online]. Available: <https://cebasf1.wordpress.com/2011/04/04/proyecto-semaforo/>