

Sistema electrónico portátil para medición de salinidad y conductividad

Compatible con pantalla OLED SSD1306 o LCD 16x2 I2C.

Introducción

Este documento describe un sistema embebido de propósito específico diseñado para la medición portátil, sencilla y precisa de salinidad y conductividad eléctrica en soluciones líquidas. El sistema se ha desarrollado con un enfoque modular, económico y de bajo consumo, utilizando componentes electrónicos de disponibilidad estándar y lógica de control programable.

El dispositivo permite la visualización digital en tiempo real mediante dos opciones de pantalla: OLED SSD1306 (128×64 px) o LCD 16x2 con interfaz I2C, según preferencia o disponibilidad. Ahora, además de mostrar el voltaje y la conductividad estimada, también calcula y muestra la salinidad estimada (g/L), configurable según diferentes fórmulas matemáticas (lineal, cuadrática o cúbica) para adaptarse a distintas necesidades de calibración y contextos de uso.

Descripción funcional

- **Módulo sensor:** electrodos metálicos sumergibles conectados a una entrada analógica, que generan una señal proporcional a la conductividad de la solución. En prototipos y simulaciones se utiliza un potenciómetro para emular la señal analógica.
- **Módulo de procesamiento:** microcontrolador AVR (Arduino UNO o Nano, ATmega328P) responsable de la adquisición de datos, procesamiento numérico y control lógico del sistema. Permite seleccionar el tipo de fórmula de conversión de conductividad a salinidad (lineal, cuadrática, cúbica) y ajustar coeficientes fácilmente en el código.
- **Módulo de visualización:**
 - Pantalla gráfica OLED SSD1306 conectada por bus I2C, o
 - Pantalla LCD 16x2 con interfaz I2C. Ambos dispositivos muestran los datos procesados en tiempo real.
- **Interfaz de usuario:** pulsador físico conectado a una entrada digital (pin D2 con INPUT_PULLUP), que permite alternar entre estados operativos (medición activa o pausa) del sistema con gestión de antirrebote.
- **Comunicación serial:** los valores de voltaje, conductividad, salinidad y ADC se envían también por puerto serie, facilitando el monitoreo y registro externo.

Detalle técnico

1. Adquisición del valor analógico de entrada (ADC, rango 0–1023).
2. Conversión a tensión en voltios mediante factor de escala (5 V / 1023).
3. Estimación de conductividad (en mS/cm) empleando un parámetro calibrable `maxConductividad` (por defecto 50 mS/cm), para facilitar la calibración posterior.
4. Cálculo de salinidad estimada (g/L) aplicando una fórmula configurable:
 - Fórmula lineal: $\text{salinidad} = a1 * \text{conductividad} + b1$
 - Fórmula cuadrática: $\text{salinidad} = a2 * \text{conductividad}^2 + b2 * \text{conductividad} + c2$
 - Fórmula cúbica: $\text{salinidad} = a3 * \text{conductividad}^3 + b3 * \text{conductividad}^2 + c3 * \text{conductividad} + d3$

La selección de la fórmula activa y los coeficientes se realiza fácilmente modificando variables en el código.

5. Visualización de los valores en pantalla (OLED o LCD) junto con mensajes de estado y valor ADC.
6. Gestión del estado operativo (activo o en pausa) mediante detección de flanco en el pulsador, con lógica de antirrebote implementada para evitar lecturas erróneas.
7. Envío de datos por puerto serie para monitoreo o registro externo.

Compatibilidad y aspectos de hardware

- **Pantallas:**
 - OLED SSD1306 funciona habitualmente a 3.3 V o 5 V (verificar especificación del módulo).
 - LCD 16x2 I2C funciona típicamente a 5 V.
 - Ambas utilizan bus I2C con líneas SDA y SCL conectadas a pines A4 y A5 en Arduino UNO/Nano.
- **Dirección I2C:**
 - OLED: usualmente 0x3C.
 - LCD 16x2 I2C: comúnmente 0x27 o 0x3F.
- **Alimentación:** fuente estable de 5 V recomendada para evitar fluctuaciones en las lecturas.
- **Nivel lógico:** si se usa pantalla OLED a 3.3 V y microcontrolador a 5 V, se recomienda emplear un convertidor de nivel lógico para las líneas I2C.
- **Conexiones principales:**
 - Sensor → Pin analógico A0
 - Pulsador → Pin digital D2 y GND (con resistencia pull-up interna)
 - Pantalla OLED/LCD → SDA (A4), SCL (A5), VCC (5 V), GND

Alcance y uso previsto

Este sistema está pensado como una herramienta educativa, accesible y económica para medir conductividad y estimar salinidad en líquidos con visualización en tiempo real, ideal para:

- Laboratorios escolares y universitarios
- Uso doméstico para monitoreo básico de agua, orina o sudor
- Prácticas de docencia, experimentación y prototipado en electrónica
- Proyectos de investigación básica en química, salud y tecnología
- Desarrollo de dispositivos electrónicos portátiles personalizables

Importante:

No está diseñado para reemplazar equipos clínicos ni análisis profesionales, es solo un medidor.

Estado de desarrollo

- Diseño, documentación y validación en entorno de prototipado sobre protoboard.
- Código funcional, esquema eléctrico, imagen del circuito y archivo de configuración listos para producción artesanal o fabricación en PCB.
- Simulación funcional validada en plataformas como Wokwi y Tinkercad con potenciómetro y LCD.
- Código Arduino probado y documentado para ambas pantallas OLED y LCD, incluyendo:
 - Lectura analógica y cálculo de voltaje y conductividad.
 - Estimación de salinidad con selección de fórmula configurable.
 - Visualización de parámetros en pantalla LCD 16x2 I2C o OLED SSD1306.
 - Gestión de botón con antirrebote para alternar entre medición activa y pausa.
 - Parámetro calibrable maxConductividad para ajustar la escala de lectura.
 - Bloque preparado para incorporar fórmulas profesionales, calibraciones, con datos reales de laboratorio.
- Diagrama técnico profesional disponible.

Información del autor

- **Nombre:** Paulina Juich
- **Nacionalidad:** Argentina
- **Rol:** Analista de Sistemas, autora y desarrolladora del diseño técnico, lógico y funcional.
- **Fecha de creación:** Julio–Agosto 2025

Licencia y derechos

© 2025 Paulina Juich. Todos los derechos reservados.

- Este diseño, documentación y código están protegidos por la legislación vigente de propiedad intelectual.
- Uso personal, académico o educativo sin fines de lucro está permitido con atribución.
- Cualquier uso comercial, distribución, modificación o integración en productos requiere licencia paga o autorización expresa.
- Para consultas sobre licencias, contactar a: paulinajuich4@gmail.com

FICHA TÉCNICA ACTUALIZADA

Medidor de Salinidad y Conductividad con Arduino UNO

Versión: Agosto 2025

Autora: Paulina Juich

Expediente DNDA: EX-2025-78014687-

1. Descripción General

Dispositivo electrónico de bajo costo y fácil armado para medir la conductividad eléctrica de una muestra líquida (simulada con un potenciómetro), mostrando en pantalla LCD 16x2 I2C el voltaje, valor ADC, conductividad estimada (mS/cm) y, ahora, salinidad estimada (g/L) aplicando fórmulas seleccionables (lineal, cuadrática o cúbica).

2. Componentes Principales

Componente	Cantidad	Descripción
Arduino UNO / Nano / compatible	1	Placa principal de control
Sensor de conductividad (potenciómetro para pruebas)	1	Simula el sensor real, salida analógica a A0

Componente	Cantidad	Descripción
Pantalla LCD 16x2 I2C (0x27)	1	Visualización de datos
Pulsador	1	Cambia entre modo medición y pausa
Protoboard o placa perforada	1	Montaje del circuito
Cables dupont	Varios	Conexión de componentes
Fuente 5V o USB	1	Alimentación

3. Conexiones

- **Sensor de conductividad:** Salida analógica → Pin A0 (Arduino)
- **Pantalla LCD 16x2 I2C:**
 - SDA → Pin A4
 - SCL → Pin A5
 - VCC → 5V
 - GND → GND
- **Pulsador:**
 - Un extremo → Pin digital 2
 - Otro extremo → GND
 - (Configurar con INPUT_PULLUP en software)

4. Especificaciones Técnicas

Parámetro	Valor / Rango
Voltaje de trabajo	5V DC
Rango ADC	0–1023 (10 bits)

Parámetro	Valor / Rango
Rango de voltaje	0–5V (precisión de 2 decimales)
Rango conductividad	0–50 mS/cm (ajustable por maxConductividad)
Rango salinidad	Depende de fórmula (g/L, estimado, ajustable)
Intervalo de medición	300 ms (configurable)
Visualización	LCD 16x2 I2C (0x27), muestra V, C, S, ADC
Control	Pulsador físico con antirrebote por software
Comunicación Serial	9600 baudios
Consumo típico	< 100 mA (sin relés ni actuadores adicionales)

5. Funcionamiento del Sistema

- Medición periódica: Cada 300 ms (sin delay()), lee el sensor.
- Conversión:
 - Valor ADC → Voltaje
 - Valor ADC → Conductividad (mS/cm, escalado por maxConductividad)
 - Conductividad → Salinidad (g/L), usando fórmula seleccionada:
 - Lineal: $S = a1 * C + b1$
 - Cuadrática: $S = a2 * C^2 + b2 * C + c2$
 - Cúbica: $S = a3 * C^3 + b3 * C^2 + c3 * C + d3$
- Pausa/reanudación: Pulsador alterna entre medición y pausa (con mensaje en pantalla).
- Visualización:

- Línea 1: Voltaje y Conductividad
 - Línea 2: Salinidad (g/L) y ADC
- Datos por Serial: Todos los parámetros principales enviados en cada ciclo.

6. Configuración de Fórmulas

- Variables de fórmula declaradas al inicio del código.
- Seleccionar tipo de fórmula cambiando el valor de `tipoFormula` (1=lineal, 2=cuadrática, 3=cúbica).
- Fórmulas y coeficientes deben ajustarse/calibrarse con valores reales para mayor precisión.

7. Ejemplo de Lectura en Pantalla

```
V:2.3 C:24.5
S:5.6g/L ADC:512
```

- **V:** Voltaje del sensor
- **C:** Conductividad estimada (mS/cm)
- **S:** Salinidad calculada (g/L, según fórmula activa)
- **ADC:** Valor digital de entrada (0–1023)

8. Estados del Sistema

- **MIDIENDO:** Lee y actualiza datos en LCD y Serial.
- **PAUSADO:** LCD muestra “== PAUSADO ==”, datos congelados (se reanudan al presionar el botón).

9. Licencia y Contacto

Licencia:

Uso personal, educativo o académico permitido con atribución.

Prohibido uso comercial, modificación o integración sin autorización/licencia paga.

Contacto para licencias: paulinajuich4@gmail.com

10. Notas y Mejoras Futuras

- Calibrar coeficientes con datos reales de laboratorio.
- Construcción del hardware físico (Se requiere la donación de los componentes electrónicos necesarios para el armado del dispositivo, o bien el contacto directo conmigo de un/a técnico/a electrónico/a que desee colaborar en la construcción del prototipo).
- Agregar alertas visuales o sonoras.
- Soporte para pantalla OLED opcional.

- Exportar datos vía WiFi/Bluetooth (futuro).

Este proyecto fue creado con dedicación y amor, pensado para democratizar la medición de salinidad y contribuir a la salud, la ciencia y la educación accesible.

Verificación en simuladores

Medidor de Salinidad y Conductividad

Proyecto de Simulación en Wokwi y Tinkercad (2025)

Objetivo

Comprobar el correcto funcionamiento del sistema de medición de salinidad y conductividad mediante simulación en plataformas digitales (Wokwi y Tinkercad), evaluando:

- Lectura del sensor analógico (potenciómetro utilizado para simular el sensor real de conductividad).
- Visualización de datos en la pantalla LCD 16x2 I2C o pantalla OLED SSD1306 (según configuración).
- Funcionamiento del botón con lógica de antirrebote implementada por software.
- Cambio de estados entre medición activa y pausa, con mensajes claros en pantalla.
- Envío de datos al monitor serie para monitoreo externo.
- Cálculo y visualización de la salinidad estimada (g/L), configurable por fórmula seleccionable en el código (lineal, cuadrática o cúbica).

Componentes simulados

Componente	Descripción
Arduino UNO	Microcontrolador principal
Potenciómetro	Simula el sensor analógico de conductividad

Componente	Descripción
Pantalla LCD 16x2 I2C / OLED SSD1306	Visualización digital, según configuración
Pulsador	Conectado a pin D2 con resistencia pull-up interna (INPUT_PULLUP)

Conexiones en la simulación

Componente	Conexiones Arduino UNO / Nano
Potenciómetro	VCC → 5 V, GND → GND, Salida central → A0
Pantalla LCD 16x2 I2C / OLED SSD1306	GND → GND, VCC → 5 V, SDA → A4, SCL → A5
Pulsador	Un pin → D2, Otro pin → GND (sin resistencia externa, se usa INPUT_PULLUP)

Resultados observados en simulación

En ambos simuladores (Wokwi y Tinkercad), el sistema muestra correctamente en pantalla y monitor serie:

- Valor ADC leído (0–1023)
- Voltaje estimado (0–5 V)
- Conductividad aproximada en mS/cm, calculada con un parámetro calibrable (maxConductividad, por defecto 50 mS/cm)
- Salinidad estimada en g/L, calculada automáticamente según la fórmula seleccionada en el código (lineal, cuadrática o cúbica)

Visualización en pantalla LCD (ejemplo):

V:0.7 C:7.0
S:3.5g/L ADC:143

Monitor serie (ejemplo):

ADC: 143 Voltaje: 0.70 V Conductividad: 7.00 mS/cm Salinidad: 3.46 g/L

El botón permite alternar entre dos estados:

- **Medición activa:** actualiza y muestra datos en tiempo real.
- **Modo pausa:** detiene la actualización de datos y muestra el mensaje:
== PAUSADO ==
Presiona boton

El comportamiento del botón es confiable gracias a un algoritmo de antirrebote por software, evitando lecturas erráticas o múltiples activaciones por una sola pulsación.

La simulación refleja fielmente la lógica del código fuente, validando la operación del medidor avanzado con pantalla LCD y potenciómetro, e incluyendo ahora el cálculo y visualización de la salinidad.

Notas adicionales

- El potenciómetro simula el sensor analógico para pruebas y desarrollo; para aplicaciones reales se debe usar un sensor de conductividad certificado.
- El sistema implementa diferentes fórmulas para el cálculo de salinidad (lineal, cuadrática o cúbica), seleccionables y ajustables desde el código, para facilitar la adaptación y calibración a distintos estándares.
- El código base mantiene una estructura modular para fácil adaptación a distintos sensores o pantallas.
- El parámetro maxConductividad facilita la calibración del rango máximo esperado durante la medición.
- El sistema y su simulación están validados para uso educativo, prototipado y prácticas de laboratorio.

```
Código
/*
  Medidor de Salinidad Básico con Arduino UNO
  -----
  Dispositivo básico para medir la conductividad eléctrica de una muestra
  líquida
  (simulada con un potenciómetro), mostrando en pantalla LCD 16x2 I2C el
  voltaje,
  valor ADC y una estimación simple de la conductividad.
  Está preparado para incorporar una fórmula profesional que convierta la
  conductividad a salinidad real (g/L, ppt, etc) cuando se disponga.

  Autora: Paulina Juich
```

Licencia:

Este proyecto fue desarrollado por Paulina Juich y registrado en la DNDA (Argentina) bajo el número de expediente EX-2025-78014687- el 18 de Julio de 2025.

Todo el contenido de este repositorio (código fuente, diseño electrónico, documentación) se encuentra protegido por derechos de autor.

⚠ El incumplimiento de estas condiciones podrá derivar en acciones legales conforme a la Ley 11.723 de Propiedad Intelectual.

© 2025 Paulina Juich. Todos los derechos reservados.

👤 El uso personal, académico o educativo sin fines de lucro está permitido con atribución.

🔒 Cualquier uso comercial, distribución, modificación o integración en productos requiere una licencia paga o autorización expresa.

Contacto para licencias: paulinajuich4@gmail.com

Mejoras en este código:

- Comentarios detallados en cada bloque
- Antirrebote optimizado con temporización
- Preparado para probar fórmulas lineal, cuadrática o cúbica

*/

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
// Crear el objeto lcd con dirección I2C 0x27 y 16 columnas x 2 filas
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

```
// Pines
```

```
const int sensorPin = A0;          // Potenciómetro como sensor de salinidad
const int buttonPin = 2;           // Pulsador conectado a GND con
INPUT_PULLUP
```

```
// Configuración de lectura
```

```
float maxConductividad = 50.0;     // Valor máximo calibrado en mS/cm
(ajustable según calibración real)
```

```
// Estado del sistema
```

```
bool medirActivo = true;
bool botonPresionado = false;
```

```
// ⚠ FÓRMULAS DE CALIBRACIÓN (de ejemplo, se deben reemplazar por datos reales)
```

```
// Fórmula LINEAL: salinidad = a1 * conductividad + b1
float a1 = 0.5, b1 = 0.8;
```

```
// Fórmula CUADRÁTICA: salinidad = a2 * cond^2 + b2 * cond + c2
float a2 = 0.02, b2 = 0.4, c2 = 0.7;
```

```

// Fórmula CÚBICA: salinidad = a3 * cond^3 + b3 * cond^2 + c3 * cond + d3
float a3 = 0.001, b3 = -0.02, c3 = 0.5, d3 = 0.6;

// Selección de fórmula activa: 1 = lineal, 2 = cuadrática, 3 = cúbica
int tipoFormula = 3;

unsigned long ultimaLectura = 0;
const unsigned long intervaloLectura = 300; // ms

void setup() {
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);

  lcd.init();           // Inicializa LCD
  lcd.backlight();      // Enciende luz de fondo

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Iniciando medidor de salinidad...");

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Medidor Salinidad");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Iniciando...");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
  leerBoton();

  // Solo lee cada "intervaloLectura" ms
  if (medirActivo && (millis() - ultimaLectura >= intervaloLectura)) {
    int adc = analogRead(sensorPin); // Lee el sensor (0-1023)
    float voltaje = adc * (5.0 / 1023.0); // Conversión a voltaje (0-5V)
    float conductividad = (adc / 1023.0) * maxConductividad; // Escalado
a mS/cm

    // --- Cálculo de salinidad según fórmula elegida ---
    float salinidad = 0.0;
    if (tipoFormula == 1) {
      salinidad = a1 * conductividad + b1;
    } else if (tipoFormula == 2) {
      salinidad = a2 * pow(conductividad, 2) + b2 * conductividad + c2;
    } else if (tipoFormula == 3) {
      salinidad = a3 * pow(conductividad, 3) + b3 * pow(conductividad, 2)
+ c3 * conductividad + d3;
    }

    mostrarLectura(adc, voltaje, conductividad, salinidad);

    // --- Datos también por Serial ---
    Serial.print("ADC: "); Serial.print(adc);
    Serial.print(" Voltaje: "); Serial.print(voltaje, 2);
    Serial.print(" V Conductividad: "); Serial.print(conductividad, 2);
    Serial.print(" mS/cm Salinidad: "); Serial.print(salinidad, 2);
    Serial.println(" g/L");
    ultimaLectura = millis();
  }
}

```

```

    }

    // Muestra pantalla de pausa
    if (!medirActivo) {
        static bool pausaMostrada = false;
        if (!pausaMostrada) {
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print("== PAUSADO ==");
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print("Presiona boton");
            pausaMostrada = true;
        }
    }
}

// --- Antirrebote con cambio de flanco ---
void leerBoton() {
    static unsigned long lastDebounceTime = 0;
    static const unsigned long debounceDelay = 50;

    bool estadoBoton = digitalRead(buttonPin) == LOW;

    if (estadoBoton && !botonPresionado && (millis() - lastDebounceTime >
    debounceDelay)) {
        botonPresionado = true;
        medirActivo = !medirActivo;
        Serial.println(medirActivo ? "MIDIENDO" : "PAUSADO");
        lcd.clear();
        lastDebounceTime = millis();
    }

    if (!estadoBoton && botonPresionado) {
        botonPresionado = false;
        lastDebounceTime = millis();
    }
}

// --- Mostrar datos en pantalla ---
void mostrarLectura(int adc, float voltaje, float cond, float sal) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("V:"); lcd.print(voltaje, 1);
    lcd.print(" C:"); lcd.print(cond, 1);

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("S:");
    lcd.print(sal, 1);    // valor de salinidad
    lcd.print("g/L ");    // <- aquí agregamos la unidad
    lcd.print("ADC:");
    lcd.print(adc);
}

```

Documentación técnica: Cálculo de salinidad a partir de la conductividad

1. Introducción

La salinidad de una solución es un parámetro físico-químico fundamental en aplicaciones ambientales, biológicas, médicas e industriales. Si bien existen sensores comerciales que la miden directamente, en muchos contextos educativos, de prototipado o bajo costo, es común estimar la salinidad a partir de la conductividad eléctrica del líquido, ya que la relación entre ambos parámetros es conocida y puede modelarse matemáticamente.

2. Fundamento

- **Conductividad eléctrica (C):** mide la capacidad de una solución para conducir corriente, expresada en miliSiemens por centímetro (mS/cm).
- **Salinidad (S):** cantidad de sales disueltas en una solución, comúnmente en gramos por litro (g/L) o partes por mil (ppt).

Relación:

La salinidad y la conductividad se relacionan de manera empírica. Dicha relación varía según el tipo de sales, temperatura y composición del líquido. Para soluciones acuosas simples (por ejemplo, agua con cloruro de sodio), se pueden emplear distintas fórmulas de ajuste (lineal, cuadrática, cúbica) que aproximan la salinidad en función de la conductividad medida.

3. Fórmulas implementadas

El sistema permite seleccionar entre tres tipos de fórmulas para la conversión de conductividad a salinidad, según el grado de aproximación requerido o la calibración experimental disponible:

1. Fórmula Lineal

Modelo simple, adecuado para rangos limitados y soluciones diluidas.

$$S = a_1 \times C + b_1$$

- S: Salinidad estimada (g/L)
- C: Conductividad (mS/cm)
- a_1, b_1 : Coeficientes de ajuste (definidos en el código)

2. Fórmula Cuadrática

Mejor ajuste en rangos intermedios o soluciones más concentradas:

$$S = a_2 \times C^2 + b_2 \times C + c_2$$

- a_2, b_2, c_2 : Coeficientes de ajuste cuadrático

3. Fórmula Cúbica

Permite una mayor flexibilidad y precisión en rangos amplios o mezclas complejas:

$$S = a_3 \times C^3 + b_3 \times C^2 + c_3 \times C + d_3$$

- o a_3, b_3, c_3, d_3 : Coeficientes de ajuste cúbico

4. Selección de la fórmula en el código

En el programa Arduino, puedes definir qué fórmula usar modificando el valor de la variable `tipoFormula`:

```
int tipoFormula = 3; // 1 = lineal, 2 = cuadrática, 3 = cúbica
```

En el bloque de cálculo, el sistema selecciona la fórmula activa:

```
float salinidad = 0.0;
if (tipoFormula == 1) {
    salinidad = a1 * conductividad + b1;
} else if (tipoFormula == 2) {
    salinidad = a2 * pow(conductividad, 2) + b2 * conductividad + c2;
} else if (tipoFormula == 3) {
    salinidad = a3 * pow(conductividad, 3) + b3 * pow(conductividad, 2) +
    c3 * conductividad + d3;
}
```

5. Parámetros de calibración

Los coeficientes $a_1, b_1, a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3, d_3$ deben ser calibrados experimentalmente para cada tipo de líquido y sensor, ajustando el modelo a los valores de referencia obtenidos con soluciones patrón o datos de laboratorio certificados.

Ejemplo de valores de prueba en el código:

```
// Fórmula LINEAL
float a1 = 0.5, b1 = 0.8;
// Fórmula CUADRÁTICA
float a2 = 0.02, b2 = 0.4, c2 = 0.7;
// Fórmula CÚBICA
float a3 = 0.001, b3 = -0.02, c3 = 0.5, d3 = 0.6;
```

6. Visualización y unidades

- El resultado se muestra en la pantalla LCD u OLED en la forma:

```
S:3.5g/L ADC:143
```

- donde s es la salinidad estimada en gramos por litro.

7. Consideraciones y recomendaciones

- La precisión depende de la calibración y la calidad del sensor.
- Las fórmulas pueden ser ajustadas y ampliadas según el avance de la investigación o los requerimientos del usuario.
- Es recomendable validar el sistema con soluciones patrón de salinidad conocida antes de utilizarlo en mediciones críticas.

8. Resumen de ventajas

- **Flexibilidad:** permite elegir y adaptar la fórmula a cada contexto.
- **Transparencia:** los coeficientes y el modelo matemático están documentados y son fácilmente modificables.
- **Escalabilidad:** soporta mejoras futuras y la integración de fórmulas profesionales.

Consultas técnicas o propuestas de calibración profesional:

paulinajuich4@gmail.com