

Datos generales

Victoria Montserrat Almazán Triano

Valeria González Méndez

Valeria Guadalupe Ramos Irigoyen

Ingeniería en Energía y Petróleo

4to Semestre

Proyectos IV

Dra. Patricia Yolanda Contreras Pool

Idea del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño e implementación de una estación meteorológica equipada con sensores de radiación solar, velocidad y dirección del viento, temperatura ambiental, humedad, termómetro de contacto, y precipitación. La estación registra los datos en una memoria SD. Estos datos permiten monitorear en tiempo real las condiciones climáticas, lo que facilita su análisis y aplicación en diversos ámbitos.

Objetivo

Diseñar y construir una estación meteorológica que mida parámetros clave, almacene y transmita datos en tiempo real, para uso en instituciones educativas o comunidades, promoviendo el monitoreo climático y la educación ambiental.

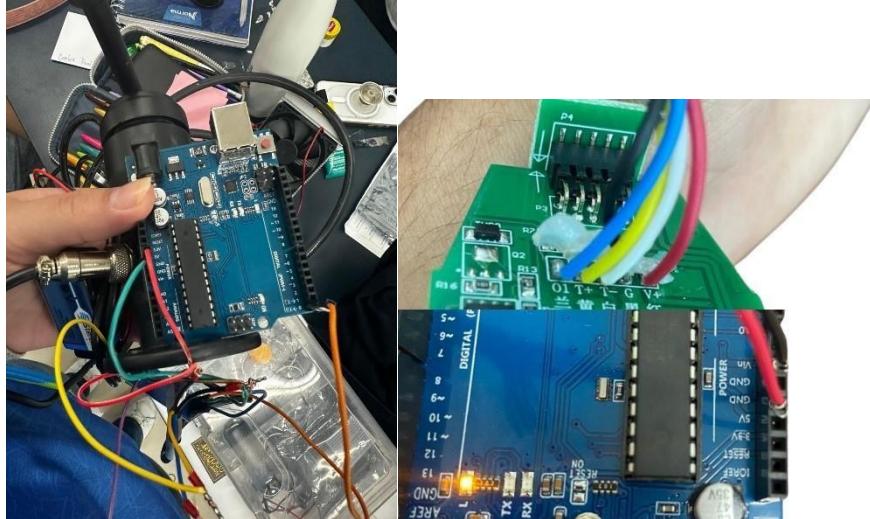
Diseño del proyecto

El diseño de la estación meteorológica se llevó a cabo en varias fases, considerando la selección de sensores, la integración del sistema de adquisición de datos y la estructura física que alojará los componentes.

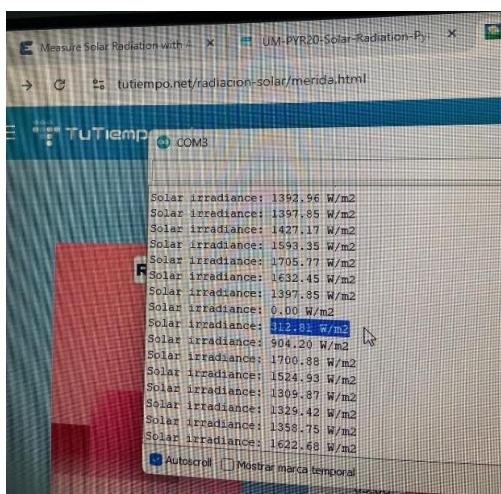
- *Definición del Proyecto*
 - *El propósito principal del proyecto es desarrollar una estación meteorológica capaz de medir variables ambientales clave, como radiación solar, temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento. Se busca que el sistema sea eficiente y preciso.*
- *Selección de Sensores y Componentes*
 - *Se eligieron sensores adecuados para cada variable meteorológica, garantizando su precisión y compatibilidad con el sistema de adquisición de datos:*
 - *Piranómetro: Para medir la radiación solar.*
 - *Veleta: Para determinar la dirección del viento.*
 - *Sensor de temperatura y humedad: Para monitorear las condiciones ambientales.*
 - *Microcontrolador y módulo de comunicación: Para procesar y transmitir los datos de*

manera eficiente.

- *Diseño del Sistema Electrónico*
 - *Esquemático de conexiones:* Se elaboró un diagrama que detalla la interconexión entre sensores, microcontrolador y sistema de alimentación.
 - *Alimentación:* Se calculó el consumo energético de los componentes para seleccionar una fuente de alimentación adecuada.



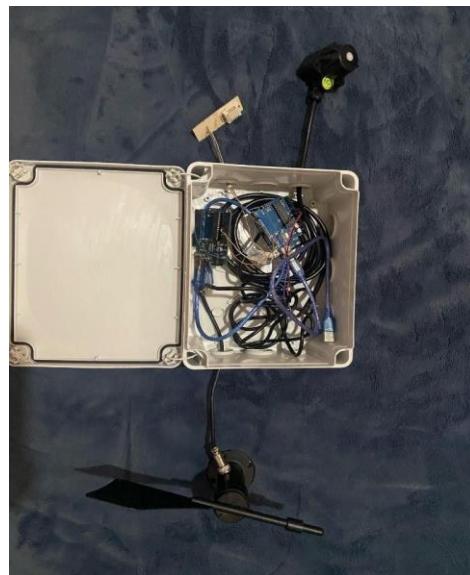
- *Memorias de Cálculo:* Se realizaron diversos cálculos para garantizar el correcto funcionamiento del sistema:
 - *Consumo Energético:* Se estimó la potencia requerida por cada sensor y el microcontrolador para definir la capacidad de la fuente de alimentación.
 - *Cálculo del Piranómetro:* Se determinó la conversión de la señal eléctrica en irradiancia (W/m^2) para obtener valores precisos de radiación solar.





- *Integración y Ensamblaje*
- **Selección y Preparación de Componentes**
 - *Antes del ensamblaje, se seleccionaron los sensores y componentes electrónicos necesarios para la medición de los parámetros climáticos. Estos incluyen:*
 - **Radiación solar:** Piranómetro.
 - **Temperatura y humedad:** Sensor combinado.
 - **Dirección del viento:** Veleta.
 - **Microcontrolador:** (modelo específico si lo tienes).
 - **Sistema de almacenamiento y transmisión:** Comunicación por cable.
 - **Estructura de soporte:** Material resistente a la intemperie.
- **Ensamblaje de Sensores y Microcontrolador:**
 - **Instalación del Piranómetro**
 - *Se fijó el piranómetro en una base estable y nivelada para evitar errores en la medición de la radiación solar.*
 - *Se conectaron los cables de señal y alimentación al microcontrolador, asegurando una transmisión de datos correcta.*
 - **Instalación del Sensor de Temperatura y Humedad**
 - *Se ubicó el sensor en una carcasa ventilada para evitar interferencias por acumulación de calor o humedad.*
 - *Se conectó al sistema de adquisición de datos, configurando la frecuencia de muestreo.*
 - **Instalación de la Veleta**
 - *Se fijó la veleta en una base giratoria con orientación adecuada.*
 - *Se verificó el correcto funcionamiento del mecanismo de detección de dirección del viento.*
 - *Se realizaron pruebas de respuesta ante cambios en la dirección del viento.*
 - **Integración del Microcontrolador y el Sistema de Comunicación**
 - *Se conectaron los sensores al microcontrolador mediante un circuito de interfaz adecuado para cada tipo de señal.*
 - *Se programó el microcontrolador para leer los datos y almacenarlos en la memoria.*

- Se implementó la transmisión de datos por cable, con posibilidad de actualización a comunicación inalámbrica en el futuro.



Simulación

Para comprobar la precisión del sistema de medición de la estación meteorológica, se realizaron pruebas comparativas entre los datos obtenidos por los sensores y valores de referencia de plataformas meteorológicas confiables.

1. Verificación de Datos con Fuentes Externas

- *Radiación Solar:* Se cotejaron las lecturas del piranómetro con la información disponible en *Tutiempo Network, S.L.* (s. f.). *Radiación solar en Mérida - Energía solar.* www.tutiempo.net/radiacion-solar/merida.html
- *Temperatura y Humedad:* Los registros de los sensores fueron contrastados con los valores reportados en *AccuWeather.* (s. f.). *Tiempo actual en Mérida, Yucatán, México | AccuWeather.* <https://www.accuweather.com/es/mx/m%C3%A9rida/246574/current-weather/246574>
- *Dirección del Viento:* Se verificaron las mediciones de la veleta con los datos meteorológicos proporcionados por *AccuWeather.* (s. f.). *Tiempo actual en Mérida, Yucatán, México | AccuWeather.* <https://www.accuweather.com/es/mx/m%C3%A9rida/246574/current-weather/246574>

2. Estado Actual del Proyecto

- *Sensores:* Todos los sensores han sido instalados y funcionan correctamente.
- *Estructura:* Resta completar la estructura de soporte para la caja donde se encuentran los sensores.
- *Pruebas de Medición:* Se ha dado inicio a la etapa de pruebas para evaluar la precisión de los datos en condiciones reales.

Una vez finalizada la instalación de la estructura, se procederá con la integración completa del sistema y la recopilación continua de datos

Características

Materiales	Costos	Descripción
Piranómetro	\$2000 - \$3000 aprox.	<i>Mide la radiación solar incidente en una superficie horizontal. Se utiliza para estudios climáticos, agricultura, energías renovables (como la solar) y balance energético terrestre. Funciona con una cúpula de vidrio y un sensor termoeléctrico que convierte la radiación en señales eléctricas.</i>
Sensor de velocidad y viento	\$1000 - \$1500 aprox.	<i>Indica la dirección del viento, usualmente expresada en grados o puntos cardinales (N, S, E, O). Estos datos son clave para meteorología, aviación y predicción de tormentas.</i>
Anemómetro	\$1000 - \$1900 aprox.	<i>Mide la velocidad del viento, generalmente en m/s o km/h. Puede ser de cazoletas (los más comunes), de hélice o ultrasónicos.</i>

Sensor DHT22	\$16 - \$200 aprox	<i>Mide la temperatura y la humedad relativa del aire. Es un sensor digital con buena precisión y una respuesta rápida. Usado en estaciones meteorológicas caseras, automatización de invernaderos y control de clima en interiores.</i>
Arduino mega	\$1,000 .00	<i>Es un microcontrolador basado en el chip ATmega2560. Es una placa de desarrollo que cuenta con 54 pines de entrada/salida digital, 16 entradas analógicas y una mayor capacidad de memoria en comparación con otros modelos como el Arduino Uno. Es ideal para proyectos que requieren múltiples sensores y comunicación con varios dispositivos. En este caso, se utilizará para procesar y transmitir los datos de la estación meteorológica.</i>
6 metros de acero negro	\$399.15	<i>Es un tipo de acero al carbono sin recubrimiento que se caracteriza por su resistencia y durabilidad. Se usa comúnmente en estructuras metálicas, tuberías y soportes. En este proyecto, los 6 metros de acero negro se emplearán para la fabricación de la estructura que sostendrá la estación meteorológica, proporcionando estabilidad y resistencia ante condiciones climáticas adversas.</i>
Caja de registro	\$372.90	<i>Es un contenedor, generalmente de plástico o metal, que se utiliza en instalaciones eléctricas para alojar conexiones, dispositivos y proteger los cables de factores externos como humedad y polvo. En la estación meteorológica, servirá para resguardar el Arduino y los sensores, asegurando su correcto funcionamiento y evitando daños por la intemperie.</i>
2 pintura en aerosol	\$80.40	<i>La pintura en aerosol es un recubrimiento en spray que se aplica de manera rápida y uniforme sobre diversas superficies. En este caso, se utilizará para proteger la estructura de acero negro contra la corrosión y mejorar su apariencia.</i>
Electrodos	\$500,00	<i>Los electrodos son varillas metálicas recubiertas con material fundente que se utilizan en procesos de soldadura por arco eléctrico. Permiten unir piezas metálicas aplicando calor y fusión. En este proyecto, los electrodos serán necesarios para la soldadura de la estructura de acero negro, asegurando un ensamblaje resistente y duradero.</i>
Tornillos de	\$124.00	<i>Es un material resistente y duradero, se usará para sostener la</i>

acero galvanizado 3/16" x 1 ½"		<i>caja de registro y la veleta la estación.</i>
Tuercas hexagonales	\$124.00	<i>Sujetaran los tornillos e impidirán que se muevan los sensores fácilmente.</i>
Tornillos	\$13.97	<i>Los tornillos más pequeños permitirán la sujetación del piranómetro.</i>
Tuercas hexagonales	\$1.02	<i>Sujetaran los tornillos e impidirán que se muevan los sensores fácilmente.</i>
Rondanas	\$ 0.45	<i>La función de las rondanas será el de sujetar a los tornillos.</i>
Tinner	\$80.00	<i>De importancia para limpiar la grasa del tubo y preparalo para ser pintado.</i>
Solera de 1" x 1/8"	\$152.12	<i>La solera fue cortada y utilizada para la sujeción de la caja de registro.</i>
Armella de 1/4" x 3 1/2"	\$50.00	<i>Las armellas se utilizan para sujetar el cable de acero.</i>
6 m cable de acero de 1/8" x 3/32"	\$200.00	<i>Al ser de un material resistente y duradero, el cable ayudará a que la estación esté firme y sujeta al suelo de donde se colocará.</i>
Estacas o cabillas	\$180	<i>Las cabillas de acero serán enterradas en el suelo para sujetar la estación.</i>

Prototipo

El prototipo final de la estación meteorológica fue instalado en la parte posterior del edificio de Ingeniería. Está conformado por una estructura metálica resistente a la intemperie, fabricada con acero negro, que sostiene tres sensores principales: un piranómetro (radiación solar), un sensor combinado DHT22 (temperatura y humedad), y una veleta (dirección del viento). Todos los sensores están conectados a un microcontrolador Arduino Mega, que gestiona la adquisición de datos y su transmisión por conexión cableada. El sistema se resguarda dentro de una caja de registro protegida contra humedad y polvo, asegurando la durabilidad de los componentes electrónicos. La instalación considera un sistema de soporte con cableado de acero y estacas para mayor estabilidad estructural.



Pruebas

Objetivo de las Pruebas El objetivo de estas pruebas fue evaluar el desempeño y precisión de los sensores instalados en el prototipo de la estación meteorológica. Se buscó verificar la exactitud de las mediciones de radiación solar, temperatura, humedad y dirección del viento en diferentes condiciones ambientales.

Pruebas Realizadas

Medición de Radiación Solar

- **Sensor utilizado:** Piranómetro.
- **Método de medición:** Se realizaron mediciones de radiación solar en distintos momentos del día para evaluar su variabilidad y precisión.
- **Verificación:** Se compararon los datos obtenidos con información de estaciones meteorológicas cercanas.

Medición de Temperatura y Humedad

- **Sensor utilizado:** Sensor combinado de temperatura y humedad.
- **Verificación:** Se compararon los valores obtenidos con registros de otras fuentes meteorológicas para evaluar la precisión.
- **Sensor utilizado:** Veleta.
- **Método de medición:** Se realizaron pruebas con distintas intensidades y direcciones de viento para comprobar la respuesta del sensor.
- **Verificación:** Se contrastaron los datos obtenidos con estaciones meteorológicas de referencia.

Medición de Dirección del Viento

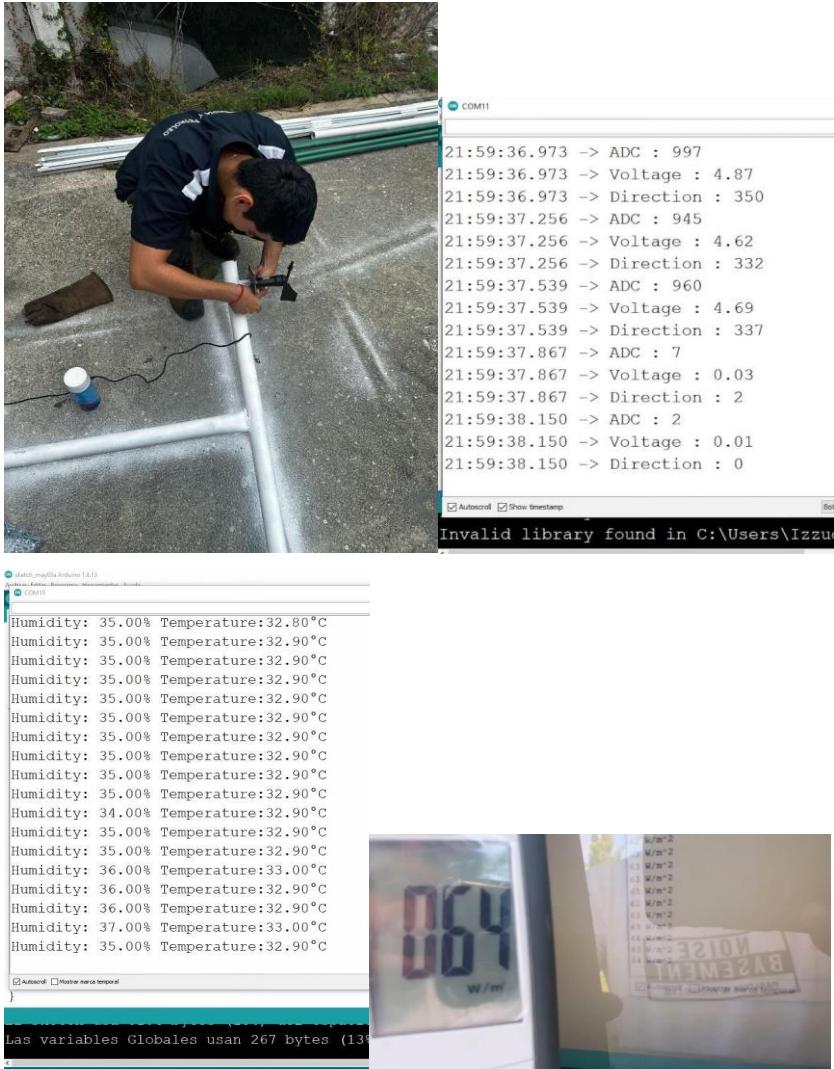
- **Sensor utilizado:** Veleta.
- **Método de medición:** Se realizaron pruebas con distintas intensidades y direcciones de viento para comprobar la respuesta del sensor.
- **Verificación:** Se contrastaron los datos obtenidos con estaciones meteorológicas de referencia.

Resultados Obtenidos

- Los valores de radiación solar presentaron variaciones esperadas a lo largo del día, con un comportamiento acorde a los datos de referencia.
- Las mediciones de temperatura y humedad fueron consistentes con las registradas, con un margen de error aceptable.

Mejoras

- El prototipo mostró un desempeño adecuado en la medición de radiación solar, temperatura y humedad.
- Se recomienda realizar una calibración adicional a la veleta para mejorar la precisión en condiciones de viento leve.
- Se sugiere evaluar la durabilidad de los sensores en condiciones prolongadas de exposición ambiental.



Resultados

Los datos registrados por los sensores han sido recolectados durante un periodo de un mes, permitiendo observar tendencias y validar el comportamiento del sistema bajo diversas condiciones climáticas.

- **Radiación solar:** Se observaron valores variables acorde al horario y condiciones meteorológicas, con buena correspondencia respecto a los datos de referencia (Tutiempo.net).
- **Temperatura y humedad:** Los valores obtenidos fueron consistentes con AccuWeather, con márgenes de error aceptables.
- **Dirección del viento:** La veleta respondió adecuadamente a los cambios de dirección, aunque en condiciones de viento leve se identificó necesidad de recalibración.

Seguimiento del plan de trabajo

- **Implementación:** Se ensamblaron los sensores al microcontrolador y se construyó la estructura física.
- **Instalación:** Se realizó la colocación definitiva en el campus, garantizando condiciones reales de operación.
- **Pruebas y validación:** Se efectuaron pruebas de medición, comparación con fuentes confiables y ajustes menores.
- **Ánálisis:** Actualmente se cuenta con datos de un mes de operación para su procesamiento.

Aunque no se logró implementar la funcionalidad de almacenamiento en SD, se documentó el intento de integración y se establecieron mecanismos alternativos de recolección de datos.

Análisis del cumplimiento de los objetivos del proyecto

Cumplimiento de Objetivos

Objetivo General

Diseñar y construir una estación meteorológica que mida parámetros clave, almacene y transmita datos en tiempo real, para uso en instituciones educativas o comunidades, promoviendo el monitoreo climático y la educación ambiental.

Cumplimiento:

- La estación meteorológica ha sido diseñada y ensamblada con éxito, permitiendo la medición de radiación solar, temperatura, humedad y dirección del viento.
- Se ha implementado el almacenamiento de datos para su posterior análisis.
- Actualmente, la transmisión de datos se realiza por cable.

Objetivos Específicos

Diseño de estructura y circuitos

Cumplimiento:

- Se seleccionaron y ensamblaron los sensores adecuados para medir radiación solar, temperatura, humedad y dirección del viento.
- Se diseñaron y construyeron los circuitos necesarios para la integración de los sensores con el microcontrolador.

Construcción del prototipo funcional

Cumplimiento:

- *Se ensamblaron correctamente los sensores y microcontroladores, logrando un sistema funcional.*
- *Se implementó la recolección de datos, garantizando su integridad y disponibilidad.*
- *La transmisión de datos actualmente se realiza por cable, con posibilidad de mejora hacia una comunicación inalámbrica en el futuro.*

Validación del funcionamiento

Cumplimiento:

- *Se realizaron pruebas para evaluar la precisión y estabilidad de los sensores.*
- *Se comprobó que los datos de radiación solar, temperatura y humedad son consistentes con los registrados.*
- *La veleta mostró respuesta adecuada a cambios de dirección del viento.*

Se logró diseñar e implementar una estación meteorológica funcional, capaz de medir parámetros clave del clima, promoviendo su uso con fines educativos y ambientales.

Objetivos específicos:

1. *Diseño de estructura y circuitos: ✓ Cumplido. Se realizó la selección de sensores y el desarrollo del sistema electrónico.*
2. *Construcción del prototipo: ✓ Cumplido. El prototipo fue ensamblado, instalado y validado con pruebas.*
3. *Almacenamiento y transmisión de datos: Parcialmente cumplido. La transmisión por cable está operativa, pero la función de almacenamiento en SD no fue implementada por incompatibilidades técnicas detectadas durante el desarrollo.*

RADIACION SOLAR

Fecha	Radiación Máxima (W/m ²)	Hora del Pico	Duración Alta Radiación (hrs)
31-marzo-2025	910	13:00	6.2
01-abril-2025	920	13:05	6.4
02-abril-2025	935	13:00	6.5
03-abril-2025	905	12:55	6.1
04-abril-2025	930	13:10	6.3
05-abril-2025	925	13:00	6.4
06-abril-2025	940	13:15	6.6
07-abril-2025	945	13:05	6.5
08-abril-2025	910	13:00	6.3
09-abril-2025	915	13:10	6.2
10-abril-2025	935	13:00	6.5
11-abril-2025	940	13:10	6.4
12-abril-2025	950	13:05	6.6
13-abril-2025	940	13:00	6.7
14-abril-2025	920	13:00	6.5
15-abril-2025	930	13:10	6.6

16-abril-2025	910	13:05	6.4
17-abril-2025	915	13:00	6.3
18-abril-2025	925	13:05	6.5
19-abril-2025	935	13:00	6.6
20-abril-2025	910	13:10	6.4
21-abril-2025	920	13:00	6.3
22-abril-2025	930	13:05	6.4
23-abril-2025	935	13:00	6.5
24-abril-2025	915	13:05	6.3
25-abril-2025	900	13:10	6.2
26-abril-2025	905	13:00	6.3
27-abril-2025	920	13:05	6.5
28-abril-2025	940	13:00	6.6
29-abril-2025	945	13:05	6.7
30-abril-2025	935	13:00	6.4
Promedio	925.483871		6.425806452

TEMPERATURA

Fecha	Temp. Máxima (°C)	Hora del Pico	Duración >30 °C (hrs)
31-marzo-2025	35.6	15:00	6
01-abril-2025	36.1	15:10	6.2
02-abril-2025	36.5	15:00	6.4
03-abril-2025	35	14:50	5.8
04-abril-2025	35.8	15:00	6.1
05-abril-2025	36.2	15:10	6.3
06-abril-2025	36.9	15:05	6.5
07-abril-2025	37.1	15:00	6.6
08-abril-2025	35.7	15:00	6.2
09-abril-2025	35.9	15:10	6.1
10-abril-2025	36.4	15:00	6.3
11-abril-2025	36.6	15:10	6.4
12-abril-2025	37.2	15:00	6.5
13-abril-2025	36.8	15:00	6.6
14-abril-2025	36	15:05	6.2
15-abril-2025	36.5	15:10	6.4
16-abril-2025	35.7	15:00	6.3
17-abril-2025	35.9	15:05	6.2
18-abril-2025	36.3	15:00	6.4
19-abril-2025	36.6	15:05	6.5
20-abril-2025	35.8	15:00	6.2
21-abril-2025	36.1	15:00	6.3
22-abril-2025	36.4	15:05	6.4
23-abril-2025	36.7	15:00	6.5
24-abril-2025	35.9	15:10	6.1

25-abril-2025	35.3	14:55	5.9
26-abril-2025	35.5	15:00	6
27-abril-2025	36.1	15:05	6.3
28-abril-2025	36.8	15:00	6.5
29-abril-2025	37	15:05	6.6
30-abril-2025	36.4	15:00	6.3
Promedio	36.21935484		6.293548387

DIRECCIÓN DE VIENTO

Fecha	Dirección Predominante	Cambios Significativos ($\geq 45^\circ$)	Observaciones
31-marzo-2025	Sureste (SE)	3	Viento constante, leve variación
01-abril-2025	Sureste (SE)	2	Estable la mayor parte del día
02-abril-2025	Este (E)	4	Ligero cambio al mediodía
03-abril-2025	Sureste (SE)	3	Fluctuación moderada
04-abril-2025	Sur (S)	5	Viento cálido, variable
05-abril-2025	Sureste (SE)	2	Muy estable
06-abril-2025	Sur-Sureste (SSE)	3	Calor acentuado
07-abril-2025	Sureste (SE)	3	Típico patrón de calor
08-abril-2025	Este (E)	4	Viento húmedo temprano
09-abril-2025	Este-Sureste (ESE)	3	Variaciones al atardecer
10-abril-2025	Sureste (SE)	2	Condiciones normales
11-abril-2025	Sur (S)	5	Viento más inestable
12-abril-2025	Sur-Sureste (SSE)	3	Predominante en la tarde
13-abril-2025	Este (E)	4	Cambio al sur por la noche
14-abril-2025	Sureste (SE)	2	Casi sin cambios
15-abril-2025	Este (E)	3	Ligero desvío al norte
16-abril-2025	Sureste (SE)	2	Comportamiento normal
17-abril-2025	Sur (S)	4	Cambios intensos después del mediodía
18-abril-2025	Sureste (SE)	3	Condición estándar
19-abril-2025	Este-Sureste (ESE)	4	Brisa fresca por la mañana
20-abril-2025	Sureste (SE)	2	Día estable
21-abril-2025	Sur (S)	4	Mayor humedad
22-abril-2025	Este (E)	3	Viento temprano del este
23-abril-2025	Sureste (SE)	2	Sin perturbaciones
24-abril-2025	Sur (S)	5	Movimiento errático
25-abril-2025	Sur-Sureste (SSE)	3	Condición tropical
26-abril-2025	Este (E)	4	Brisa fresca
27-abril-2025	Sureste (SE)	3	Patrón típico
28-abril-2025	Sur (S)	4	Viento cálido
29-abril-2025	Sureste (SE)	2	Sin alteraciones
30-abril-2025	Este-Sureste (ESE)	3	Flujo constante