



CÁTEDRA:

Técnicas Digitales II

***Diseño, desarrollo y puesta en marcha
de una estación meteorológica a través
de la placa Raspberry Pi Pico W basada
en el RP2040***

Integrantes:

***Alaniz, Andrés
Forneris, Julián
Manicardi, Ramiro***

PROFESOR: Salvático, F.

J.T.P.: Gonella, J.

Memoria Descriptiva

En el siguiente informe se describe el proceso de construcción y desarrollo de una estación meteorológica para el uso doméstico la cual provee datos del entorno a partir de una amplia comunicación del microchip RP2040 hacia una serie de sensores que se encuentran a la intemperie.

Los datos se visualizarán de una forma amigable al usuario a través de una página web que corre sobre la misma placa de desarrollo por lo que se actualiza en tiempo real.

ÍNDICE

Título	Página
Título	4
Objetivos	4
Objetivos generales	4
Objetivos específicos	4
Selección de componentes	4
Diagrama en bloques del dispositivo	8
Descripción de cada una de las partes	9
Evaluación Final del Sistema	11
Preparación del prototipo	11
Análisis del proyecto	15
Conclusión	16
Bibliografía	17

Título

Estación meteorológica remota capaz de sensar y subir a una página web parámetros tales como temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitaciones, calidad del aire, partículas en suspensión, índice UV, dirección y velocidad del viento.

Objetivos

Objetivos generales

En el presente informe se pretende llevar a la práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la cátedra Técnicas Digitales II, para afianzar los conceptos teóricos y tener un primer contacto con el completo desarrollo de un proyecto electrónico.

Objetivos específicos

Para destacar objetivos específicos en la realización del trabajo se encuentran:

- Lograr coordinar perfectamente las comunicaciones de un conjunto de sensores.
- Realizar una estructura acorde para soportar el entorno inusualmente hostil que sufre un sistema de este tipo.
- Mostrar los datos de una forma amigable al usuario y facilitar información relevante para la investigación ambiental.

Selección de componentes

A continuación se detallan los elementos utilizados para realizar una máquina de trazado.

- **Sensor De Gas MQ135:** Detecta contaminantes atmosféricos tales como dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), humo, entre otros. Además, resulta ideal para detectar un incendio si el sensado ocurre sobre una posible zona inflamable.



Fig. N° 1 *Sensor De Gas MQ135.*

- **Sensor de presión y temperatura BMP280:** Posee una comunicación I2C o SPI obtenemos un rango de presión de 300 a 1100 hPa con una resolución de 0,16 Pa mientras que en la temperatura alcanza valores desde -40°C a 85°C con una precisión de 1°C.

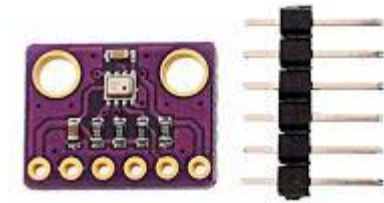


Fig. N° 2: Sensor de presión y temperatura BMP280.

- **Sensor de humedad relativa DHT22:** Sensor de humedad capaz de trabajar con resoluciones en orden de décimas.



Fig. N° 3: Sensor de humedad relativa DHT22.

- **Sensor de polvo DSM501A:** Es capaz de detectar partículas en suspensión de 2,5 micras que son directamente proporcionales a la calidad del aire. El dispositivo se comunica mediante PWM para proporcionar la densidad de impurezas al microcontrolador.



Fig. N° 4: Sensor de polvo DSM501A.

- **Interruptores Reed switch:** Dispositivo electrónico que, mediante la programación y un hardware impreso en 3D, se obtienen las precipitaciones, velocidad del viento y su dirección.



Fig. N° 5: Interruptores Reed Switch..

- **Sensor de luz ultravioleta CJMCU:** Detecta la radiación UV proveniente de la luz solar.



Fig. N° 6: Sensor de luz ultravioleta CJMCU.

- **Micrófono Max9814:** Mide la contaminación acústica cercana. Es un amplificador de bajo costo y alta calidad, con control automático de ganancia.



Fig. N° 7: Sensor de sonido Max9814.

- **Sensor Hall AH49E:** Transforma en un voltaje analógico la fuerza del campo magnético circundante.



Fig. N° 8: Sensor Hall AH49E.

- **Raspberry pi pico W:** Placa de desarrollo programable en MicroPython que cuenta, entre otras cosas, con conectividad WiFi.



Fig. N° 9: Raspberry pi pico W.

- **Lector Memorias Micro SD:** Módulo de comunicación SPI para el almacenamiento de datos meteorológicos y de los provenientes de la página web.



Fig. N° 10: Lector de memorias Micro SD.

- **Display SSD1306:** Pantalla con tecnología OLED de 128x64 pixeles que se comunica mediante el protocolo I2C.

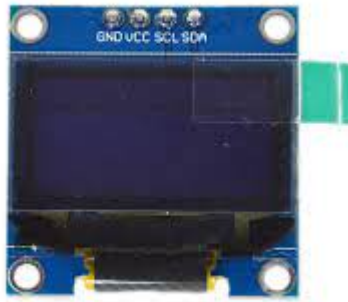


Fig. N° 11: Display SSD1306.

- **Encoder Rotativo KY040:** dispositivo utilizado para medir el movimiento rotativo.



Fig. N° 12: Encoder Rotativo KY040.

Diagrama en bloques del dispositivo

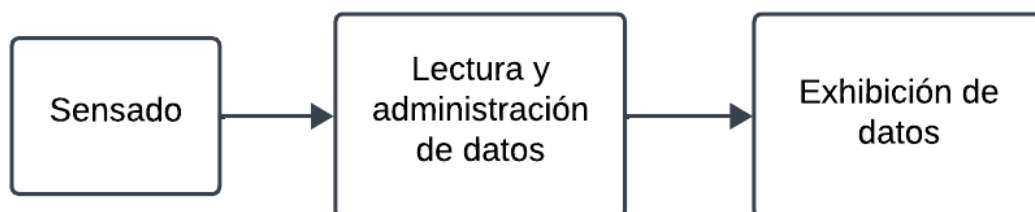


Fig. N° 13: Diagrama en bloques de la estación meteorológica.

Descripción de cada una de las partes

Sensado: el proceso comienza convirtiendo parámetros ambientales en señales eléctricas y posteriormente en un tipo de comunicación, este trabajo lo realizan los sensores a la intemperie a partir de 5 subsecciones:

1. Base central: sección perteneciente a sensores que carecen de partes móviles.
2. Base del pluviómetro: sección con un embudo el cual decanta el agua a un balancín para que, al conmutar su posición cuando hay precipitaciones, envía pulsos a la Raspberry Pi Pico.
3. Base del anemómetro: sección donde se encuentra un rotor con el sensor Hall que envía pulsos por cada vuelta que ocurre debido al viento.
4. Base de la veleta: esta sección contiene un conjunto de interruptores Reed Switch, activándose mediante un imán colocado en la base de la veleta, permitiendo así determinar la dirección del viento.
5. Base de muestreo en tiempo real *offline*: sección sobre el tablero donde se encuentra la electrónica que no debe sufrir las consecuencias del ambiente, posee un display y un encoder que recorre un menú gráfico que no necesita de conexión a internet y permite visualizar los datos actuales sobre el mismo dispositivo.

Lectura y administración de datos:

Importación de módulos: se importan varios módulos de Python que proporcionan funcionalidades como la comunicación con sensores y el display, la lectura y escritura de archivos, entre otras.

Definición de variables: Se definen variables para almacenar los valores medidos por los sensores y otros datos para su muestra y la toma de decisiones.

Configuración de la pantalla OLED: Se configura la pantalla OLED para mostrar información. Esto incluye la definición de la resolución de la pantalla y la inicialización de la pantalla con la dirección I2C y los pines de control.

Configuración de la conexión WiFi: Se conecta a una red WiFi utilizando datos propios de la red que se va a conectar permitiendo la sincronización de la fecha y hora a través de Internet utilizando el protocolo NTP (Network Time Protocol) para asegurar que la fecha y hora del dispositivo estén sincronizadas y sean precisas. Por el momento es un valor preestablecido pero en una próxima versión se añadirá la posibilidad de cambiar de red solicitando al usuario sin modificar el código fuente.

Configuración del menú principal: Se define un menú principal con varias opciones, como mostrar la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad del viento, etc. Estas se muestran en la pantalla OLED y se puede navegar en él utilizando un encoder.

Lectura y escritura en la tarjeta SD: Se utiliza una tarjeta SD para almacenar datos medidos y los propios de la página web. Esto se hace mediante la apertura de un archivo en la tarjeta SD y escribiendo o leyendo los datos en él. Los datos atmosféricos se almacenan en formato CSV (valores separados por comas) para facilitar su procesamiento posterior.

Medición de sensores: Se miden los sensores para actualizar la pantalla OLED y tomar decisiones basadas en los datos como la actualización de los valores en la pantalla o página web como así también el accionar del actuador requerido.

Exhibición de datos:

- Visualización de Datos en el Display OLED:

Menú de Navegación: Se crea un menú de navegación que permite al usuario moverse entre diferentes opciones.

Visualización de Datos: Se definen funciones para mostrar los diferentes tipos de datos ya nombrados.

Actualización Automática: Se configura la actualización de datos mediante la lectura de sensores conectados a la Raspberry Pi Pico W o el desplazamiento con el encoder rotativo.

Interfaz de Usuario Intuitiva: El diseño de la interfaz de usuario en el display OLED se diseñó de manera intuitiva y fácil de entender, con iconos y texto que facilitan la lectura de los datos.

- Visualización de Datos en una Página Web:

Servidor Web Integrado: Se configura un servidor web en la Raspberry Pi Pico W utilizando la librería *socket* de *microphyton* asignándole una IP predeterminada, cantidad de usuarios, entre otras configuraciones.

Página Web Índice: Se crea una página web predeterminada que contiene elementos HTML, CSS y JavaScript para mostrar todos los datos a la vez de la misma manera que se realiza en el display OLED para de una manera más amigable al usuario.

Visualización de datos a través del tiempo: Se utilizan las mismas técnicas para realizar páginas web específicas para cada sensor mostrando los datos en márgenes de tiempos preestablecidos y seleccionados por el usuario.

Visualizaciones gráficas: Se incorporan gráficos de líneas o gráficos de radar, para mostrar tendencias y comparaciones de datos.

Compatibilidad con Dispositivos Móviles: La página web es responsiva y se adapta automáticamente a diferentes tamaños de pantalla, incluidos dispositivos móviles, para una visualización óptima de los datos.

Evaluación Final del Sistema

Preparación del prototipo

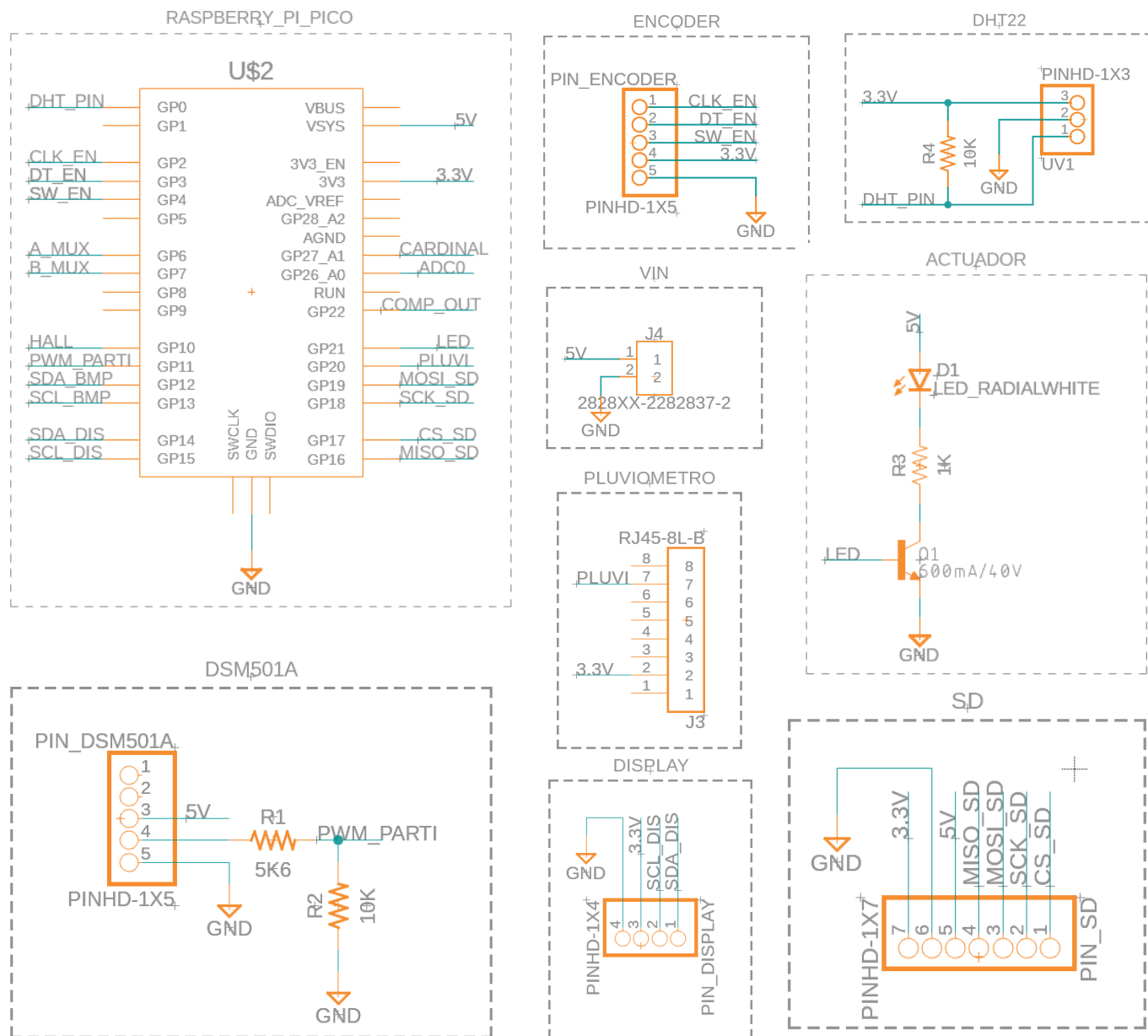


Fig. N° 14: Esquemáticos de la estación meteorológica.

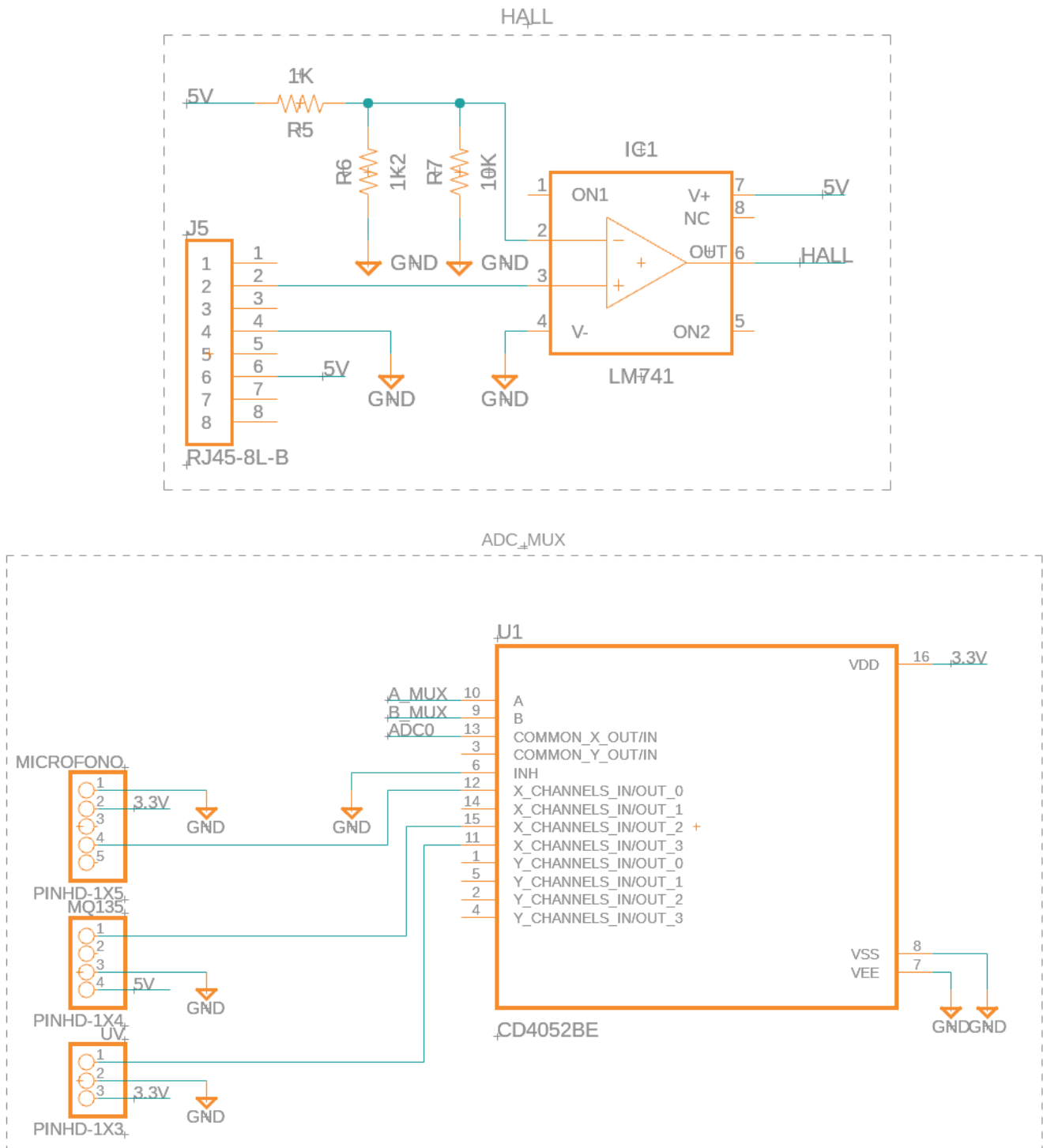


Fig. N° 15: Esquemáticos de la estación meteorológica.

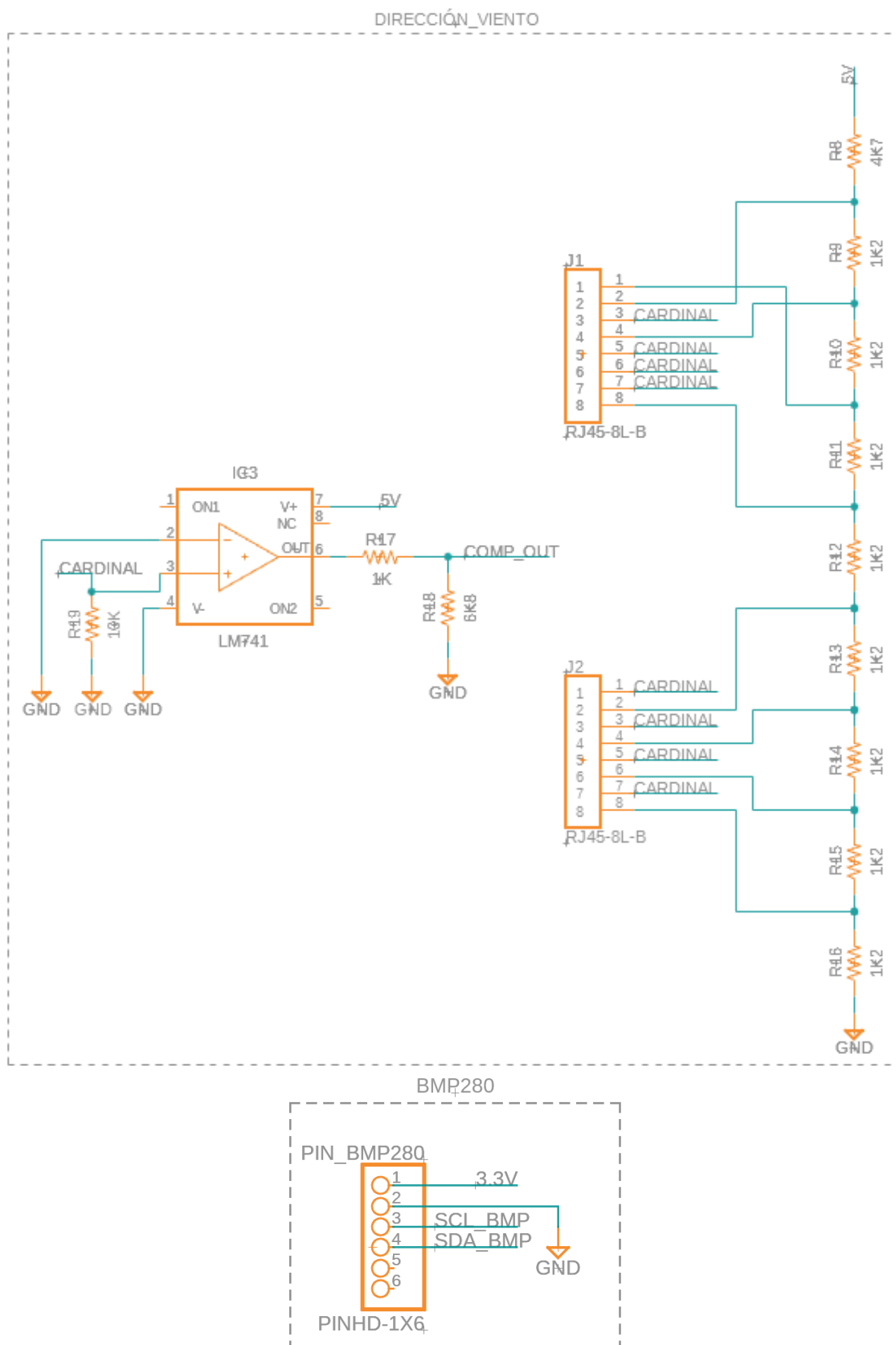


Fig. N° 16: Esquemáticos de la estación meteorológica

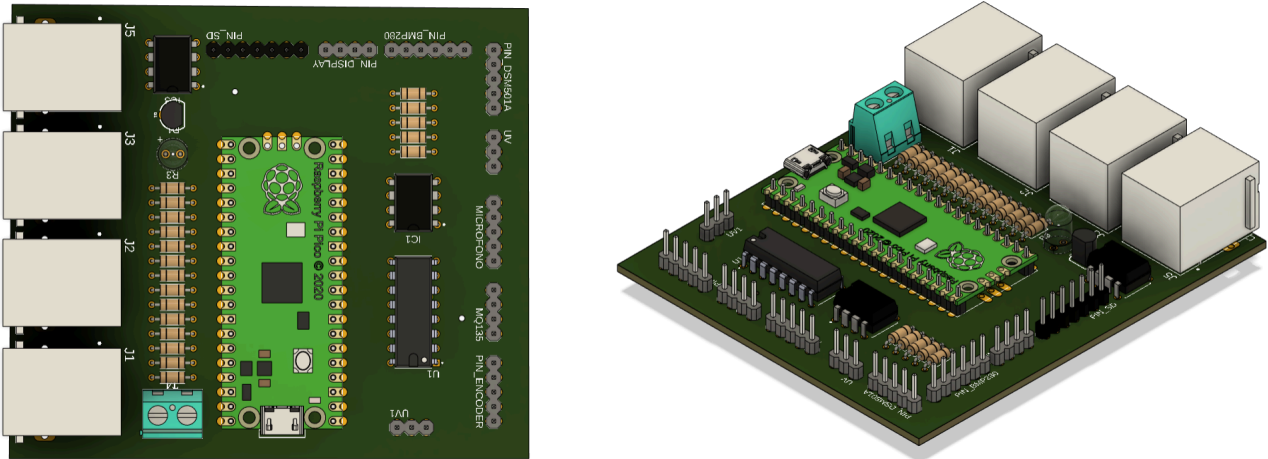


Fig. N° 17: Diseño final de la PCB.

Análisis del proyecto

Para la realización del proyecto de la estación meteorológica, se planteó la idea de crear un sistema que fuera funcional y cumpliera con los objetivos establecidos. Se basa en una Raspberry Pi Pico W, que es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento. Asimismo, se utiliza una variedad de sensores para medir diferentes parámetros meteorológicos, como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, las precipitaciones, el índice UV, contaminación acústica, la concentración de gases y la concentración de partículas.

El proyecto está orientado sobre la programación en MicroPython para la adquisición de datos de los sensores, el procesamiento y la visualización de los datos en un display OLED y una página web. La programación se realiza de forma modular y estructurada, lo que facilita la lectura, la comprensión y el mantenimiento del código.

A continuación se detalla el desarrollo y funcionamiento de los sensores para comprender mejor el funcionamiento de la estación meteorológica.

Sensor se gas MQ135

Para programar el sensor de Gas MQ135 y que mostrará por pantalla el porcentaje por partes de millón de la concentración de sustancias tales como: Co2, gas licuado de petróleo, amoníaco, como primera instancia se dejó conectado a una fuente de alimentación, en este caso la proporcionada por el microcontrolador Raspberry, por 24 horas para que el elemento sensor de óxido metálico se estabilice. La conexión del sensor se muestra en la figura 18, en el caso de este proyecto el pin digital no se conectó al microcontrolador.

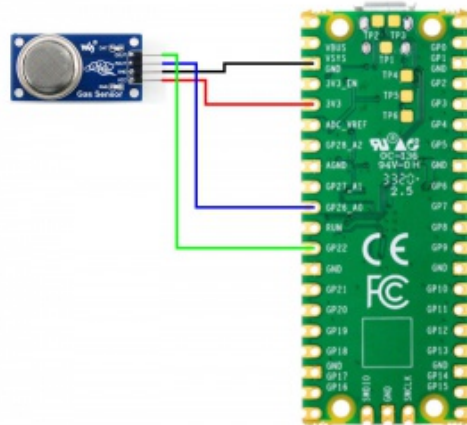


Fig. N° 18: Conexión del sensor de gas MQ135.

Este sensor en particular mide la calidad de aire en general, ya que el elemento que funciona a modo de resistencia variable para ajustar la tensión enviada al pin analógico del microcontrolador, reacciona al conjunto de los elementos anteriormente mencionados, por ejemplo el MQ02 reacciona solo cuando en el ambiente hay concentraciones de Co2 y gas licuado de petróleo.

Sensor de polvo DSM501A

En la figura 19 se muestra el diagrama de conexión del sensor de polvo DSM501A. Este a partir de rayos infrarrojos detecta la presencia o no de partículas de polvo de hasta 2,5 micras. Dentro del programa se calibró para que se sacara un promedio de la proporción de partículas que detecta el sensor. En un ambiente limpio de alta concentración de partículas nocivas a veces se detectan picos inesperados, esto es debido a la dificultad de que un espacio esté libre de ningún tipo de partícula que supere este tamaño.

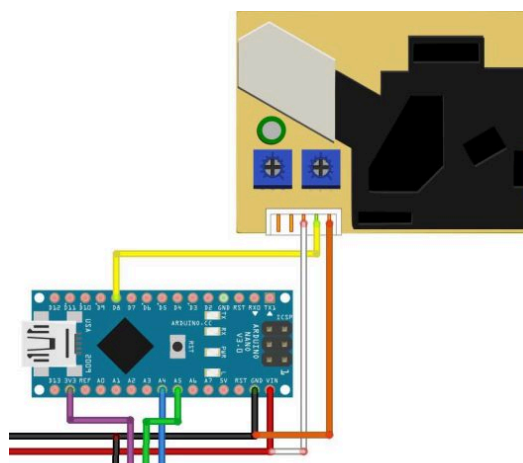


Fig. N° 19: Conexión del sensor de partículas DSM501A.

En la figura 19 se ve el diagrama de conexión con un arduino Nano, pero en el caso de la raspberry se conecta a un pin digital PWM de la misma manera.

Sensor de presión y temperatura BMP280

En la figura 20 se muestra el diagrama de conexión del sensor BMP280, en este caso sólo se usarán los datos recolectados de presión, ya que la temperatura se mide con el sensor DHT22. Se usa comunicación I2C, por lo tanto se usan dos pines digitales del microcontrolador para el flujo de datos SCL y SDA.

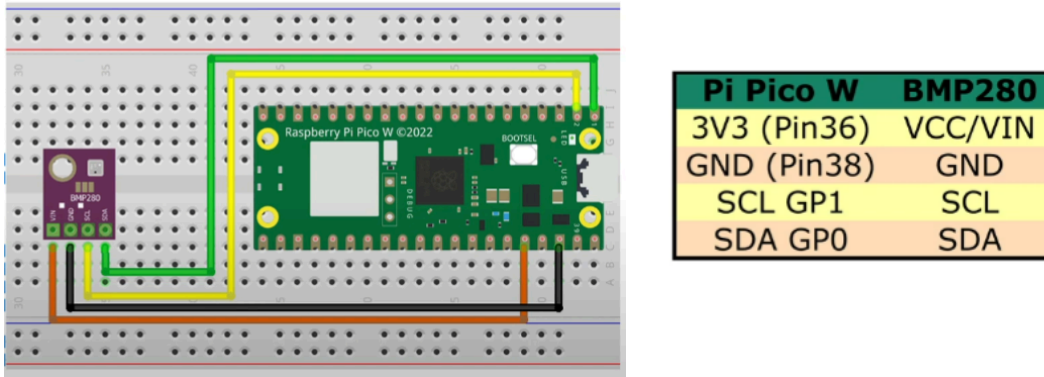


Fig. N° 20: Conexión del sensor de presión y temperatura BMP280.

Sensor de sonido

En un principio se planteó el uso del sensor de sonido KY-037, el mismo está compuesto por tres componentes principales a saber, como el sensor, es decir, el micrófono, un amplificador LM393 que amplifica la señal de acuerdo al valor resistente del potenciómetro. Por último, consta de un comparador que apaga la señal digital si cae por debajo de un valor específico.

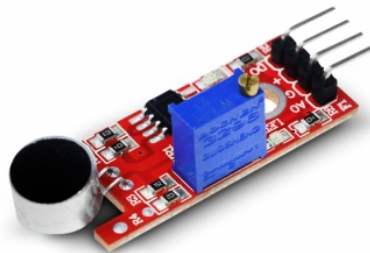


Fig. N° 21: Sensor de sonido KY-037.

Como se puede observar en la figura 21, el sensor consta de cuatro terminales, uno es una salida digital, otro es una salida analógica, luego la alimentación necesaria que es de 5v y GND. El motivo por el cual se descartó el uso de este sensor es debido a que la salida analógica responde a la posición del trimpot y no a la variación de sonido como se esperaba.

Con respecto a lo mencionado anteriormente es el motivo por el cual se optó por utilizar como sensor el dispositivo Max9814 con el fin de lograr interpretar el funcionamiento de un decibelímetro.

El conexionado del sensor se puede observar en la figura 22, donde en este caso la salida del sensor, si proporciona realmente la salida del micrófono para poder analizarla y establecer el valor de contaminación acústica del ambiente.

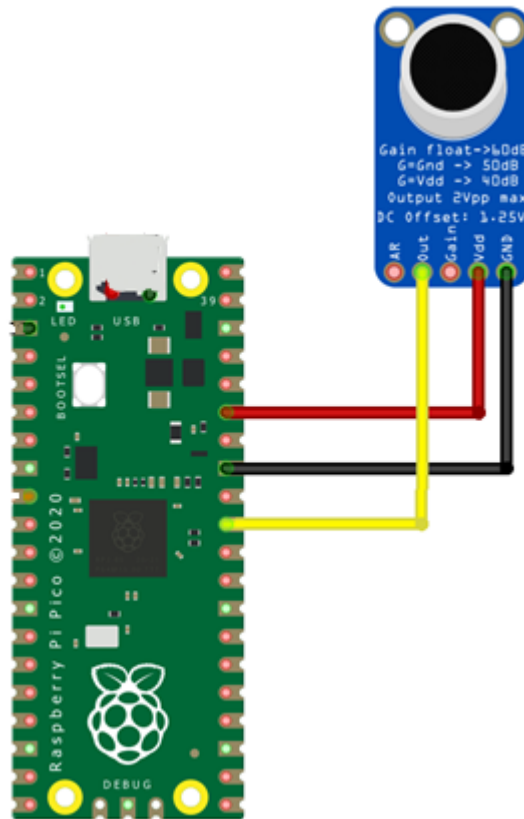


Fig. N° 22: Conexión del sensor de sonido MAX9814.

Para poder lograr el funcionamiento del mismo como decibelímetro, es posible hacerlo mediante la fórmula del logaritmo, teniendo una referencia y la sensibilidad del micrófono, al no contar con dichos datos, se optó por hacer un mapeo entre la respuesta del sensor y un decibelímetro patrón, logrando así una confiabilidad aceptable para la medición del mismo.

Sensor UV CJMCU

Para obtener información acerca de los niveles de radiación ultravioleta en el ambiente, es posible hacer uso del índice UV expresado como un valor numérico. El objetivo del índice ultravioleta es proporcionar una protección eficaz contra la radiación ultravioleta, la cual es beneficiosa en cantidades moderadas, pero en exceso provoca el envejecimiento prematuro de la piel, daños oculares y quemaduras solares.

En la tabla 1, se puede observar que existe un índice indicado con un valor numérico y un color para contrastar entre que rango de radiación UV se encuentra el ambiente.

Color	Índice	Rango	Tipo de riesgo
	0	<50	Ninguno
	1	<227	Bajo
	2	<318	
	3	<408	Moderado
	4	<503	
	5	<606	
	6	<696	Alto
	7	<795	
	8	<881	Muy alto
	9	<976	
	10	<1079	
	>= 11	<1170	Extremadamente alto

Tabla N° 1: Índice de radiación UV.

El módulo sensor de luz ultravioleta GUA-S12SD es el encargado de detectar la intensidad de la radiación UV. Como se puede ver en la figura 23, el sensor cuenta con una salida analógica donde se proporciona la tensión proporcional convertida por el amplificador SGM8521 a la corriente generada por el fotodiodo S12SD.

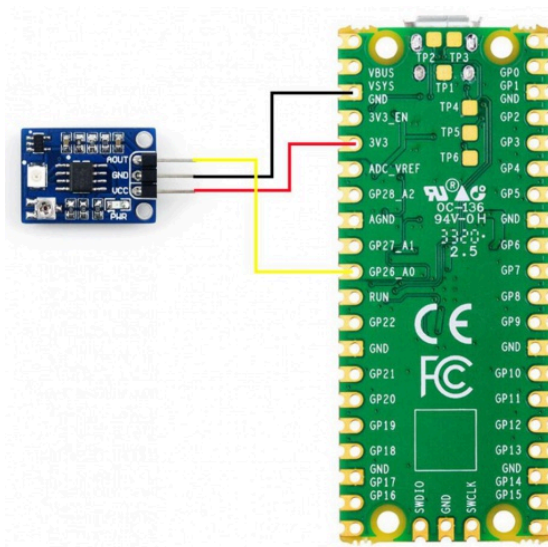


Fig. N° 23: Conexión de sensor UV CJMCU.

Veleta

Para la veleta de la estación meteorológica se utilizaron 8 Reed Switch, si uno de estos se cierra por acción del imán integrado en la parte móvil de la veleta, se activa una interrupción leída por el conversor ADC, dependiendo el valor que entregue el conversor será el punto cardinal indicado por la veleta.

Hubo varios intentos antes de lograr un funcionamiento óptimo del sistema ya que los Reed Switch son frágiles y se rompen con sencillez. Otro de los problemas que se presentó, fue el surgido con la interrupción, ya que esta se activa con un comparador hecho con amplificadores operacionales, a pesar de que estos funcionan con una alimentación positiva únicamente, se detectó valores de offset y cambios incorrectos a la entrada del conversor ADC, produciendo un mal funcionamiento del dispositivo. Se implementó un integrado (LMC7660) capaz de entregar una tensión negativa y así alimentar de forma adecuada el amplificador operacional.

Sensor de Temperatura y Humedad DTH22

Se usó este sensor para medir temperatura y humedad, ya que a diferencia del sensor BMP280 presenta mayor presión en cuanto a los valores registrados, en la figura 24 se muestra el diagrama de conexión.

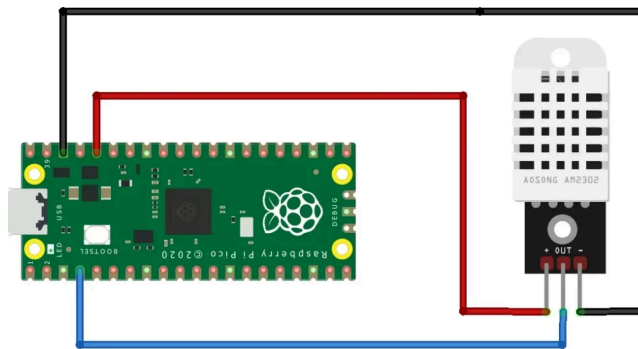


Fig. N° 24: Conexión del sensor de Temperatura y Humedad DTH22

Pluviómetro

Este se armó a partir de un balancín que cada cierta cantidad de agua alterna la posición, hay un Reed Switch conectado en la parte móvil y otro en la base. No se presentaron inconvenientes en el armado de Hardware y Software del mismo.

Anemómetro

Este sistema tiene un sistema muy parecido al de la veleta, nada más que se encontró el problema de que los Reed Switch no responden de manera óptima a altas frecuencias por lo que los datos arrojados eran erróneos, es por ese motivo que se decidió cambiar el hardware por un sensor de efecto Hall.

Modulo Lector de Tarjeta SSD

En la figura 25 se muestran los pines del módulo lector de tarjeta SSD que se implementó para la recolección de datos de los distintos sensores, tal como se muestra en la imagen este usa un protocolo de comunicación SPI (Serial Peripheral Interface).

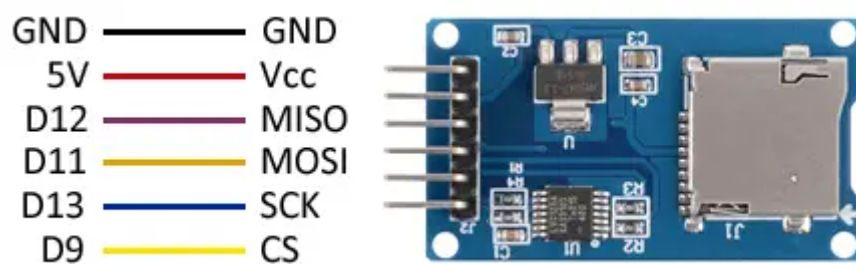


Fig. N° 25: Pinout Modulo Lector de Tarjeta SSD.

Evaluación Final del Sistema

Presentación final del prototipo



Fig. N°26: Prototipo funcional.

Finalmente el prototipo se desempeñó bajo los parámetros esperados, dando resultados acordes a un proyecto de ingeniería electrónica. Los sensores miden los parámetros del ambiente que los rodea de una manera fiel otorgando datos altamente valiosos para investigaciones climáticas como así también provee la información actual que un usuario corriente anhela apropiarse. Cabe destacar que no se llevaron a cabo exhaustivas pruebas como sometimientos a fuertes tormentas, lluvias contundentes, granizo entre otras.

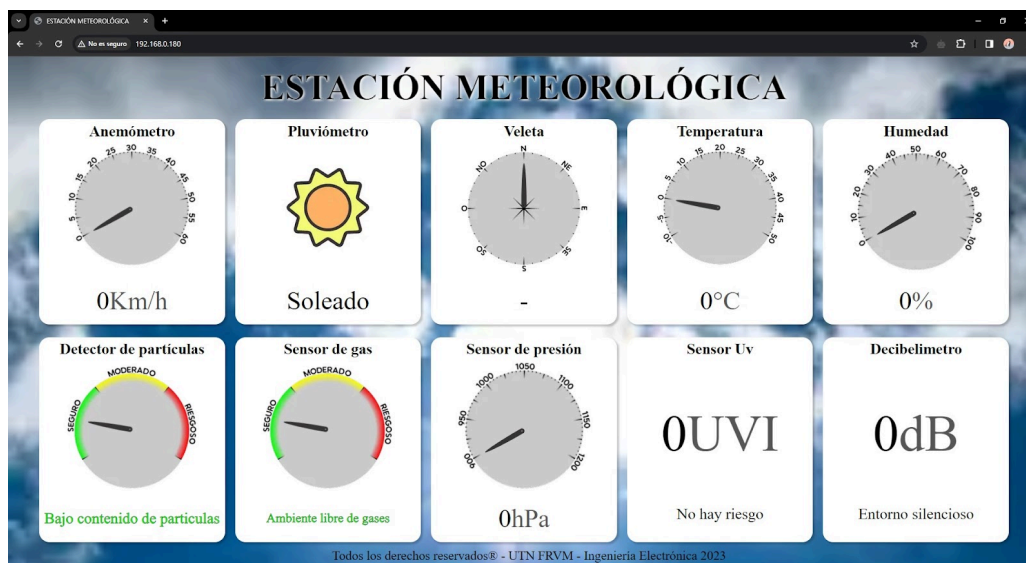


Fig. N°27: Prototipo web del índice.



Fig. N°268: Prototipo ejemplar web de un sensor.

Conclusión

El proyecto de la estación meteorológica se convirtió en un sistema de alto rendimiento que provee un amplio rango de datos atmosféricos de una forma amigable por lo que cumple con los objetivos establecidos . Las técnicas de programación y la tecnología utilizada permiten una fácil integración de los sensores y una rápida adquisición y visualización de los datos. Adicionalmente, la modularidad y estructuración del código facilitan su lectura, comprensión y mantenimiento.

Bibliografía

- [1] <https://www.thingiverse.com/thing:4725413>
- [2] <https://www.thingiverse.com/thing:2559929>
- [3] <https://github.com/ComputadorasySensores/Capitulo68>
- [4] https://github.com/ScientistaMado/Micropython_Raspberry_Pi_Pico_w/blob/main/Micropython_lib/menuoled.py
- [5] <https://www.instructables.com/Solar-Powered-WiFi-Weather-Station-V30/>
- [6] <https://sensorkit.joy-it.net/en/sensors/ky-037>
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=J2myz-OXjhM>
- [8] <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/understanding-microphone-sensitivity.html>

Última fecha de consulta de los links: 27/2/2024