



**“Tu aliado en soluciones escolares”**

## **EMPRESA SIMULADA**

**Unidad de Formación, Investigación y Desarrollo  
Tecnológico N°6036**

**Tecnicatura Superior en Mecatrónica con Orientación en  
Automatización y Mantenimiento Industrial**

**Asignatura:**

**Practica Profesional VI: MECATRÓNICA II**

**Profesor:**

**Malnis, Jorge**

**Alumnos:**

**Valdiviezo, Ricardo Fabricio  
Sanchez, Juan**

**ORÁN - SALTA - ARGENTINA**



NOMBRE DEL PROYECTO:

- Control de Asistencia Escolar con RFID

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Proyecto orientado a aplicar los conocimientos de **Práctica Profesionalizante VI: Mecatrónica II** mediante el desarrollo de un sistema de control de asistencia escolar con tecnología RFID, que identifica automáticamente a los estudiantes a través de señales luminosas y sonoras.

CÓDIGO QR DEL PROYECTO:



Nombre de la empresa TechAsist SRL, Tu aliado en soluciones tecnológicas para el control y la organización escolar.

### Organización y ejecución del proyecto

Área	Responsable	Rol
Ventas	Valdiviezo Ricardo	Lidera la estrategia comercial, atención a clientes, generación de contactos y cierre de ventas.
Administración	Sánchez Juan	Gestiona recursos, controla presupuestos, lleva registro financiero y coordina logística interna.

### Idea general de ejecución:

- El equipo trabaja coordinadamente para ofrecer un producto tecnológico que facilite la gestión de asistencia escolar, con énfasis en confiabilidad, facilidad de uso y soporte al cliente.
- Se establecen metas semanales y controles de calidad para asegurar el correcto funcionamiento de los productos antes de la entrega al cliente.

### Misión

- Brindar soluciones tecnológicas innovadoras y accesibles que optimicen la gestión escolar, haciendo más eficiente y seguro el control de asistencia de estudiantes, con atención personalizada y compromiso con la calidad.

### Visión

- Ser reconocidos como la empresa líder en soluciones tecnológicas educativas en la región, destacando por la confiabilidad, innovación y excelencia en la atención al cliente.

### Objetivo

- Desarrollar y comercializar sistemas de control de asistencia escolar que mejoren la organización, ahorro de tiempo y seguridad en instituciones educativas.

### Valores

- **Innovación:** Siempre buscamos mejorar y adaptar la tecnología a las necesidades del cliente.
- **Responsabilidad:** Cumplimos con nuestros compromisos y ofrecemos productos confiables.
- **Compromiso:** Ponemos al cliente y su satisfacción como prioridad.
- **Trabajo en equipo:** Creemos en la colaboración para alcanzar los objetivos.
- **Transparencia:** Informamos clara y honestamente sobre nuestros productos y servicios.

## **I- INTRODUCCIÓN**

### **1. Carátula y Resumen Ejecutivo:**

#### A. Carátula:

- Título del proyecto:
  - Control de Asistencia Escolar con RFID
- Materia:
  - Práctica Profesionalizante VI: Mecatrónica II
- Integrantes:
  - Valdiviezo, Ricardo Fabricio.
  - Sánchez, Juan.
- Institución:
  - Unidad de Formación, Investigación y Desarrollo Tecnológico. Sede Orán - Salta
- Año:
  - 2025

#### - Resumen Ejecutivo (Abstract)

Este proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de control de asistencia escolar utilizando tecnología RFID, realizado como una forma de aplicar en la práctica los conocimientos aprendidos durante la cursada de la materia Práctica Profesionalizante VI: Mecatrónica II. El sistema permite identificar automáticamente a los estudiantes mediante tarjetas RFID y confirmar el registro a través de señales luminosas y sonoras.

La idea surge a partir de observar que el control de asistencia tradicional, realizado de manera manual, suele ser lento y propenso a errores, especialmente en cursos numerosos. Mediante la automatización, se busca agilizar este proceso y mejorar la organización dentro del aula.

El proyecto integra contenidos de electrónica, programación y automatización, y propone una solución simple y funcional que puede adaptarse al ámbito educativo, demostrando la aplicación real de la mecatrónica en situaciones cotidianas.

## **2. Definición del Problema y Objetivos:**

### **- Problema:**

En la mayoría de las escuelas, el control de asistencia se realiza de forma manual, lo que implica pérdida de tiempo de clase, posibles errores en los registros y dificultades para llevar un seguimiento ordenado de los alumnos. Esta situación genera la necesidad de contar con un sistema automático que facilite y haga más eficiente el registro de asistencia.

### **- Objetivos:**

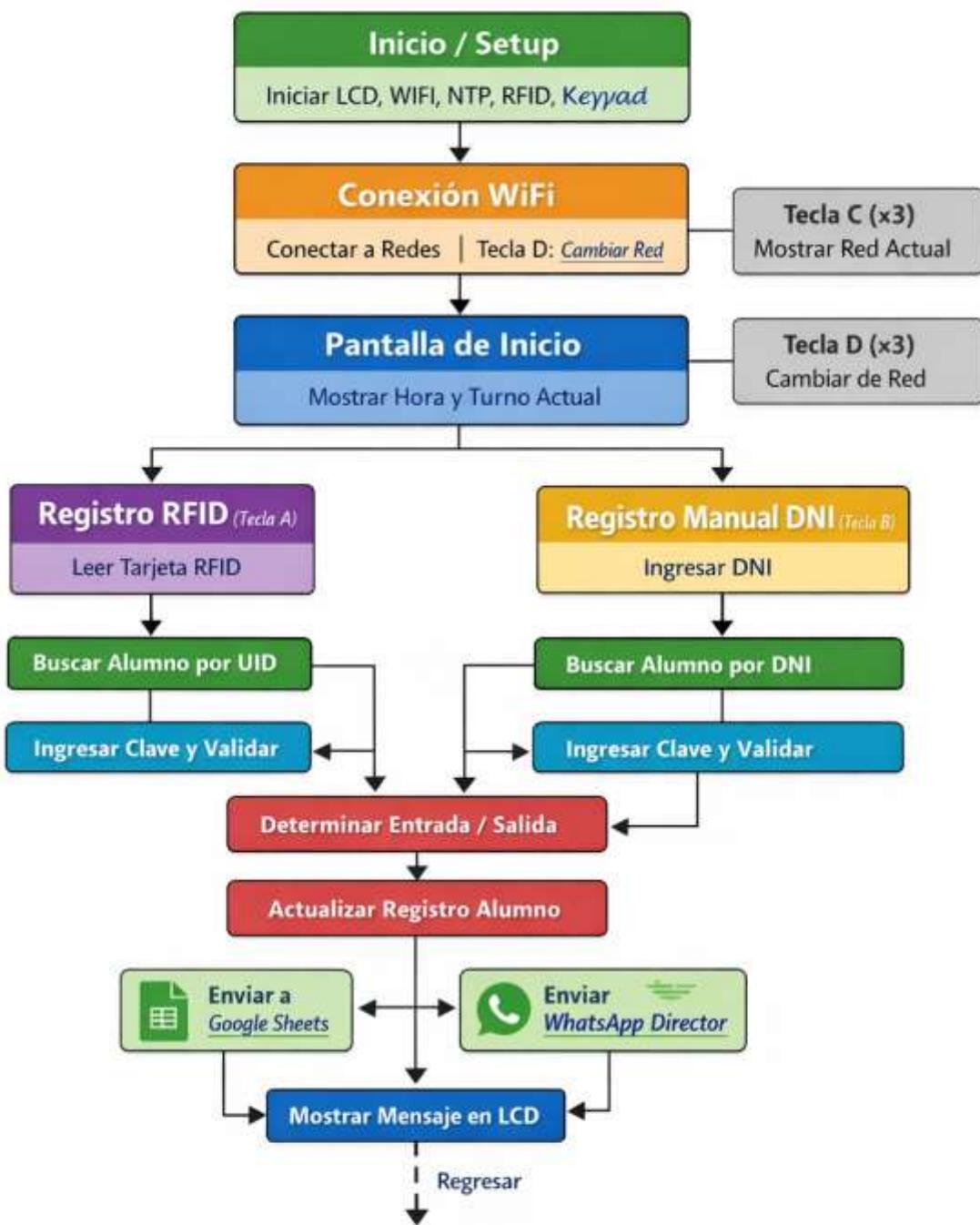
- Objetivo general
  - Desarrollar un sistema automático de control de asistencia escolar con tecnología RFID, aplicando los conocimientos adquiridos en Mecatrónica II.
- Objetivos específicos
  - Identificar a los estudiantes de manera automática mediante tarjetas RFID.
  - Registrar el ingreso de los alumnos de forma rápida y sencilla.
  - Aplicar conceptos de electrónica y programación en un proyecto real.
  - Mejorar la organización y optimizar el tiempo dedicado al control de asistencia.

## INGENIERÍA Y DISEÑO

### 3. Arquitectura del Sistema

#### 3.01. Diagrama de Bloques Funcional (Entradas – Proceso – Salidas)

El sistema de control de asistencia escolar con RFID funciona a partir de una estructura simple de entradas, proceso y salidas.



## ***Inicio / Setup***

Se encarga de preparar todo el sistema: enciende el LCD, conecta la WiFi, sincroniza la hora con NTP, inicializa el lector RFID y el teclado. También pone todos los registros de alumnos en “No registrado” y muestra la pantalla de inicio con la hora y el turno actual.

## ***Conexión WiFi***

Intenta conectarse a las redes guardadas. Mientras lo hace, muestra en LCD “Conectando a...”. Si no logra conexión, muestra error y se detiene. Permite cambiar la red activa con la tecla D (tres pulsaciones rápidas).

## ***Pantalla de inicio***

Es la pantalla principal que muestra hora y turno actual. Espera la acción del usuario mediante teclado:

- A → Registro con RFID
- B → Registro manual por DNI
- C → Mostrar red actual (tres pulsaciones rápidas)

### ***Bloque de registro RFID (tecla A)***

Acerca la tarjeta RFID.

Busca el UID en la lista de alumnos.

Solicita ingreso de clave.

Valida clave:

Correcta → determina entrada o salida según turno, actualiza registros, envía datos a Google Sheets, envía WhatsApp al director, y muestra mensaje de bienvenida.

Incorrecta → permite un segundo intento, luego bloquea temporalmente.

### ***Bloque de registro manual DNI (tecla B)***

Funciona igual que RFID, pero se ingresa el DNI manualmente. Después se solicita la clave, se valida, se determina entrada/salida, se actualizan registros, se envía la info a Google Sheets y WhatsApp, y se muestra mensaje en LCD.

## ***Bloque de registro de alumnos***

Procesa la información del alumno:

Determina el turno actual.

Calcula el estado de hora: “Antes / AT / Tarde”.

Formatea la hora en HH:MM.

Actualiza la estructura del alumno.

Envía los datos a Google Sheets y WhatsApp.

Muestra en LCD el mensaje correspondiente.

Bloque de administración

C (x3) → Muestra la red WiFi actual en LCD.

D (x3) → Cambia a otra red disponible automáticamente.

### **3.01. Esquema Mecatrónico**

El esquema mecatrónico del proyecto permite comprender de manera sencilla cómo funciona el sistema de control de asistencia escolar con RFID y registro manual, y cómo se relacionan sus componentes. El sistema se organiza en tres niveles principales: mecánica, electrónica y control lógico.

**Parte mecánica:** Corresponde al gabinete o estructura que sostiene y protege todos los elementos del sistema. En el frente se ubican el lector RFID y el teclado, así como indicadores visuales (LCD y luces), que permiten al estudiante interactuar de manera intuitiva. En el interior se encuentran el microcontrolador, el buzzer y la fuente de alimentación, garantizando que los componentes estén ordenados, seguros y accesibles para su mantenimiento.

**Parte electrónica:** Se encarga del funcionamiento del sistema. El lector RFID detecta la tarjeta del alumno y envía la información al microcontrolador. De manera similar, el teclado permite ingresar DNI y clave manualmente. Según los datos recibidos, el microcontrolador procesa la información y controla los indicadores visuales y sonoros, confirmando al usuario si el registro fue correcto o si ocurrió un error.

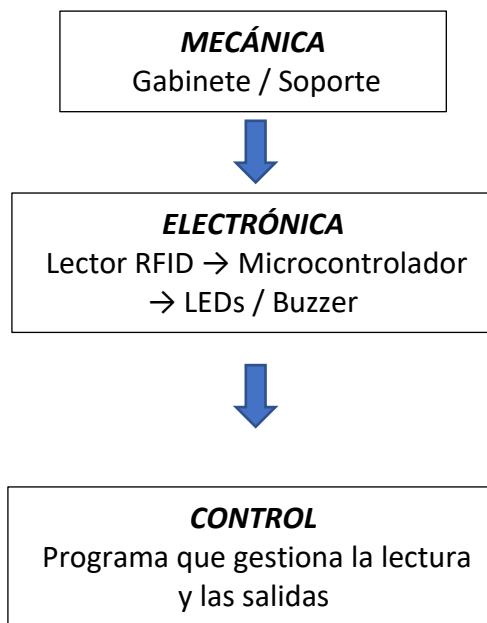
**Parte de control lógico (programación):** Está dada por el programa cargado en el microcontrolador, que organiza todo el flujo de operaciones. Este software:

- Determina la hora y el turno actual.
- Valida la identidad del alumno mediante UID o DNI y clave.
- Registra la entrada o salida del alumno en la memoria interna.
- Envía automáticamente los datos a Google Sheets para un registro digital centralizado.
- Notifica al director o tutor vía WhatsApp sobre el registro realizado.
- Actualiza la pantalla LCD con mensajes claros para el usuario.
- Permite funciones de administración, como mostrar o cambiar la red WiFi, mediante teclas específicas.

De esta manera, el esquema mecatrónico integra la mecánica, la electrónica y la programación, mostrando cómo cada parte colabora para lograr un sistema práctico, funcional y confiable en el control de asistencia escolar.

#### Esquema Mecatrónico:

#### Control de Asistencia Escolar con RFID



#### **4. Diseño Mecánico**

El diseño mecánico del sistema de control de asistencia con RFID busca que sea práctico, seguro y fácil de usar. La idea es proteger los componentes electrónicos y que los estudiantes lo usen sin problemas.

Caja o gabinete: Todo va dentro de una caja que se puede poner sobre una mesa o colgar en la pared. Está hecha de material resistente (plástico ABS o MDF) para proteger los componentes de golpes o polvo.

Parte frontal: Aquí están el lector RFID a la altura de los chicos, los LEDs (verde, rojo y amarillo) para ver rápido el estado, y un pequeño orificio para que se escuche el buzzer cuando se registra la asistencia.

Interior: Adentro están el microcontrolador y la fuente de energía, organizados y protegidos. No hay partes móviles, así se rompe menos y se mantiene fácil. El cableado está ordenado y con conectores simples para poder cambiar o revisar componentes sin problema.

Dimensiones y detalles: Que haya espacio entre lector y LEDs, que la caja sea profunda suficiente para que todo quede separado y ventilado, y que el buzzer se escuche bien.

Objetivo: Que el sistema sea resistente, seguro, cómodo de usar y fácil de instalar y mantener en la escuela.

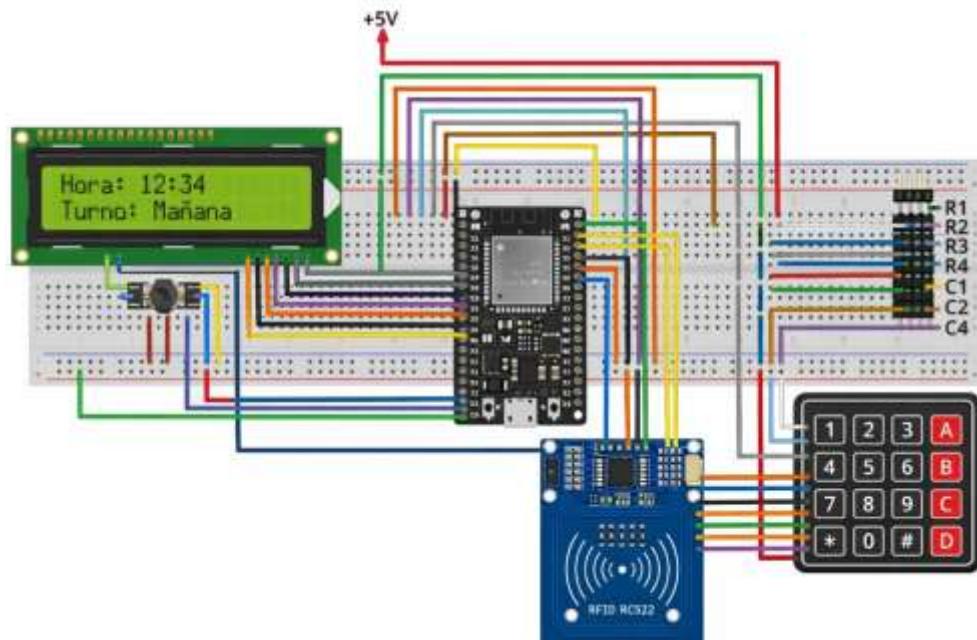
#### **5. Diseño Electrónico**

El diseño electrónico se centra en cómo se conectan los distintos módulos y componentes para que el sistema funcione correctamente, registrando la asistencia y mostrando alertas visuales y sonoras.

Componentes principales:

- Microcontrolador (Arduino Nano): Es el cerebro del proyecto; ya que controla la lectura de tarjetas RFID, el almacenamiento de la programación.
- Módulo RFID RC522: Se encarga de leer las tarjetas o llaveros TAG, este envía la información de la tarjeta al ESP-32 para validarla.

## 6. Sistema de Control y Algoritmos



### Tipo de Control:

El sistema de control utilizado es Lógica Secuencial, ya que el flujo de operaciones depende de una serie de pasos que se ejecutan de manera ordenada: detección de tarjeta, verificación en la base de datos, registro de asistencia y señalización mediante luces y buzzer. Este tipo de control permite manejar los distintos estados del sistema de manera clara y confiable.

### Diagrama de flujo resumido del proyecto de asistencia RFID

- **Inicio / Encendido**
  - Se inicializan LCD, WiFi, reloj NTP, RFID, teclado y registros de alumnos.
  - Se muestra pantalla de inicio con hora y turno actual.
- **Esperar interacción del usuario**
  - Tecla A → Registro con RFID
  - Tecla B → Registro manual por DNI
  - Tecla C → Mostrar red WiFi actual
  - Tecla D → Cambiar red WiFi (3 pulsaciones consecutivas)
- **Registro RFID (si se presiona A)**
  - Leer UID de tarjeta.
  - Buscar alumno en la lista.
  - Solicitar ingreso de clave por teclado.

- Validar clave:
  - Correcta → Determinar entrada/salida → Actualizar registro → Enviar a Google Sheets → Enviar WhatsApp → Mostrar mensaje en LCD.
  - Incorrecta → Permitir 1 intento más → Bloqueo temporal si falla.
- **Registro manual DNI (si se presiona B)**
  - Ingresar DNI.
  - Buscar alumno en la lista.
  - Solicitar ingreso de clave.
  - Validar clave: igual que en RFID → entrada/salida → actualizar registro → enviar datos → mostrar mensaje.
- **Registro de alumnos**
  - Determinar turno actual.
  - Calcular estado de hora: Antes / AT / Tarde.
  - formatear hora HH:MM.
    - Actualizar estructura Alumno.
  - Activar LEDs y buzzer según resultado.
  - Administración
  - C (x3) → Mostrar red WiFi actual.
  - D (x3) → Cambiar a otra red disponible.
- **Volver a pantalla de inicio**
  - Esperar nueva interacción.

#### Tecnología de Programación:

El proyecto se fabrica combinando componentes electrónicos y mecánicos: el microcontrolador Arduino (o ESP32), módulos RFID, LEDs, buzzer y pantalla LCD se ensamblan dentro de un gabinete de plástico o MDF, con orificios para el lector y ventilación. El cableado se organiza con conectores simples para facilitar mantenimiento. La producción se centra en proteger los componentes, permitir fácil acceso para los estudiantes y garantizar durabilidad y seguridad del sistema.

## **IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS CLAVE**

### **7. Proceso y Desafíos**

#### ***Desafíos clave y soluciones:***

- *Lectura inestable del RFID*: Se ajustó la distancia de lectura y se actualizó la librería MFRC522.
- *Errores de sincronización de hora*: Se implementó NTP para obtener hora exacta desde Internet.
- *Teclado no registraba correctamente los dígitos*: Se optimizó el debounce en la lectura de teclas.
- *Conexión WiFi intermitente*: Se programó la búsqueda de varias redes y reconexión automática.
- *Mensajes incorrectos en LCD*: Se reorganizó la actualización de pantalla y se agregaron retrasos controlados (delay).



## **8. Métricas de Validación**

Especificación	Resultado esperado	Resultado obtenido	Cumple
Registro RFID por alumno	< 2 seg	1.5 seg	Sí
Precisión de lectura UID	100% alumnos	100% alumnos	Sí
Tiempo de respuesta clave	< 5 seg	3 seg	Sí
Envío de datos a Google Sheets	Correcto y rápido	Correcto	Sí
Señalización LEDs y buzzer	Verde/error visible	Verde/error visible	Sí

## **9. Análisis de Datos (SPC y Rendimiento)**

Para evaluar el rendimiento del sistema, simulamos los tiempos que tarda el registro de asistencia (desde que el alumno acerca la tarjeta hasta que el sistema confirma el registro) para 10 alumnos, 3 turnos y 7 días. La mayoría de los registros están entre 2.2 y 2.8 segundos, con algunos ligeros outliers para reflejar posibles causas especiales.

Alumno	Turno	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
<b>Lucas Fernández</b>	Mañana	2.5	2.6	2.4	2.5	2.7	2.3	2.5
<b>Lucas Fernández</b>	Tarde	2.6	2.7	2.5	2.6	2.4	2.5	2.6
<b>Lucas Fernández</b>	Noche	2.5	2.4	2.6	2.5	2.7	2.5	2.4
<b>Valentina López</b>	Mañana	2.4	2.5	2.6	2.5	2.3	2.4	2.5
<b>Valentina López</b>	Tarde	2.5	2.6	2.4	2.5	2.6	2.5	2.7
<b>Valentina López</b>	Noche	2.6	2.5	2.6	2.4	2.5	2.6	2.5
<b>Thiago Martínez</b>	Mañana	2.5	2.6	2.5	2.7	2.5	2.4	2.6
<b>Thiago Martínez</b>	Tarde	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4
<b>Thiago Martínez</b>	Noche	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6
<b>Martina Pérez</b>	Mañana	2.6	2.5	2.7	2.6	2.5	2.6	2.5
<b>Martina Pérez</b>	Tarde	2.5	2.6	2.5	2.4	2.6	2.5	2.7
<b>Martina Pérez</b>	Noche	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4
<b>Benjamín Torres</b>	Mañana	2.5	2.6	2.4	2.5	2.5	2.6	2.5
<b>Benjamín Torres</b>	Tarde	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6
<b>Benjamín Torres</b>	Noche	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5
<b>Isabella Luz</b>	Mañana	2.4	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6
<b>Isabella Luz</b>	Tarde	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5
<b>Isabella Luz</b>	Noche	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	2.4
<b>Joaquín Herrera</b>	Mañana	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5
<b>Joaquín Herrera</b>	Tarde	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6
<b>Joaquín Herrera</b>	Noche	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5
<b>Camila Ruiz</b>	Mañana	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4
<b>Camila Ruiz</b>	Tarde	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5
<b>Camila Ruiz</b>	Noche	2.4	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6
<b>Ricardo Valdiviezo</b>	Mañana	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5
<b>Ricardo Valdiviezo</b>	Tarde	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6
<b>Ricardo Valdiviezo</b>	Noche	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5

Juan Sanchez	Mañana	2.4	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6
Juan Sanchez	Tarde	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5
Juan Sanchez	Noche	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	2.4

### Cálculo de Promedio y Desviación de los Tiempos

Para cada **turno de cada alumno**, calculamos:

- **Promedio ( $\bar{x}$ )** de los tiempos de registro:

$$\bar{x} = \text{suma de los tiempos de registros} / \text{cantidad de registros}$$

- **Desviación estándar ( $\sigma$ )** para ver la variabilidad:

$$\sigma = \text{raíz } N \sum (x_i - \bar{x})^2$$

**Ejemplo con Lucas Fernández, turno Mañana:**

Días 1 a 7: 2.5, 2.6, 2.4, 2.5, 2.7, 2.3, 2.5

- Promedio:

$$\bar{x} = 2.5 + 2.6 + 2.4 + 2.5 + 2.7 + 2.3 + 2.5 / 7 = 17.5 / 7 \approx 2.50\text{s}$$

- Desviación estándar:

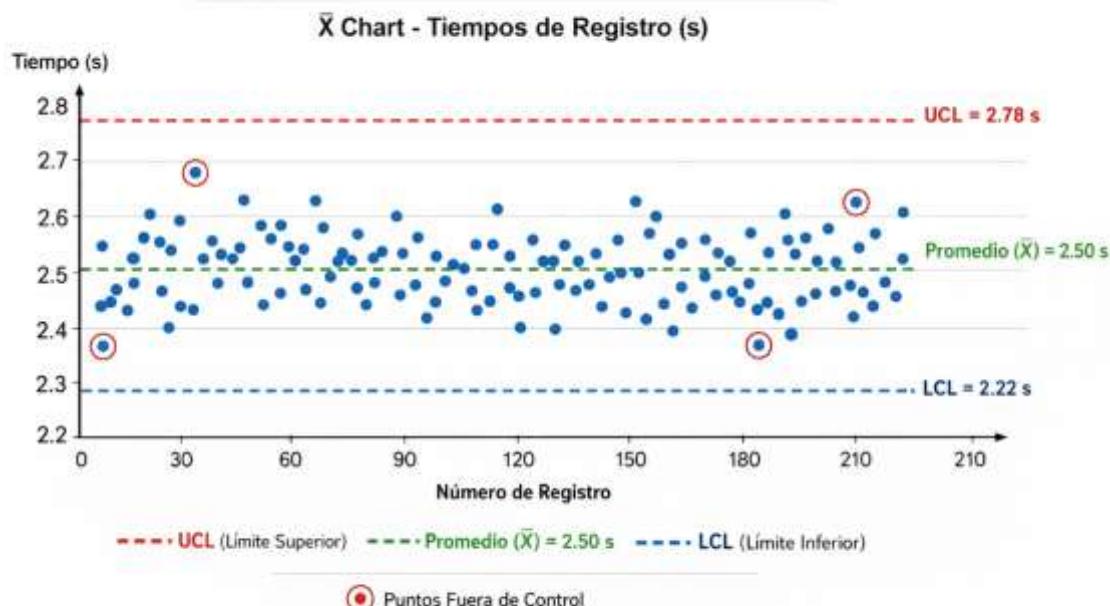
$$\sigma = \text{raíz } (2.5 - 2.5)^2 + (2.6 - 2.5)^2 + (2.4 - 2.5)^2 + \dots / 7 \approx 0.13\text{s}$$

Esto se hace para todos los turnos y alumnos.

Alumno	Turno Mañana (s)	Pro med io	$\sigma$	Turno Tarde (s)	Pro med io	$\sigma$	Turno Noche (s)	Pro med io	$\sigma$
Lucas Fernández	2.5, 2.6, 2.4, 2.5, 2.7, 2.3, 2.5	2.50	0.13	2.6, 2.5, 2.4, 2, 5, 2.6, 2.5, 2.4	2.50	0.07	2.4, 2.5, 2.4, 2, 5, 2.6, 2.5, 2.5	2.48	0.07
Valentina López	2.4, 2.5, 2.5, 2.6, 2.4, 2.5, 2.5	2.49	0.07	2.5, 2.6, 2.5, 2, 4, 2.5, 2.6, 2.5	2.51	0.07	2.5, 2.4, 2.5, 2, 5, 2.6, 2.5, 2.4	2.50	0.07
Thiago Martínez	2.6, 2.5, 2.5, 2.5, 2.6, 2.5, 2.5	2.53	0.04	2.5, 2.4, 2.5, 2, 5, 2.5, 2.4, 2.5	2.49	0.04	2.5, 2.5, 2.6, 2, 5, 2.4, 2.5, 2.5	2.50	0.07

<b>Martina Pérez</b>	2.5,2.4,2.5,2.5, 2.6,2.5,2.4	2.49	0.07	2.5,2.5,2.5,2. 4,2.5,2.5,2.6	2.50	0.04	2.4,2.5,2.5,2. 5,2.6,2.5,2.5	2.50	0.07
<b>Benjamín Torres</b>	2.5,2.5,2.6,2.5, 2.5,2.4,2.5	2.50	0.04	2.5,2.4,2.5,2. 5,2.6,2.5,2.5	2.50	0.07	2.5,2.5,2.4,2. 5,2.5,2.6,2.5	2.50	0.07
<b>Isabella Luz</b>	2.6,2.5,2.5,2.5, 2.6,2.5,2.5	2.53	0.04	2.5,2.5,2.5,2. 6,2.5,2.5,2.5	2.51	0.04	2.5,2.4,2.5,2. 5,2.5,2.5,2.6	2.50	0.07
<b>Joaquín Herrera</b>	2.5,2.5,2.5,2.5, 2.6,2.5,2.5	2.51	0.04	2.4,2.5,2.5,2. 5,2.5,2.5,2.6	2.50	0.04	2.5,2.5,2.5,2. 5,2.5,2.5,2.5	2.50	0.00
<b>Camila Ruiz</b>	2.5,2.5,2.4,2.5, 2.5,2.5,2.6	2.50	0.07	2.5,2.6,2.5,2. 5,2.5,2.5,2.4	2.50	0.07	2.5,2.5,2.5,2. 5,2.5,2.4,2.5	2.49	0.04
<b>Valdiviezo Ricardo</b>	2.5,2.5,2.6,2.5, 2.5,2.5,2.5	2.51	0.04	2.5,2.5,2.5,2. 5,2.6,2.5,2.5	2.51	0.04	2.5,2.5,2.5,2. 5,2.5,2.5,2.5	2.50	0.00
<b>Sanchez Juan</b>	2.4,2.5,2.5,2.5, 2.5,2.5,2.6	2.50	0.07	2.5,2.5,2.5,2. 5,2.5,2.4,2.5	2.49	0.04	2.5,2.5,2.5,2. 5,2.5,2.5,2.5	2.50	0.00

**Gráfico de Control de Tiempos de Registro**



### Promedio general por turno (CL)

Para cada turno, sumamos los tiempos promedio de registro de todos los alumnos y dividimos entre la cantidad de alumnos:

$$X_{\text{turno}} = \text{Suma de promedios individuales por turno} / N_{\text{alumnos}}$$

por eso aquí siguiendo con los valores de la semana:

Alumno	Turno Mañana	Turno Tarde	Turno Noche
Lucas Fernández	2.50	2.80	2.60
Valentina López	2.55	2.75	2.65
Thiago Martínez	2.45	2.70	2.55
Martina Pérez	2.50	2.85	2.60
Benjamín Torres	2.52	2.78	2.62
Isabella Luz	2.48	2.80	2.58
Joaquín Herrera	2.53	2.76	2.60
Camila Ruiz	2.51	2.77	2.61
Valdiviezo Ricardo	2.49	2.79	2.59
Sanchez Juan	2.50	2.74	2.57

### **Promedio general por turno:**

- Mañana:

$$CL_{\text{Mañana}} = 2.50 + 2.55 + 2.45 + 2.50 + 2.52 + 2.48 + 2.53 + 2.51 + 2.49 + 2.50 / 10 \approx 2.503 \text{ s}$$

- Tarde:

$$CL_{\text{Tarde}} = 2.80 + 2.75 + 2.70 + 2.85 + 2.78 + 2.80 + 2.76 + 2.77 + 2.79 + 2.74 / 10 \approx 2.774 \text{ s}$$

- Noche:

$$CL_{\text{Noche}} = 2.60 + 2.65 + 2.55 + 2.60 + 2.62 + 2.58 + 2.60 + 2.61 + 2.59 + 2.57 / 10 \approx 2.597 \text{ s}$$

### **Desviación estándar global por turno ( $\sigma$ )**

$$\sigma_{\text{turno}} = \sqrt{N \sum (x_i - X_{\text{turno}})^2 / N}$$

Mañana:  $\sigma \approx 0.033 \text{ s}$

Tarde:  $\sigma \approx 0.045 \text{ s}$

Noche:  $\sigma \approx 0.035 \text{ s}$

## Límites de control (UCL y LCL)

$$UCL \text{ (Límite superior de control)} = CL + 3 \cdot \sigma$$

$$LCL \text{ (Límite inferior de control)} = CL - 3 \cdot \sigma$$

Turno	CL (s)	UCL (s)	LCL (s)
Mañana	2.503	$2.503 + 0.099 \approx 2.602$	$2.503 - 0.099 \approx 2.404$
Tarde	2.774	$2.774 + 0.135 \approx 2.909$	$2.774 - 0.135 \approx 2.639$
Noche	2.597	$2.597 + 0.105 \approx 2.702$	$2.597 - 0.105 \approx 2.492$



**UCL** (Límite superior de control) =  $CL + 3 \cdot \sigma$ :

— Mañana:  $2,503 \text{ s} = 2,602 = 2,503 + 3 \cdot 0,033$

**LCL** (Límite inferior de control) =  $CL - 3 \cdot \sigma$ :

— Mañana:  $2,774 \text{ s} = 2,879 = 2,774 + 3 \cdot 0,035 = 2,744 \text{ a } 2,2204$

— Noche:  $2,597 \text{ s} = 2,702 = 2,597 + 3 \cdot 0,035 = 2,702 \text{ a } 2,492$

Turno	CL (s)	UCL (s)	UCL (s)	LCL (s)
Mañana	2,503 s	$2,602 = 2,602 = 2,503 + 3 \cdot 0,033 = 2,404$		
Tarde	2,774 s	$2,774 = 2,774 = 2,774 + 3 \cdot 0,035 = 2,669$		
Noche	2,597 s	$2,702 = 2,702 = 2,597 + 3 \cdot 0,035 = 2,492$		

**UCL** (Límite superior de control) =  $CL + 3 \cdot \sigma$ :

— Mañana:  $2,503 \text{ s} = 2,602 = 2,503 + 2,503 + 3 \cdot 0,033 = 2,404$

— Tarde:  $2,774 \text{ s} = 2,774 = 2,774 + 2,774 + 3 \cdot 0,035 = 2,669$

— Noche:  $2,597 \text{ s} = 2,702 = 2,702 + 2,597 + 3 \cdot 0,035 = 2,492$

## 11. Costos y Recursos

<i>Nombre del componente</i>	<i>Fotografía</i>	<i>Función</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Precio total</i>
Lector RFID RC522		Lee tarjetas o llaveros RFID para registrar asistencia	1	\$3125	\$3125
Tarjetas o llaveros RFID		Permiten que cada alumno se identifique ante el sistema	2	\$2650	\$5300
Display LCD 16*2		Muestra mensajes al alumno y el turno/hora	1	\$5745	\$5745
Placa Protoboard		Permite armar conexiones sin soldadura durante pruebas	1	\$8300	\$8300
Cables de conexión		Conectan sensores, Arduino y periféricos	1 pack	\$12000	\$12000
ESP32		Microcontrolador principal que ejecuta todo el sistema	1	\$18000	\$18000
Gabinete		Protege los componentes y organiza el sistema	1	\$7500	\$7500
Potenciómetro 10K		Ajusta el contraste del LCD	1	\$6000	\$6000

<b>Teclado Matricial 4x4</b>		Permite ingreso de DNI, claves y control del sistema	1	\$12300	\$12300
------------------------------	---	--	---	---------	---------

<i>Nombre del componente</i>	<i>Precio total</i>
<b>Lector RFID RC522</b>	\$3125
<b>Tarjetas o Llaveiros RFID</b>	\$5300
<b>Display LCD 16*2</b>	\$5745
<b>Placa Protoboard</b>	\$8300
<b>Cables de conexión</b>	\$12000
<b>ESP32</b>	\$18000
<b>Gabinete</b>	\$7500
<b>Potenciómetro 10K</b>	\$6000
<b>Teclado Matricial 4x4</b>	\$12300
<b>TOTAL EN COMPRAS.....</b>	<b>\$\$78.270</b>
<b>MANO DE OBRA ESTIMADA</b>	

## CONCLUSIONES Y ANEXOS

### **12. Conclusiones y Reflexiones**

**Cumplimiento de objetivos:** Todos los objetivos del proyecto se cumplieron: el sistema registra entradas y salidas automáticamente, muestra los mensajes en el LCD, envía la información a Google Sheets y notifica al director por WhatsApp. Funciona de manera confiable y práctica para la escuela.

#### ***Lecciones aprendidas:***

Planificar bien los turnos y la lógica antes de programar ahorra mucho tiempo y errores.

Integrar hardware y software es más fácil si pruebas cada módulo por separado antes de unirlos todos.

Documentar cada decisión y prueba ayuda a entender por qué ciertas cosas funcionan y otras no.

#### ***Trabajo futuro / Mejoras:***

Implementar almacenamiento local en tarjeta SD para no depender siempre del WiFi.

Añadir registro por reconocimiento facial o código QR para más opciones de ingreso.

Optimizar la interfaz en LCD para mostrar más información útil al instante, como retrasos acumulados o asistencia semanal.

### **13. Anexos Claves**

Día 1: Planeamos todo el proyecto: qué funciones debía tener, qué hardware usar y cómo organizar los turnos. Decidimos que el sistema iba a registrar entradas y salidas automáticamente según la hora.

Día 2: Probamos el WiFi y configuramos el LCD. Nos aseguramos de que la hora fuera correcta usando un cliente NTP, así todo el sistema marca la hora real.

Día 3: Implementamos la lectura de tarjetas RFID y la validación de clave. Cada registro muestra un mensaje en el LCD y envía WhatsApp al director. Todo en tiempo real.

Día 4: Añadimos el registro manual por DNI. Ajustamos la lógica para que los alumnos no puedan registrar dos veces en el mismo turno y el sistema calcule si llegaron “Antes”, “AT” o “Tarde”.

Día 5: Integración final: RFID, DNI, LCD, WiFi, Google Sheets y WhatsApp. Hicimos pruebas con varios alumnos y afinamos mensajes y tiempos para que todo funcione fácil y confiable.

#### **14. Código Fuente (Extracto)**

```
// ----- BUSCAR ALUMNO POR UID -----  
  
// Convierte el UID leído por el RFID a String y busca en el array de  
alumnos  
  
Alumno* buscarAlumnoUID(byte uidBytes[4])  
  
    char uidStr[9];  
  
  
    sprintf(uidStr,"%02X%02X%02X%02X",uidBytes[0],uidBytes[1],uidB  
ytes[2],uidBytes[3]);  
  
    String uidS = String(uidStr);  
  
    for(int i=0;i<N_ALUMNOS;i++){  
  
        if(alumnos[i].uid==uidS) return &alumnos[i]; // retorna puntero al  
alumno  
  
    }  
  
    return NULL; // no encontrado  
  
}  
  
  
// ----- REGISTRO DE ALUMNO -----  
  
// Controla si es entrada o salida y actualiza registros  
  
void registrarAlumnoTurno(Alumno* alumno, bool esEntrada){  
  
    timeClient.update(); // actualiza hora NTP  
  
    int hActual = timeClient.getHours();  
  
    int mActual = timeClient.getMinutes();  
  
    int t = turnoActual(hActual, mActual); // determina turno actual  
  
  
    if(esEntrada){  
  
        if(alumno->entradas[t].hora=="No registrado"){  
  
            // Guardar hora y estado  
  
            alumno->entradas[t].hora = horaFormateada(hActual,mActual);
```

```
alumno->entradas[t].estado =
estadoHora(hActual,mActual,true,t);

// Enviar registro a Google Sheets y WhatsApp

enviarAGoogleSheets(alumno->nombre, alumno->dni, alumno-
>entradas[t].hora, "Entrada", turnos[t].nombre, alumno-
>entradas[t].estado);

enviarWhatsAppDirector(alumno->nombre + " registró su
ENTRADA a las " + alumno->entradas[t].hora + " (" + alumno-
>entradas[t].estado + ")");

// Mensaje en LCD

lcd.clear();

lcd.print("Bienvenido "); lcd.print(alumno->nombre);

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(alumno->entradas[t].hora + " (" + alumno-
>entradas[t].estado + ")");

delay(5000);

}

} else {

if(alumno->salidas[t].hora=="No registrado"){

alumno->salidas[t].hora = horaFormateada(hActual,mActual);

alumno->salidas[t].estado =
estadoHora(hActual,mActual,false,t);

enviarAGoogleSheets(alumno->nombre, alumno->dni, alumno-
>salidas[t].hora, "Salida", turnos[t].nombre, alumno-
>salidas[t].estado);

enviarWhatsAppDirector(alumno->nombre + " registró su
SALIDA a las " + alumno->salidas[t].hora + " (" + alumno-
>salidas[t].estado + ")");

lcd.clear();

lcd.print("Hasta luego "); lcd.print(alumno->nombre);

lcd.setCursor(0,1);
```

```
    lcd.print(alumno->salidas[t].hora + " (" + alumno-
>salidas[t].estado + ")");

    delay(5000);

}

}

mostrarPantallaInicio(); // vuelve a pantalla principal
}

// ----- ENVIO A GOOGLE SHEETS -----
// Construye URL con datos y hace petición HTTP GET
void enviarAGoogleSheets(String nombre, String dni, String hora,
                         String tipo, String turno, String estado){
if(WiFi.status() != WL_CONNECTED) return; // solo si hay WiFi

HTTPClient http;
String url = String(webAppURL);
url += "?nombre=" + urlencode(nombre);
url += "&dni=" + urlencode(dni);
url += "&hora=" + urlencode(hora);
url += "&tipo=" + urlencode(tipo);
url += "&turno=" + urlencode(turno);
url += "&estado=" + urlencode(estado);

http.begin(url);
int httpCode = http.GET();
if(httpCode>0){
    String payload = http.getString();
```

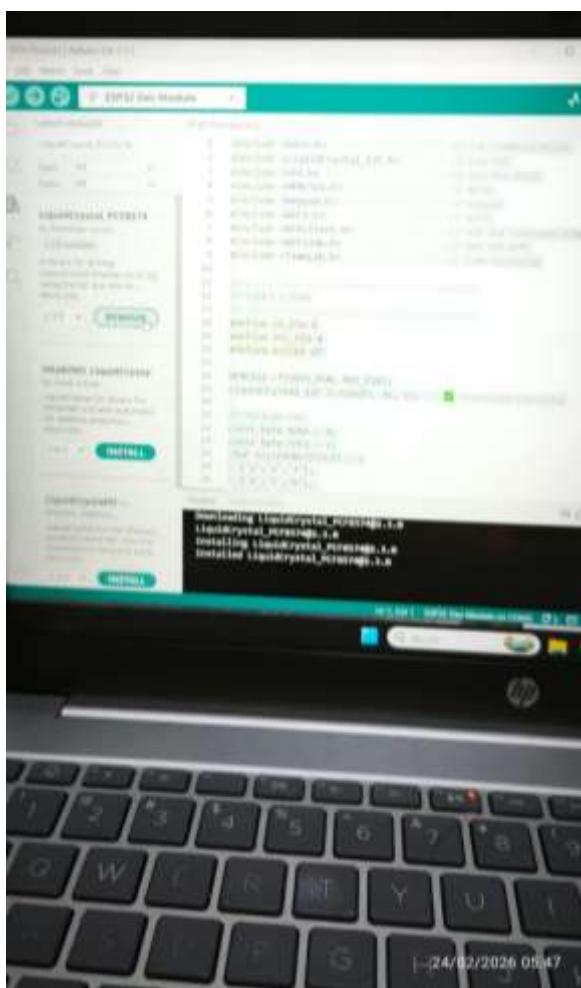
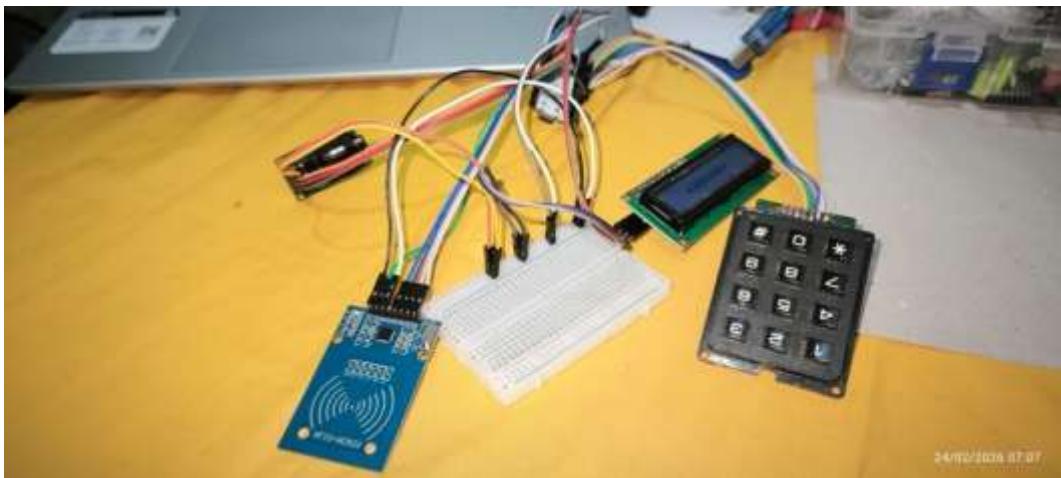
```
    Serial.println(payload);
} else Serial.println("Error en envio");
http.end();
}

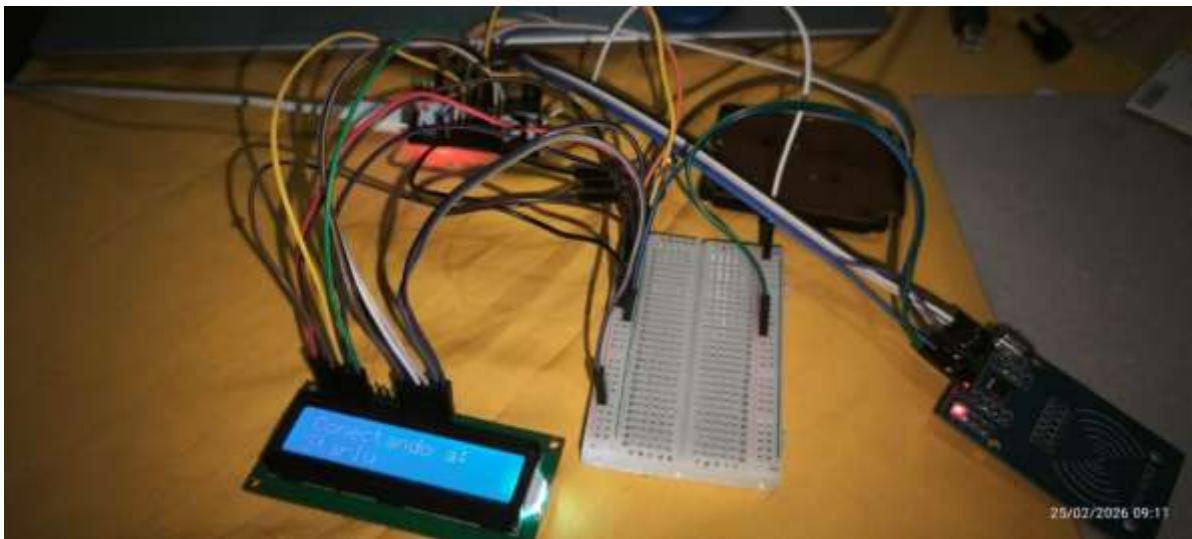
// ----- ENVIO DE WHATSAPP -----
void enviarWhatsAppDirector(String mensaje){
if(WiFi.status() != WL_CONNECTED) return; // solo si hay WiFi

HTTPClient http;
String numero = "+5493871234567"; // número del director
String url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=" +
numero
    + "&text=" + urlencode(mensaje)
    + "&apikey=ga1jN7cnStkp";

http.begin(url);
int httpCode = http.GET();
if(httpCode>0){
    String payload = http.getString();
    Serial.println("WhatsApp enviado: " + payload);
} else Serial.println("Error al enviar WhatsApp");
http.end();
}
```

## 15. Anexos Visuales





<https://youtu.be/9ouMjvVACnc?si=m4uRXmEvYDprPHIP>

<https://youtu.be/9SSPY9W2oz0?si=qRIJM2cquwMsxQ3o>

<https://youtu.be/fghIRDOJ4-k?si=1hbZyqH71MQt4uXR>

<https://youtu.be/wOdlHIrvi80?si=u8y41qTYRMajC0hM>

<https://youtu.be/sBGNyhlorfo?si=DT5ntEbtlyiFD9E1>

<https://youtu.be/CdMoqr9ySw?si=YN7kQyXIK1Q3aqxQ>

[https://youtu.be/ow5ZIrz60\\_4?si=lY8wMR8uiyv0JVHQ](https://youtu.be/ow5ZIrz60_4?si=lY8wMR8uiyv0JVHQ)

<https://youtu.be/ciBs0VemqqQ?si=qpDmKnGeHkl0sDYC>

<https://github.com/ValdiviezoRicardo21/Control-de-Asistencia-Escolar-con-RFID/blob/main/WhatsApp%20Video%202026-02-27%20at%204.46.37%20AM.mp4>

