

PC03 - COMPLEMENTO TÉCNICO: Monitoreo térmico con alerta y registro

Alejandro King Orlaineta
Ángel Gabriel Chávez Gomez

Manuel Jacinto Martín Pech

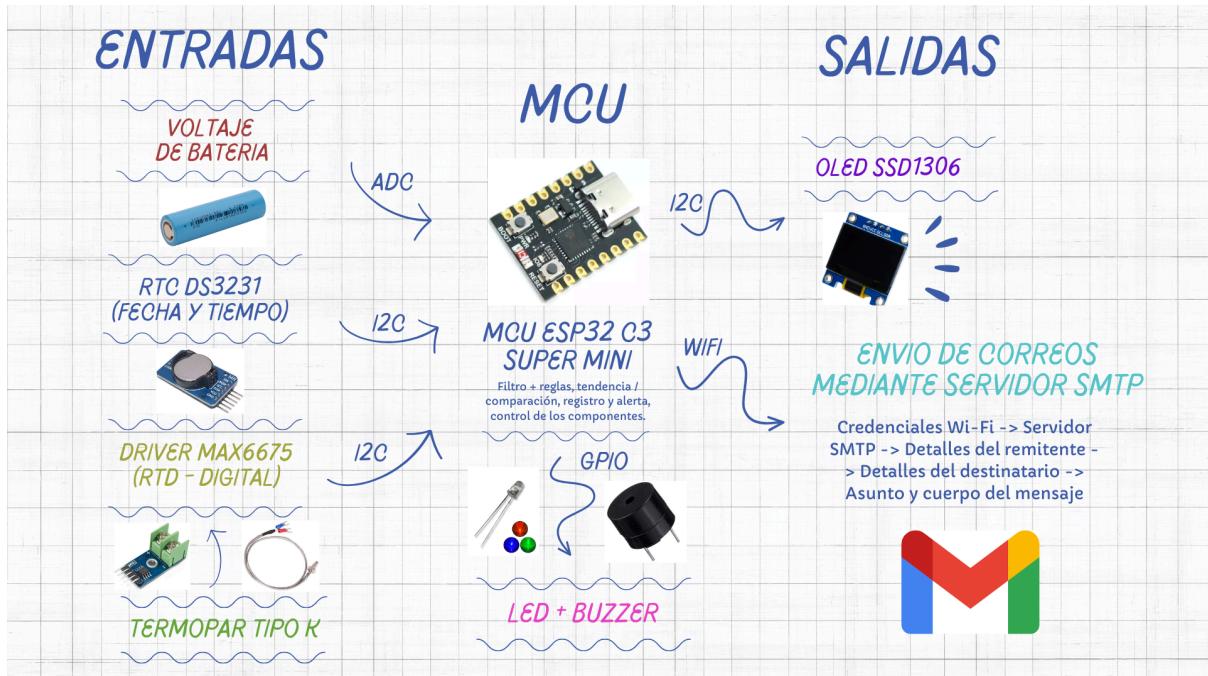
Proyectos 3

3er semestre

09/11/2025

Sección 2: Diagramas técnicos del sistema

Diagrama de bloques



Alimentación

- 18650 → TP4056 (con protección) → 3.3 V regulador (LDO 3.3 V estable).
- 3.3 V común a: ESP32-C3, MAX6675, DS3231, OLED, LED (a través de resistencias), buzzer (si es activo 3.3 V).
- GND común para todos.

Termopar K + MAX6675 (SPI)

- MAX6675 VCC → 3.3 V

- **MAX6675 GND** → GND
- **MAX6675 SCK** → GPIO4 (SCK)
- **MAX6675 CS** → GPIO5 (CS)
- **MAX6675 SO** → GPIO6 (MISO)
- **Termopar K** → bornes **T+ / T-** del MAX6675

RTC DS3231

- **DS3231 VCC** → 3.3 V
- **DS3231 GND** → GND
- **DS3231 SDA** → GPIO8 (SDA)
- **DS3231 SCL** → GPIO9 (SCL)
- Batería **CR2032** puesta.

OLED SSD1306 0.96"

- **OLED VCC** → 3.3 V
- **OLED GND** → GND
- **OLED SDA** → GPIO8 (SDA) [bus compartido]
- **OLED SCL** → GPIO9 (SCL) [bus compartido]

Buzzer + LED

- **Buzzer (activo 3.3 V, ≤ 20 mA):**
 - **+** → 3.3 V
 - **-** → GPIO2 (a través de **NPN 2N2222** o **MOSFET canal N**):
 - GPIO2 → **R base 4.7 k** → base NPN
 - Emisor NPN → GND

- Colector NPN → - del buzzer
 - + del buzzer → 3.3 V
 - (No se requiere diodo de rueda libre si es buzzer, sí si usas relé)
- **LED RGB común cátodo** (o 3 LEDs):
 - Cátodo(s) → GND
 - Ánodo **R** → **R serie 220–330 Ω** → GPIO10
 - Ánodo **G** → **R serie 220–330 Ω** → GPIO3
 - Ánodo **B** → **R serie 220–330 Ω** → GPIO1

Medición de batería

- **VBAT** (salida de la celda protegida) → **R 220 kΩ** → nodo **ADC_BAT**
- **ADC_BAT** → **R↓ 100 kΩ** → **GND**
- **ADC_BAT** → GPIO0 (ADC) del ESP32-C3
 - Factor ≈ 0.3125 (4.20 V → ~ 1.31 V al ADC).
 - Calibra en software con multímetro.

Diagrama eléctrico del sistema

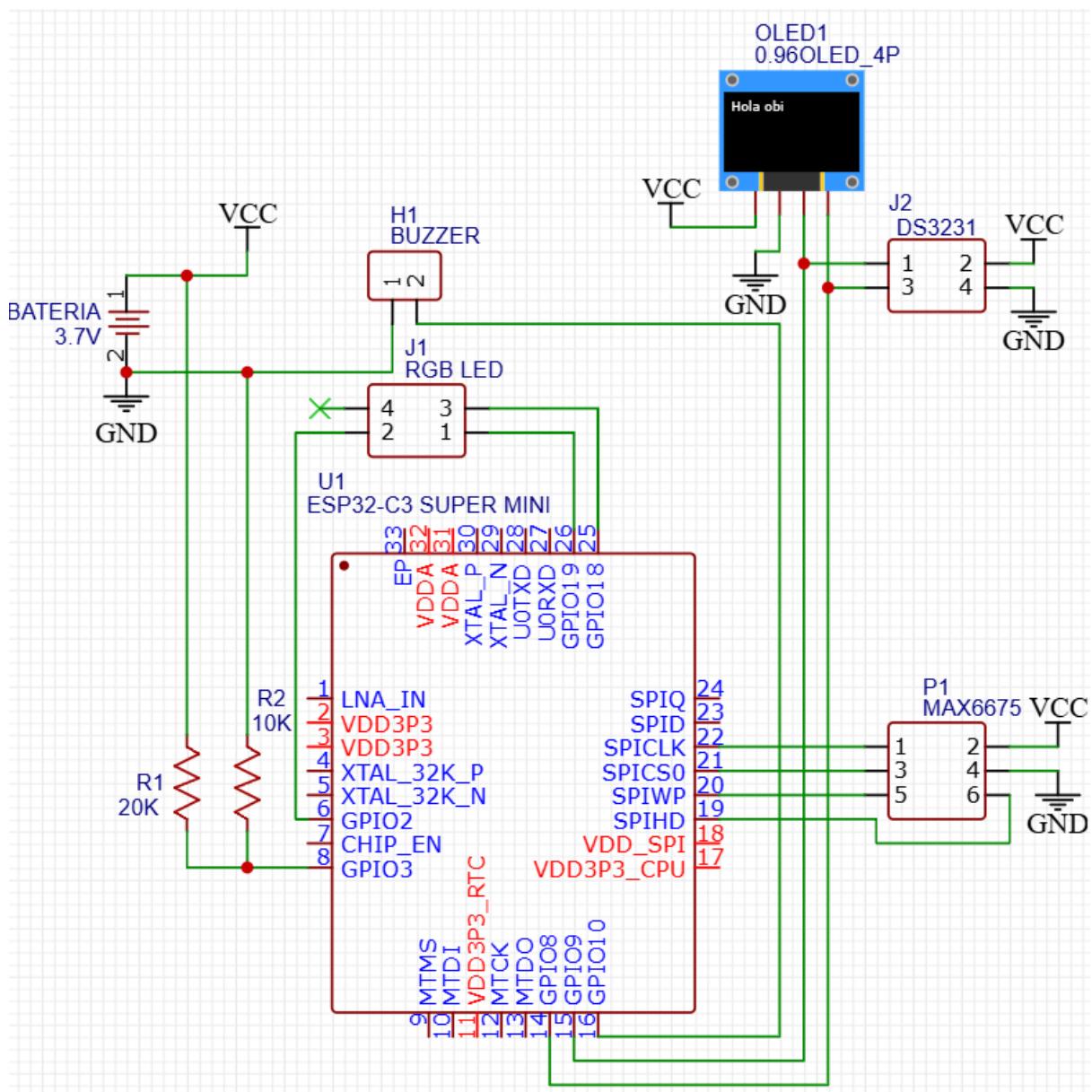
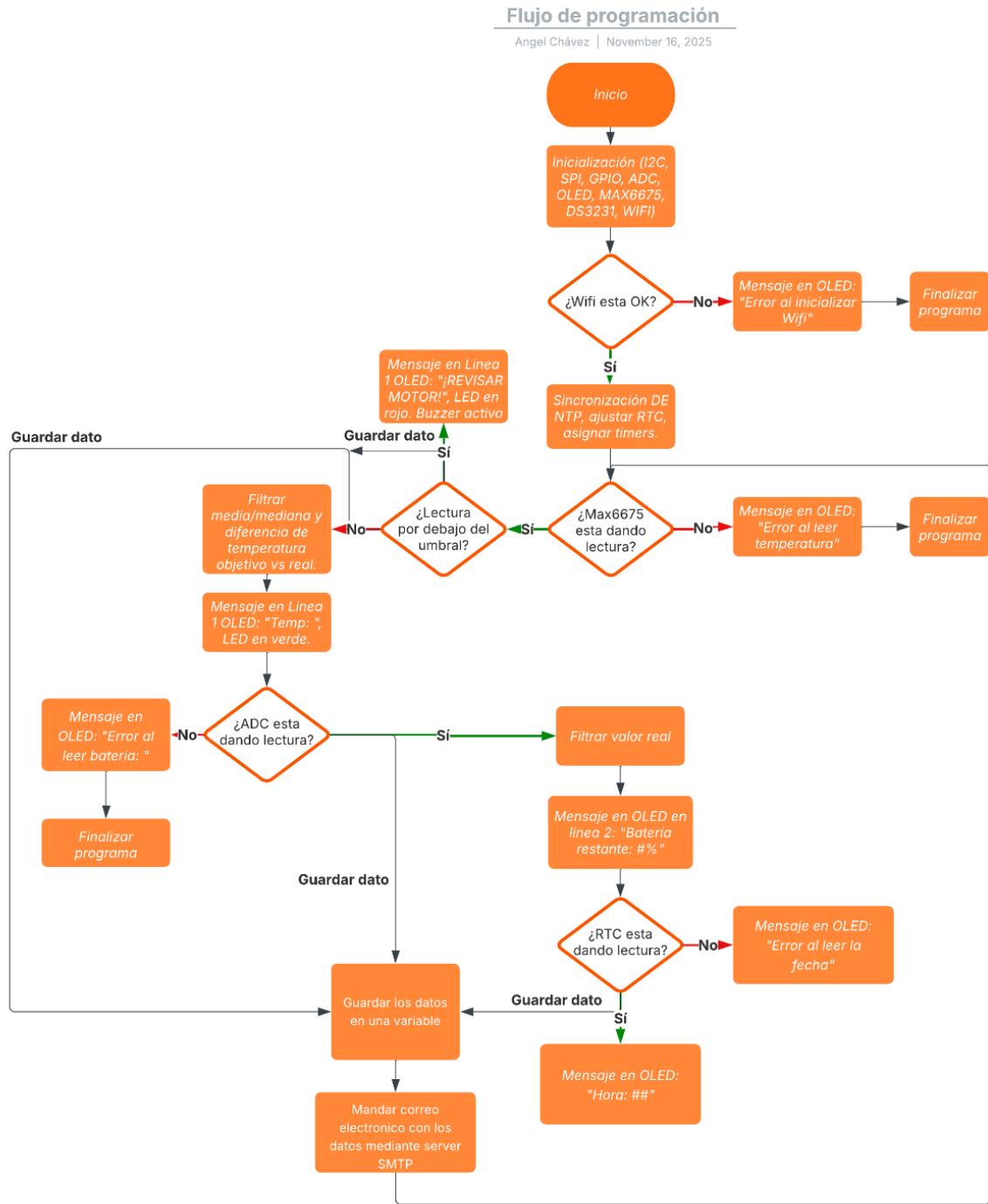


Diagrama de control



Arranque y chequeo rápido

Inicializa OLED, MAX6675, RTC, Wi-Fi y ADC. Verifica presencia/errores de cada módulo y deja “estado = FALLA” si algo crítico no responde.

Base de tiempo

Obtiene hora del RTC (DS3231). Si hay Wi-Fi, sincroniza NTP y corrige el RTC; guarda la “edad de sincronización”.

Muestreo de temperatura

Lee el MAX6675 a periodo fijo (p. ej. 1 s), aplica filtro simple (media/mediana) y calcula tendencia ($\Delta T/\Delta t$). Detecta OPEN/SHORT en el termopar.

Reglas de control (diamante)

Comparar filtrada contra setpoint con histéresis y aplicar antirebote temporal. Resultado: OK, ALARMA (sobre-temperatura sostenida) o FALLA (sensor/RTC/Wi-Fi crítico).

Alertas

Activa patrón mínimo: LED RGB (OK fijo, ALARMA rojo intermitente, FALLA magenta) y buzzer por ráfagas. Limita la frecuencia para no saturar.

Datos (tabla CSV)

Compone una línea estándar con: timestamp, T cruda/filtrada, tendencia, estado, fallas, batería, Wi-Fi. Se usa para mostrar/resumir y para el correo.

Wi-Fi + correo

Conecta/reintenta. Envía correo **al entrar** en ALARMA o FALLA y **al despejar**; opcionalmente un resumen periódico. Incluye la tabla CSV (en cuerpo o adjunto).

Batería

Mide VBAT por ADC (divisor). Calcula % aproximado. Marca **LOW BAT** si cae bajo umbral y lo refleja en LED/OLED y en la tabla de datos.

Robustez mínima

Watchdog, reintentos escalonados de red, validaciones de tiempo/sensor y recuperación básica tras fallos para mantener operación continua.

SECCIÓN 3. Especificaciones técnicas (componentes principales)

Materiales	Costos	Disponibilidad	Proveedor
ESP32 C3 Super Mini	\$90 MXN	Alta	Tenstar Robot

Buzzer Activo	\$5 MXN	Alta	Steren
Led RGB	\$3 MXN	Alta	Steren
Modulo RTC DS3231	\$50 MXN	Alta	Tecneu (A través de mercado libre)
Termopar tipo K + MAX6675	\$100 MXN	Alta	Rantec Electronics
Bateria 18650 (2)	\$200	Alta	Steren
TP4056	\$10 MXN	Alta	Steren
Modulo pantalla OLED SSD1306	\$100 MXN	Alta	Tecneu
Porta Bateria 18650	\$20 MXN	Alta	Tecneu
Paquete de resistencias	\$150 MXN	Alta	Steren

SECCIÓN 4. Cálculos de dimensionamiento

1. DIVISOR PARA MEDIR 18650 EN ADC (MAX 4.20 V)

- Objetivo: llevar 4.20 V -> ~1.31 V al ADC (rango 0..3.3 V)
- Elección: $R_{superior} = 220000 \text{ ohm}$, $R_{inferior} = 100000 \text{ ohm}$
- $\text{Factor_divisor} = R_{inferior} / (R_{superior} + R_{inferior})$
 $= 100000 / (220000 + 100000)$
 $= 100000 / 320000$
 $= 0.3125$
- $V_{adc_max} = 4.20 * 0.3125 = 1.3125 \text{ V} (\sim 1.31 \text{ V, seguro})$
- $I_{divisor} = 4.20 / (220000 + 100000) = 4.20 / 320000 = 0.000013125 \text{ A} (\sim 13 \mu\text{A})$
- Reconstrucción en firmware:
 $V_{bat_estimada} = V_{adc} / 0.3125 = 3.2 * V_{adc}$

2. UMBRAL DE HISTÉRESIS DE ALARMA

- Setpoint = -15.0 C
- Histeresis = 1.0 C
- ENTRA a ALARMA si $T_{filtrada} > (-15.0 + 1.0) = -14.0$ C durante ≥ 10 s
- SALE de ALARMA si $T_{filtrada} < (-15.0 - 1.0) = -16.0$ C durante ≥ 10 s
- Antirebote temporal = 10 s para evitar parpadeo

3. AUTONOMÍA APROXIMADA

- Bateria 18650 nominal = 2200 mAh
- Usable ~80% -> 1760 mAh
- Consumo ejemplo (promedio):
 - ESP32-C3 = 80 mA
 - OLED = 15 mA
 - RTC = 0.2 mA
 - MAX6675 = 1.5 mA
 - LED/Buzzer promedio = 5 mA
 - Total_aprox = $80 + 15 + 0.2 + 1.5 + 5 = 101.7$ mA (~102 mA)
- Autonomia_horas = $1760 \text{ mAh} / 102 \text{ mA} = 17.25 \text{ h}$ (~17.3 h)

4. CARGA CON TP4056 (CELDA 18650)

- Modo de carga: CC/CV
- Corriente de carga aproximada:

$$I_{ch} (\text{A}) = 1200 / \text{RPROG(kohm)}$$

Ejemplos:

 - RPROG = 1.2 kohm -> $I_{ch} \sim 1.0 \text{ A}$
 - RPROG = 2.4 kohm -> $I_{ch} \sim 0.5 \text{ A}$
- Tiempo de carga aproximado:

$$t_{\text{horas}} = 1.2 * \text{Capacidad_mAh} / I_{ch_mA}$$

Ejemplos:

 - $I_{ch} = 1000 \text{ mA} \rightarrow t = 1.2 * 2200 / 1000 = 2.64 \text{ h}$
 - $I_{ch} = 500 \text{ mA} \rightarrow t = 1.2 * 2200 / 500 = 5.28 \text{ h}$

5. REGULACION Y MARGEN DE TENSIONES (RESUMEN)

- Todos los modulos a 3.3 V: ESP32-C3, MAX6675, DS3231, OLED
- Si vienes directo de 18650: usar LDO 3.3 V de baja caida, $I_{max} \geq 300 \text{ mA}$
- Presupuesto pico con WiFi TX: $\geq 250..300 \text{ mA}$ disponibles a 3.3 V

6. LUT SIMPLE VBAT -> %

- Tabla rapida (aprox):
4.20 V -> 100 %
3.90 V -> 75 %
3.80 V -> 55 %
3.70 V -> 35 %
3.60 V -> 20 %
3.50 V -> 10 %
<3.40 V -> 0..5 %
- Umbrales:
LOW_BAT si Vbat < 3.50 V
CRIT_BAT si Vbat < 3.40 V

SECCIÓN 5. BOM

Materiales	Costos	Disponibilidad	Proveedor
Impresora 3D (Ender 3 V3 SE)	\$5000	Media	Creality
PETG Carcasa	\$200 MXN	Media	Estado sólido
Cable 22 AWG	\$10 MXN	Alta	Steren
Estaño	\$100 MXN	Alta	Steren
Cautin regulable	\$200 MXN	Alta	Steren

SECCIÓN 6. Ajustes vs. diseño base (PC3)

Cambios realizados

- Sensor y front-end: de *PT100 + MAX31865* a Termopar tipo K + MAX6675 (SPI) para simplificar montaje, ampliar disponibilidad local y reducir costo/tiempo de integración.
- Registro de datos: se elimina microSD; el registro y la evidencia se envían por Wi-Fi/correo en formato de tabla (CSV en cuerpo o adjunto).
- Base de tiempo: se mantiene RTC DS3231 como sello de tiempo principal, con sincronización NTP cuando hay red.
- Interfaz y alertas: se mantienen OLED I²C y LED + buzzer con lógica de histéresis y antirebote.
Estas modificaciones se hacen sobre la arquitectura base propuesta en el PC3 (PT100 + MAX31865, DS3231, microSD, OLED, alertas).

Justificación técnica

- Disponibilidad y simplicidad: el MAX6675 integra acondicionamiento para termopar K y comunicación SPI; reduce cableado y facilita pruebas rápidas comparado con el lazo de corriente de una RTD con MAX31865.
- Rango de operación: el termopar tipo K cubre holgadamente -30...0 °C del requerimiento; con calibración a 0 °C y -21 °C se corrige sesgo y se cumple la precisión objetivo del sistema.
- Trazabilidad temporal: el DS3231 garantiza estabilidad del reloj aun sin red; con NTP se corrige deriva al recuperar conectividad.
- Integridad de datos sin SD: se conserva la integridad mediante formato de tabla consistente, sello de tiempo del DS3231 y envío inmediato; si no hay red, se prevé *buffer* en RAM y reintento.
- Costo y calendario: los módulos elegidos (ESP32-C3, MAX6675, DS3231, OLED) mantienen el proyecto dentro del tope de costo y tiempos de integración definidos en el PC3.

Impacto en criterios de éxito

- Rango -30...0 °C: se cumple con termopar K; se documentaron 5 puntos (-25, -21, -10, -5, 0 °C).
- Precisión ±1 °C (24 h): se sostiene con calibración de 2 puntos y filtrado (media/mediana) indicados en el PC3.
- Muestreo 1 lectura/min: se mantiene con temporización por DS3231.
- Integridad de datos: cambia el medio (correo en lugar de SD), pero se preserva con formato CSV estable y verificación de campos completos.

- Latencia de alerta \leq 5 s: sin cambio; la lógica enciende LED/buzzer al cruzar umbral.
- Reglas con histéresis: sin cambio; se conserva umbral de -15°C con ventana/antirebote y liberación inferior.
- Robustez de instalación: sin cambio; se mantienen caja IP65, prensaestopas y tierra común.
- Trazabilidad temporal: sin cambio; sello DS3231 en cada registro.
- Costo $\leq \$1,500$ MXN: esperado dentro de tope con la nueva lista de módulos.

Riesgos y mitigaciones

- Precisión absoluta del MAX6675: mitigar con calibración de 2 puntos (0°C y -21°C) y verificación multipunto como marca el PC3.
- Pérdida temporal de red: buffer RAM + reintento y sello de tiempo DS3231 aseguran continuidad del registro.
- Ruido/ambiente: seguir recomendaciones de instalación del PC3 (cables trenzados, GND común, caja IP65) para evitar resets y falsas alarmas.

SECCIÓN 7. Ajustes vs. diseño base (Plan de construcción próximas 2 semanas)

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
Semana 1	Compra de los materiales	Prototipado y pruebas individuales	Diseño electrónico de los componentes	Prueba de los componentes en conjunto	Creación y configuración de servidor SMTP	Sistema de comunicación por correo
Semana 2	Impresión de la carcasa	Armado de los componentes	Calibración del termopar	Ajustes finales y comunicación WIFI	Pruebas finales en campo	Entrega de producto