

# SENSORES Y ACTUADORES

## TRABAJO PRACTICO

## Nº 4-5

### INTEGRANTES:

### GRUPO Nº2

- Brizuela, Laura Analía
- Huk, Romina Vanesa
- Páez, Tiziano Adrián
- Pantoja, Paola Natalia Alejandra
- Paz, Rodolfo
- Roldán, Patricio Leandro
- Gutierrez Emma.

PROFESOR: Ing. Jorge Elías Morales

ISPC

TECNICATURA EN TELECOMUNICACIONES

2024

# SENSORES Y ACTUADORES

## MODULO II: Sensores y Actuadores

### EJERCICIO 1:

#### a) ¿Qué es un sensor resistivo?

Un sensor resistivo es un dispositivo electrónico que convierte una magnitud física en una variación de resistencia eléctrica.

En otras palabras, cuando una determinada variable (como la temperatura, la fuerza, la humedad, la luz, etc.) cambia, también lo hace la resistencia interna del sensor.

Esta variación de resistencia puede ser medida y utilizada para determinar el valor de la magnitud física original.

#### **Tipos de sensores resistivos**

Existen diversos tipos de sensores resistivos, cada uno diseñado para medir una magnitud física específica:

- **Termistores:** Miden la temperatura. [Sensor de temperatura o RTD]
- **Potenciómetros:** Miden el desplazamiento lineal o angular.
- **Fotoresistencias (LDR):** Miden la intensidad de la luz.
- **Galgas extensométricas:** Miden la deformación mecánica.
- **Sensores de fuerza:** Miden la fuerza aplicada.
- **Sensores de humedad:** Miden la humedad relativa. [sensor de humedad]

#### b) ¿Qué es un sensor reactivo?

Un **sensor reactivo** es un tipo de sensor que responde a cambios en el entorno mediante una reacción física o química. A diferencia de los sensores pasivos, que simplemente detectan y miden condiciones sin emitir una señal activa, los sensores reactivos generan una respuesta observable cuando se detecta un estímulo específico.

#### **Características de los Sensores Reactivos**

1. **Respuestas Específicas:** Suelen estar diseñados para reaccionar a un tipo particular de estímulo, como cambios en la temperatura, presión, pH, gases, o la presencia de ciertos compuestos químicos.
2. **Cambios en Propiedades:** La reacción del sensor puede manifestarse a través de cambios en propiedades físicas (como resistencia, capacitancia o voltaje) o mediante cambios químicos (como la liberación de un compuesto).

### 3. Uso en Aplicaciones Diversas:

- **Industria:** Monitoreo de gases en procesos químicos.
- **Medicina:** Sensores para medir la concentración de biomarcadores.
- **Medio Ambiente:** Detección de contaminantes en el aire o agua.

### 4. Tipos de Sensores Reactivos:

- **Sensores Químicos:** Que detectan la presencia de sustancias químicas.
- **Sensores Biológicos:** Que responden a cambios en condiciones biológicas, como niveles de glucosa en sangre.

### Ejemplos Comunes

- **Sensores de Gas:** Como los sensores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que cambian su resistencia en presencia de este gas.
- **Sensores de pH:** Que reaccionan a la concentración de iones de hidrógeno en una solución, generando una señal que indica el nivel de acidez o basicidad.

### c) ¿Qué es un sensor generador?

Son llamados así debido a que generan una señal eléctrica a partir de la magnitud que miden, ya sea temperatura, fuerza, presión, luz, entre otras, sin necesidad de una alimentación eléctrica.

Están basados en efecto reversible y además están relacionados con diversos accionadores o aplicaciones inversas en general, es decir, se pueden emplear para acciones no eléctricas a partir de señales eléctricas.

A diferencia de los sensores que solo detectan cambios y generan una señal, los sensores generadores producen una señal eléctrica en función de la cantidad medida.

Algunos ejemplos incluyen:

**Termopares:** Convierte la diferencia de temperatura en un voltaje.



**Celdas solares:** Transforman la luz en electricidad.



**Transductores piezoeléctricos:** Generan una señal eléctrica al ser sometidos a presión o vibraciones.



### Características Generales:

- **Salida eléctrica:** Producen una señal que puede ser analógica o digital.
- **Sensibilidad:** Varía según el tipo y su diseño específico.
- **Rango de operación:** Depende del tipo de energía que convierten.

#### d) ¿Cuáles son los tipos de sensores generadores?

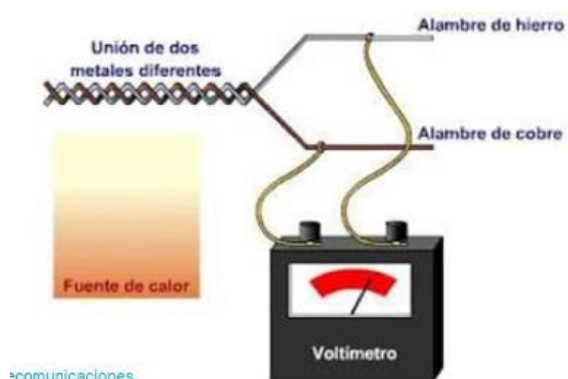
Los sensores generadores, son aquellos que a partir de la magnitud que miden generan una señal eléctrica, sin necesidad de una alimentación eléctrica. Se clasifican en:

- 1) Sensores termoelectricos.
- 2) Sensores piezoeléctricos.
- 3) Sensores piroeléctricos.
- 4) Sensores fotovoltaicos.
- 5) Sensores electroquímicos.

CLASIFICACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Según la fuente de energía	Generadores (activos)	Utilizan la energía del medio donde miden	Sensor piezoeléctrico
	Moduladores (pasivos)	Necesitan de una fuente externa de energía	Galga resistiva extensométrica
Según la señal de salida	Analógico	La señal de salida es continua en el tiempo	Sensor piezoeléctrico
	Digital	La señal de salida es discreta en el tiempo	Codificador óptico

##### 1) Sensores Termoelectricos

Se utiliza para medir temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura.



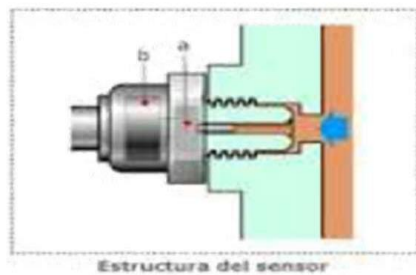
- **Ejemplos:** Termopares tipo K, E, J, N, B, R y S.
- **Aplicaciones:** Industria metalúrgica, automotriz, construcción, criogenia y medicina.

## 2) Sensor Piezoeléctricos:

El efecto piezoeléctrico consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo. Esto ocurre en ciertos materiales cristalinos y cerámicos que tienen como propiedad el presentar el efecto piezoeléctrico cuyo principio de funcionamiento consiste en la aparición de una polarización eléctrica bajo la acción de un esfuerzo.

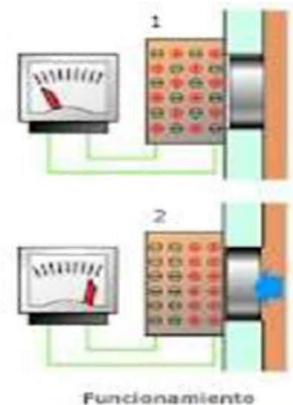
Es un efecto reversible ya que, al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación.

Estos efectos fueron descubiertos por Jacque y Pierre Currie en 1880-81, pero solo hasta 1950 con la invención de las válvulas de vacío tuvo una aplicación práctica como sensor, ya que los cristales contaban con una alta impedancia de salida.



Estructura del sensor

Superior en Telecomunicaciones



Funcionamiento

## Esquema

se muestra que, sin presión, las cargas del sensor, tienen un reparto uniforme, tal como se muestra en el ejemplo 1 y al actuar una presión, las cargas se desplazan espacialmente, produciéndose una tensión eléctrica mostrándose en el ejemplo 2. Si la presión es mayor, las cargas tienden a separarse, ya que la tensión aumenta. En el circuito electrónico incorporado se intensifica la tensión y se transmite como señal a la unidad de control.

- **Aplicaciones:** Pantallas táctiles, monitoreo de motores, instrumentación nuclear, control de procesos.

### 3) Sensores Piroelectricos:

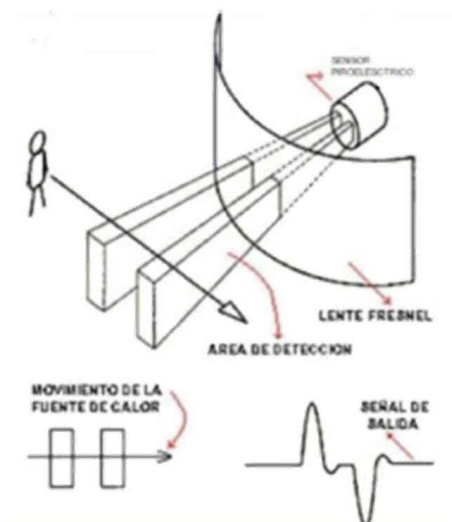
Detectan cambios en la temperatura mediante la variación en la polarización eléctrica del material debido a cambios térmicos. Son sensibles a cambios en la radiación infrarroja (IR).



C / Tecnicatura Superior en Telecomunicaciones

### **Funcionamiento del sensor piroeléctrico:**

Los sensores piroeléctricos se construyen mediante un elemento semiconductor, en el cual se produce un desplazamiento de cargas cuando sobre él incide radiación infrarroja. Sin embargo, en poco tiempo el sensor vuelve a su condición de equilibrio. Por este motivo es sólo sensible a cambios en la intensidad de la radiación infrarroja. La utilización práctica se hace interrumpiendo el haz infrarrojo mediante un dispositivo mecánico o bien utilizando una fuente intermitente.

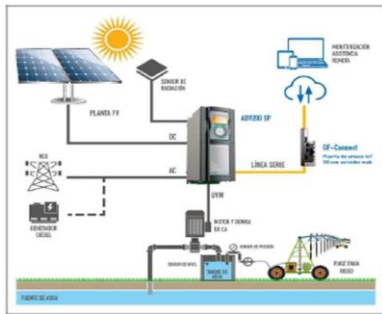


- **Aplicaciones:** Detección de llamas, control de temperatura en hornos, detección de intrusos (sensores de movimiento infrarrojo).

#### 4) Sensores Fotovoltaicos:

Estos sensores responden a cambios en la intensidad de la luz. Utilizan un componente emisor (fuente de luz) y un receptor que detecta los cambios lumínicos.

- **Aplicaciones:** La aplicación pueden ir desde encender una lámpara hasta suministrar energía a un conjunto residencial o ciudad.



#### 5) Sensores Electroquímicos:

Utilizan reacciones electroquímicas para detectar la presencia de gases o iones, como el oxígeno o gases nocivos ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ). Funcionan con electrodos y un electrolito, donde la corriente generada es proporcional a la concentración del gas detectado.

- **Aplicaciones:** Detección de gases tóxicos, calidad del aire.





## e) Mencione 5 características del sensor termopar

### VARIEDAD DE MATERIALES

Un termopar está disponible en diferentes combinaciones de metales o calibraciones, los más baratos están hechos de hierro, cobre o níquel, mientras que los modelos más caros usan platino en su composición.

La diferencia entre ellos se debe al costo de fabricación, la confiabilidad, el rango de temperatura admitido entre otros factores.

### TIEMPO DE RESPUESTA VARIADA

Medio a rápido, depende del tamaño del sensor, el diámetro del cable y la construcción.

Suelen tener una respuesta muy rápida ante los cambios de temperatura, lo que los hace ideales para aplicaciones donde se necesitan mediciones en tiempo real.

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO BASADO EN EL EFECTO SEEBECK

Es una de las características más relevantes debido a que es la base del funcionamiento del termopar.

Este principio físico inicia cuando se conectan dos metales distintos, se genera una diferencia de voltaje en las uniones si hay una diferencia de temperatura entre ellas. Ese voltaje, aunque pequeño, está directamente relacionado con la diferencia de temperatura y es lo que se mide para determinar la temperatura del entorno.

### AMPLIA GAMA DE TEMPERATURA

Los termopares pueden medir desde muy frías a extremadamente calientes.

Common Thermocouple Temperature Ranges			
Calibration	Temp Range	Std. Limits of Error	Spec. Limits of Error
J	0°C to 750°C (32°F to 1382°F)	Greater of 2.2°C or 0.75%	Greater of 1.1°C or 0.4%
K	-200°C to 1250°C (-328°F to 2282°F)	Greater of 2.2°C or 0.75%	Greater of 1.1°C or 0.4%
E	-200°C to 900°C (-328°F to 1652°F)	Greater of 1.7°C or 0.5%	Greater of 1.0°C or 0.4%
T	-250°C to 350°C (-328°F to 662°F)	Greater of 1.0°C or 0.75%	Greater of 0.5°C or 0.4%

Imagen 1: Rangos y límites del Termopar



## ROBUSTEZ Y DURABILIDAD

Pueden soportar ambientes externos, como altos niveles de vibración, presión, y condiciones corrosivas por lo cual se utilizan para medir temperatura en diversas aplicaciones debido a su amplio rango de temperatura, durabilidad y sencillez.

Por ejemplo, en una acería, los termopares controlan la temperatura de los hornos que calientan el acero a altas temperaturas antes de darle forma en diversos productos. El control preciso de la temperatura es crucial en este proceso para garantizar la calidad y las propiedades del acero. Los termopares se insertan en las paredes del horno o en el acero fundido para medir la temperatura. La tensión generada por los termopares se transmite a un sistema de control ajusta el s



uministro de combustible al horno para mantener la temperaturadeseada.

Imagen 2: Termopar en un calentador

### **f) Defina: sensor piezoeléctrico y mencione 3 limitaciones.**

Un sensor piezoeléctrico es un dispositivo que convierte cambios en presión, vibración, aceleración o fuerza en señales eléctricas mediante el uso del efecto piezoeléctrico. Este efecto ocurre cuando ciertos materiales, como el cuarzo o ciertos polímeros, generan una carga eléctrica en respuesta a una deformación mecánica.

#### **Limitaciones:**

- 1. Sensibilidad a cambios estáticos:** Son principalmente adecuados para medir cambios dinámicos (vibraciones o fluctuaciones), pero no pueden medir bien fuerzas estáticas o constantes. Con el tiempo, la carga generada por una fuerza estática se disipa, lo que reduce su precisión.
- 2. Fragilidad del material:** Muchos materiales piezoeléctricos son frágiles y pueden dañarse fácilmente bajo un impacto o una sobrecarga mecánica excesiva, lo que limita su durabilidad en entornos muy exigentes.
- 3. Sensibilidad a la temperatura:** Pueden ser sensibles a los cambios de temperatura, lo que puede afectar la precisión de las mediciones. Las variaciones de temperatura pueden provocar la aparición de señales falsas (ruido térmico) y afectar las propiedades piezoeléctricas del material.

## g) Mencione los tipos de sensores fotovoltaicos y defina 2.

Los sensores fotovoltaicos son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. En este fenómeno los fotones excitan a los electrones en un material semiconductor, generando así corriente eléctrica.

Los sensores fotovoltaicos pueden clasificarse en varios tipos según su composición y aplicación:

### ❖ **Células fotovoltaicas de silicio monocristalino:**

Fabricadas con una única estructura cristalina de silicio, tienen una alta eficiencia de conversión energética (alrededor del 20-25%). Son muy utilizadas en paneles solares residenciales y comerciales.

### ❖ **Células fotovoltaicas de silicio policristalino:**

Están hechas de múltiples cristales de silicio, lo que las hace más baratas pero ligeramente menos eficientes (15-20%). Son comunes en instalaciones solares de gran escala.

### ❖ **Células fotovoltaicas de película delgada:**

Utilizan materiales como telururo de cadmio o cobre-indio-galio-diseleniuro (CIGS). Son más flexibles y ligeras que las de silicio, pero menos eficientes (~10-12%). Se usan en dispositivos portátiles y aplicaciones arquitectónicas integradas.

### ❖ **Células fotovoltaicas orgánicas:**

Emplean compuestos orgánicos para generar electricidad. Aunque son menos eficientes que las de silicio, tienen el potencial de ser fabricadas a bajo costo y en grandes volúmenes.

### ❖ **Células fotovoltaicas de perovskita:**

Materiales emergentes que ofrecen alta eficiencia con bajo coste de producción. Aún en fase de desarrollo, pero con un gran potencial futuro en el campo de la energía solar.

Por otro Lado, los sensores fotoeléctricos no generan electricidad directamente, sino que detectan cambios en la luz para activar un sistema. Funciona cuando un fotodiodo o un fototransistor detecta la presencia o ausencia de luz, provocando una variación en la corriente eléctrica.

Los sensores fotoeléctricos se clasifican en función de cómo detectan la luz y su aplicación. Los principales tipos son:

- **Sensor de barrera (emisor-receptor):** Utiliza un emisor y un receptor ubicados en lados opuestos. El objeto se detecta cuando interrumpe el haz de luz entre ambos

- **Sensor de retroreflexión o reflexión sobre espejo:** Tanto el emisor como el receptor están en la misma unidad. El sensor emite luz que se refleja en el objeto y vuelve al receptor. Detecta objetos cuando la luz reflejada cumple con una intensidad mínima.
- **Sensor difuso (de proximidad) o Reflexión sobre objeto:** Utiliza un emisor y un receptor en el mismo dispositivo, pero con un reflector en el lado opuesto. El objeto se detecta cuando interrumpe el haz reflejado por el reflector.

## h) ¿Qué es un sensor electroquímico?

Es un dispositivo que detecta la presencia o concentración de sustancias químicas como CO, SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>. Funcionan basándose en el principio de la valoración potenciométrica sensible a los iones.

Los sensores están rellenos con un electrolito acuoso, específico para la tarea, en el que están dispuestos dos o tres electrodos, y están sellados del exterior mediante membranas permeables al gas.

Son utilizados ampliamente en aplicaciones como la detección de gases tóxicos, el monitoreo de calidad del aire y el análisis de líquidos.

**Diseños:**

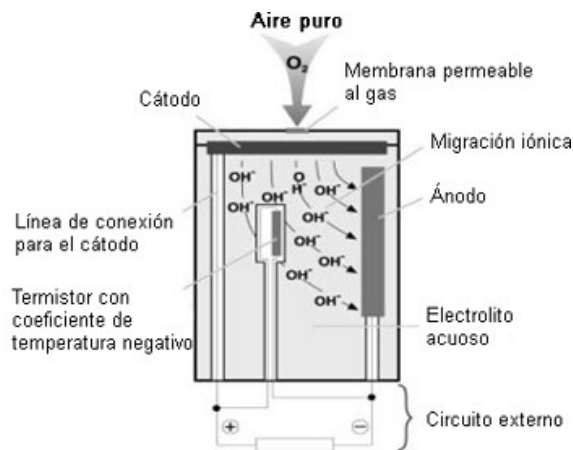


icatura Superior en Telecomunicaciones

## Tipos de Sensores

- **Sensor de oxígeno (sensor de dos electrodos):**  
Los gases de combustión y las moléculas de oxígeno contenidas en ellos penetran a través de la membrana permeable al gas hasta el cátodo. Por su composición material, tiene una reacción química en el cátodo con la formación de iones OH (los iones son partículas cargadas).

Estos iones migran al ánodo a través del electrolito, creando un flujo de corriente proporcional a la concentración de  $O_2$ . Con la caída de tensión desarrollada en una resistencia situada en el circuito sirve como señal de medición. La resistencia incorporada con coeficiente de temperatura negativo (NTC), para garantizar que el sensor permanezca estable frente a cambios de temperatura.



- Sensores para  $CO$ ,  $SO_2$  y  $NO_x$  (sensor de tres electrodos):

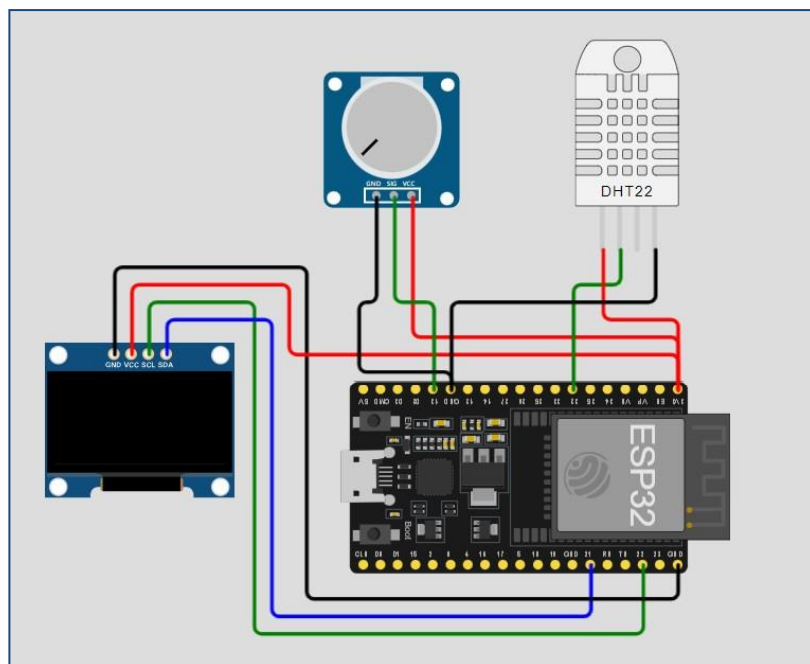
Se usan sensores con tres electrodos.

Las moléculas de monóxido de carbono ( $CO$ ) pasan, a través de la membrana permeable al gas, al electrodo de trabajo donde se forman iones  $H^+$  como consecuencia de una reacción química. migran en el campo eléctrico al contraelectrodo, donde se genera un flujo de corriente en el circuito externo mediante otra reacción química desencadenada por el oxígeno ( $O_2$ ) del aire puro, también aportado. El tercer electrodo (electrodo de referencia) sirve para estabilizar la señal del sensor.

## EJERCICIO 2:

- i) **Implemente una simulación (Mini Estación Meteorológica) en Wokwi o Proteus, utilizando ESP32 ó ARDUINO UNO con un sensor de temperatura, un sensor de humedad y un sensor de presión atmosférica (barómetro – BMP180 ó BMP280) para tomar lecturas de los parámetros físicos del clima.**

### MINI ESTACIÓN METEOROLÓGICA



La Mini Estación Meteorológica es un proyecto que utiliza un **ESP32** para medir y mostrar parámetros climáticos. A continuación se describen sus características principales:

- **Sensores Utilizados:**
  - **DHT22:** Sensor de temperatura y humedad, que se simula con valores constantes de 24 °C y 50% de humedad.
  - **Sensor de presión atmosférica:** Simulado mediante un **potenciómetro** conectado a un pin analógico (ADC). Esto permite ajustar la lectura de presión atmosférica como un barómetro, estimando valores en hPa.

- **Pantalla:** Utiliza una pantalla OLED (SSD1306) para mostrar las lecturas de temperatura, humedad, presión y el estado del tiempo.
- **Detección del Estado del Tiempo:** Se basa en la presión simulada. Los estados posibles son:
  - **Soleado:** presión  $\geq 1010$  hPa.
  - **Nublado:** presión  $< 1010$  hPa y  $\geq 970$  hPa.
  - **Lluvia:** presión  $< 970$  hPa.
- **Frecuencia de Lectura:** El sistema toma lecturas cada 2 segundos y actualiza la pantalla OLED con los datos correspondientes.
- **Manejo de Errores:** Se implementa un manejo básico de errores para la lectura del sensor, mostrando un mensaje en consola en caso de fallos.

## SIMULACIÓN EN WOKWI

**Link:** <https://wokwi.com/projects/409827047087345665>

Para realizar la simulación en **Wokwi**, se utiliza el potenciómetro como un elemento alternativo para simular la presión en lugar de un sensor físico como el BMP180 o BMP280. Esto permite una fácil configuración y pruebas sin necesidad de hardware adicional.

## j) Visualizar las salidas en pantalla digital o Monitor serial del IDE o VsCode.

La visualización de los resultados es fundamental para la interpretación de los datos climáticos en la Mini Estación Meteorológica. A continuación, se detallan los enfoques utilizados para mostrar la información tanto en la pantalla OLED como en el monitor serial.

### Pantalla OLED

#### 1. Formato de Presentación:

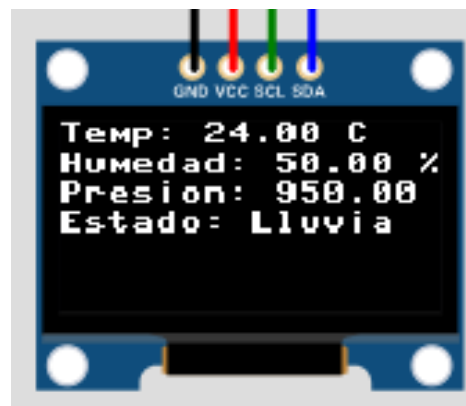
- La pantalla OLED (SSD1306) se utiliza para mostrar las lecturas de forma clara y concisa.
- Los datos se presentan en líneas separadas para facilitar la lectura:
  - **Temperatura:** "Temp: 24.00 °C"
  - **Humedad:** "Humedad: 50.00 %"
  - **Presión:** "Presion: {:.2f} hPa"
  - **Estado del Tiempo:** "Estado: [Estado actual]"

#### 2. Actualización Dinámica:

- La pantalla se actualiza cada 2 segundos, mostrando las lecturas más recientes y el estado del tiempo determinado por la presión simulada.

#### 3. Interactividad Visual:

- Aunque la simulación no tiene interacción, la actualización frecuente simula una experiencia en tiempo real, haciendo que el usuario se sienta conectado con los datos climáticos.





## Monitor Serial

### 1. Registro Detallado:

- En el monitor serial se imprime información adicional cada vez que se toman lecturas:
  - Temperatura y humedad constantes.
  - Presión en hPa con un formato específico para mayor precisión.
  - Estado del tiempo, facilitando la depuración y la verificación de datos.

### 2. Facilidad de Uso:

- El uso del monitor serial permite a los desarrolladores y usuarios ver los resultados de manera textual, lo que puede ser útil para el análisis y la prueba del código.
- Se incluye un separador ("-----") para mejorar la legibilidad entre diferentes ciclos de lectura.

### 3. Manejo de Errores:

- Si hay un error en la lectura de sensores, se muestra un mensaje en el monitor serial, lo que facilita la identificación de problemas en el hardware o en la conexión.

```
-----  
Temperatura: 24.00 °C  
Humedad: 50.00 %  
Presión: 950.00 hPa  
Estado del tiempo: Lluvia  
-----
```

## Conclusión

La combinación de la visualización en la pantalla OLED y el registro en el monitor serial proporciona una experiencia integral al usuario, permitiendo no solo ver los datos en tiempo real, sino también tener acceso a un historial de lecturas y posibles errores. Esto es esencial para el funcionamiento eficaz de la Mini Estación Meteorológica.