

Objetivo

Validar el funcionamiento integral del sistema de medición de salinidad y conductividad mediante simulación en **Wokwi** y **Tinkercad**, asegurando los siguientes aspectos:

- Lectura analógica de tres sensores:
 - Sensor de conductividad** (simulado con potenciómetro, conectado a `A0`)
 - Sensor de temperatura LM35** (conectado a `A1`)
 - Sensor de pH analógico** (conectado a `A2`)
- Visualización de datos en **Pantalla LCD 16x2 I2C** o **OLED SSD1306 I2C** según la configuración seleccionada en el código.
- Gestión robusta del botón con **antirrebote software** (`INPUT_PULLUP`), alternando entre **medición activa** y **pausa** con mensajes claros en pantalla.
- Envío de datos completos al **monitor serie** para monitoreo y análisis externo.
- Cálculo y visualización de la salinidad estimada** (g/L), usando fórmulas configurables (lineal, cuadrática o cúbica), con compensación por temperatura y factor correctivo por pH.
- Visualización periódica de todos los parámetros relevantes: **conductividad compensada** (mS/cm), **temperatura** (°C), **valor estimado de pH** y **salinidad estimada** (g/L).

Componentes Simulados

Componente	Función / Descripción
Arduino UNO / Nano	Microcontrolador principal
Potenciómetro	Simula el sensor analógico de conductividad (A0), temperatura (A1) y pH (A2)
Sensor LM35	Sensor de temperatura analógico (A1)
Sensor de pH analógico	Sensor de pH (A2), simulado mediante potenciómetro
Pantalla LCD 16x2 I2C / OLED SSD1306	Visualización digital de datos; seleccionable según hardware
Pulsador	Permite alternar entre medición y pausa, conectado a D2 (<code>INPUT_PULLUP</code>)

Conexiones en la Simulación

Componente	Conexión
Sensor de conductividad (Potenciómetro)	VCC → 5V, GND → GND, Salida central → A0
Sensor de temperatura LM35	VCC → 5V, GND → GND, Vout → A1
Sensor de pH (Potenciómetro o módulo analógico)	VCC → 5V, GND → GND, Salida central → A2
Pantalla LCD 16x2 I2C / OLED SSD1306	GND → GND, VCC → 5V, SDA → A4, SCL → A5
Pulsador	Un pin → D2, Otro pin → GND (sin resistencia externa, usa <code>INPUT_PULLUP</code>)

Resultados Observados en Simulación

- El sistema muestra en pantalla y monitor serie:
 - Valor ADC** leído (0–1023) de cada sensor
 - Voltaje** estimado (0–5 V) para cada sensor
 - Conductividad** aproximada en mS/cm (`maxConductividad` calibrable, por defecto 50 mS/cm)
 - Temperatura** (°C) calculada a partir del LM35
 - pH** estimado según el valor analógico de entrada
 - Conductividad compensada por temperatura** y corregida por pH
 - Salinidad estimada** en g/L, calculada automáticamente según la fórmula seleccionada (lineal, cuadrática, cúbica)
- El **botón** alterna entre:
 - Medición activa**: actualiza y muestra datos en tiempo real
 - Modo pausa**: detiene la actualización y muestra mensaje:

== PAUSADO ==
Presiona botón

- La **gestión de antirrebote** por software (`debounce`) asegura pulsaciones estables y sin falsos disparos.
- El sistema refleja fielmente la lógica del código fuente (**Rama VersionAgosto2025**), incluyendo la visualización extendida y la flexibilidad para calibración futura.

Ejemplo de visualización en pantalla LCD / OLED

C:24.5 T:26
S:5.6 pH:7.2

Ejemplo de visualización en pantalla LCD (formato clásico)

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

Ejemplo de salida por monitor serie

```
ADC Conductividad: 143 Voltaje: 0.70 V
Conductividad: 7.00 mS/cm
Temperatura: 26.0 °C
pH: 7.2
Conductividad Compensada: 24.5 mS/cm
Salinidad: 5.60 g/L
```

Notas y Observaciones

Adicionales

- El **potenciómetro** en la simulación representa los sensores reales solo en modo prototipo; para aplicaciones reales, es necesario emplear sensores certificados de conductividad, temperatura y pH.
- El sistema implementa diferentes **modelos matemáticos** para el cálculo de salinidad (lineal, cuadrática, cúbica), seleccionables y ajustables desde el código, para facilitar la adaptación y calibración a distintos estándares o necesidades clínicas.
- Parámetros totalmente calibrables** desde el código:
 - `maxConductividad` : rango máximo de conductividad esperado
 - Coefficientes de las fórmulas matemáticas para conversión a salinidad
 - Compensación térmica respecto a 25 °C y factor correctivo por desviación de pH respecto a pH neutro (7.0)
- La estructura modular del código permite:
 - Reemplazo rápido de sensores simulados por sensores reales
 - Ampliación a nuevas magnitudes o modelos matemáticos
 - Integración futura de fórmulas bioquímicas validadas profesionalmente
- La simulación está validada para **uso educativo, prototipado y prácticas de laboratorio**.
- Innovaciones respecto a versiones previas**:
 - Soporte dual de pantallas (LCD 16x2 I2C u OLED SSD1306 I2C)
 - Medición multiparamétrica: conductividad, temperatura y pH
 - Compensaciones físicas implementadas (térmica y química)
 - Gestión robusta del botón y visualización extendida
 - Código listo para calibración profesional y ampliaciones futuras

Conclusiones

La verificación en simuladores **Wokwi** y **Tinkercad** demuestra que el sistema de medición desarrollado cumple con todos los objetivos de diseño:

- Lectura y procesamiento correcto de señales analógicas de **conductividad, temperatura y pH**.
- Visualización clara y periódica de todos los parámetros en pantalla (LCD/OLED).
- Flexibilidad y robustez en el manejo de datos, fórmulas y controles.
- Base sólida para migrar a hardware real y aplicaciones profesionales o clínicas.

Este prototipo fue validado con éxito en simuladores y está listo para ser adaptado a sensores certificados e integraciones clínicas o de laboratorio reales.