



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico**

“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA MONITORIZACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL CAMPUS UTN”

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

AUTOR:

Jhon Herví Gonzales Cuero

DIRECTOR:

Ing. Eliana Carolina Ormeño Mejía MSc.

Ibarra, 2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401749700	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Gonzales Cuero Jhon Hervi	
DIRECCIÓN:	Tulcán, Cdla. Padre Ponce	
EMAIL:	jhgonzalesc@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL: 0995963141

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Ing. Mantenimiento Eléctrico
AUTOR (ES):	Gonzales Cuero Jhon Hervi
FECHA: DD/MM/AAAA	18/02/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	ing Ormeño Mejia Eliana Carolina

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18. días del mes de febrero de 2022

EL AUTOR:



Jhon Hervi Gonzales Cuero



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Eliana Ormeño.

CERTIFICACIÓN

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Gonzales Cuero Jhon Hervi, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA MONITORIZACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL CAMPUS UTN"**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.

MSc. Eliana Ormeño
DIRECTOR DE TRABAJO DEGRADO

ÍNDICE

RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN.....	11
A 1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	11
A 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
A 3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
A 4. OBJETIVOS	12
A 4.1 Objetivo General.....	12
A 4.2 Objetivos Específicos.....	13
A5. JUSTIFICACIÓN	13
A 6. ALCANCE	13
A 7. VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	14
CAPÍTULO I.....	15
1. FUNDAMENTO TEÓRICO	15
1.1 METEOROLOGÍA	15
1.1.1 Estación meteorológica.....	15
1.2 EL CLIMA.....	16
1.2.1 La Climatología.....	16
1.3 VARIABLES CLIMÁTICAS	16
1.3.1 Radiación Solar	17
1.3.2 Radiación Ultravioleta (UV).....	18
1.3.3 Temperatura	21
1.3.4 Humedad.....	22
1.3.5 Viento	23
1.4 SENSORES PARA MEDICIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS	24
CAPÍTULO II.....	26
2. DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN	26
2.1 INTRODUCCIÓN.....	26
2.2 ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	26
2.2.1 Equipos utilizados en el diseño de la estación meteorológica	28
2.3 METODOLOGÍA PARA LA MONITORIZACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS	35
2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO.....	36
2.5 INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN.....	37
2.5.1 Arduino IDE	38
2.5.2 LabVIEW	38

2.6 PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DEL ENTORNO GRÁFICO	39
2.6.1 Programación de Arduino IDE	40
2.6.1.2 Diagrama de conexión de Sensores, Arduino y XBee	45
2.6.2 Programación en LabVIEW.....	46
2.6.3 Diagrama eléctrico del dispositivo electrónico desarrollado	67
CAPÍTULO III EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO	68
3.1 PRUEBAS Y RESULTADOS	68
3.1.1 Pruebas de validación del sensor de velocidad viento	72
3.1.2 Pruebas de validación del índice UV	72
3.1.3 Pruebas de validación de los sensores de temperatura y humedad	73
3.2 PRUEBAS HMI ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	74
3.3 PUBLICACIÓN PAGINA WEB.....	76
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una Estación Meteorológica.....	16
Figura 2. Componentes de la radiación receptada.....	18
Figura 3. Luz ultravioleta.....	18
Figura 4. Niveles de Radiación UV	20
Figura 5. Efectos negativos de la exposición a radiación	21
Figura 6. Unidades de Temperatura	22
Figura 7. Rosa del Viento	23
Figura 8. Estación Meteorológica implementada.....	27
Figura 9. Tablero de Control	27
Figura 10. Diagrama eléctrico Estación Meteorológica	28
Figura 11. Piranómetro RK 200-03	29
Figura 12. Radiómetro UV	30
Figura 13. Sensor de velocidad del viento RK100-002.....	30
Figura 14. Sensor de dirección del viento RK110-002	31
Figura 15. Sensor de Humedad y Temperatura	32
Figura 16. Placa Arduino UNO.....	34
Figura 17. XBee.....	34
Figura 18. Conversor USB-RS232.....	35
Figura 19. Metodología usada en el desarrollo del dispositivo.	36
Figura 20. Funcionamiento del dispositivo para medir y visualizar variables meteorológicas	37
Figura 21. Arduino IDE	38
Figura 22. LabVIEW.....	39
Figura 23. Declaración de librerías y definición de los pines de conexión.	41
Figura 24. Declaración de Variables	41
Figura 25. Configuración de la función Void Setup	42
Figura 26. Lectura de Datos de los Sensores	43
Figura 27. Envío de datos a través del puerto serial	44
Figura 28. Programación de tarjeta ARDUINO UNO.....	45
Figura 29. Diagrama de conexiones, sensores, Arduino y Xbee	46
Figura 30. Ventanas de Trabajo LabVIEW.....	47
Figura 31. Configuración del puerto de comunicación serial	48
Figura 32. Configuración Visa Advanced	48
Figura 33. Lectura de Datos.....	49
Figura 34. Lectura del dato de dirección del viento	50

Figura 35. Cálculo de la pendiente del sensor de dirección del viento y acondicionamiento de la señal analógica AN0 enviada desde Arduino	50
Figura 36. Diagrama de Bloques de la Radiación Global	51
Figura 37. Cálculo de la pendiente del sensor de radiación global y acondicionamiento de la señal analógica AN1 enviada desde Arduino	51
Figura 38. Diagrama de Bloques de la Radiación Ultravioleta.....	52
Figura 39. Pendientes de los sensores de radiación UV-B y UV-E y acondicionamiento de las señales analógicas AN2 y AN3 enviadas desde Arduino.....	52
Figura 40. Riesgo al que se someten las personas dependiendo del índice UV	53
Figura 41. Adquisición de Señal del Sensor de Humedad y Temperatura.....	54
Figura 42. Almacenamiento de los datos de los sensores en un archivo de Microsoft Excel	55
Figura 43. Configuración Web Server	56
Figura 44. Publicación del servidor web en el navegador.	56
Figura 45 a. Panel Frontal Principal	58
Figura 45 b. Panel Frontal Secundario.....	59
Figura 46 a. Diagrama de Bloques Principal	61
Figura 46 b. Diagrama de Bloques Secundario.....	63
Figura 47. Programación en el software LabVIEW.....	66
Figura 48. Diagrama de conexión de todos los dispositivos que componen la estación meteorológica	68
Figura 49. Señales Analógicas sensores de Radiación tarjeta Arduino.....	68
Figura 50: Selección de la ubicación de la estación meteorológica en el mapa	69
Figura 51: Ingreso de datos en la ventana Power Single Point	70
Figura 52: Selección de variables meteorológicas de interés.....	71
Figura 53: Archivo generado en formato csv.....	71
Figura 54: Pantalla principal y componentes.....	74
Figura 55: Pantalla secundaria y componentes.....	75
Figura 57. Publicación Servidor Web	76
Figura 58. Funcionamiento en red del sistema en una televisión Samsung Smart TV	77

TABLAS

Tabla 1. Tipos de radiación solar	17
Tabla 2. Características de los tipos de radiación UV	19
Tabla 3. Tipos de radiación UV	19
Tabla 4. Factores de radiación UV.....	20
Tabla 5. Factor de Humedad	22
Tabla 6. Factores del Viento	23
Tabla 7. Equipos o sensores de medición de variables meteorológicos.....	24
Tabla 8. Comparativa entre las principales placas Arduino.	32
Tabla 9. Tipos de señales de los sensores que miden variables meteorológicas.....	39
Tabla 10. Librerías y su funcionalidad.....	40
Tabla 11. Configuraciones Void Setup.....	42
Tabla 12. Validación del sensor de velocidad viento.....	72
Tabla 13. Validación del índice UV	72
Tabla 14. Pruebas de validación de los sensores de temperatura y humedad.....	73

RESUMEN

El presente proyecto de titulación “Implementación de un dispositivo para la monitorización de variables meteorológicas en el campus de la Universidad Técnica del Norte (UTN)”, realizado en el periodo 2020-2021, fue dirigido a la comunidad UTN como medio informativo, visual e interactivo, a través de un aplicativo web.

El sistema de monitorización permitió visualizar la temperatura, humedad, radiación, velocidad y dirección del viento, ya sea en un Smart TV, el cual se encuentra instalado en los laboratorios de “CIMANELE” o por cualquier dispositivo electrónico que esté conectado a la red de la UTN por medio del dominio: **172.17.40.15**

El dispositivo implementado se construyó con un microcontrolador (ARDUINO), cuyo objetivo fue procesar las señales de dirección y velocidad del viento, radiación global, radiación ultravioleta (UV), temperatura y humedad.

El procesamiento de la señal de radiación ultravioleta (UV) fue realizado con base a los colores estándar establecidos internacionalmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Meteorológica Mundial (OMM). Estos colores hacen referencia al nivel de prevención que se debe tener por radiación UV.

La instalación de este dispositivo realizó valiosas aportaciones para que los usuarios (estudiantes, docentes y demás) de la comunidad UTN, conozcan y visualicen, el estado actual de las variables meteorológicas anteriormente descritas. Por lo que este trabajo serviría como base para futuros proyectos respecto a la prevención excesiva de radiación UV y sus efectos en la piel de la comunidad universitaria.

Palabras claves: Radiación UV, estación meteorológica, adquisición de datos, Arduino, monitorización.

ABSTRACT

The present technical degree project "Implementation of a device for monitoring meteorological variables at the campus of the Universidad Técnica del Norte (UTN)", carried out in the period 2020-2021, was addressed to the UTN community as an informative, visual, and interactive medium, through a web application.

The monitoring system allowed visualizing temperature, humidity, radiation, wind speed and direction, on a Smart TV, which is located at the "CIMANELE" laboratories, or by any electronic device connected to the UTN network through an IP address: 172.17.40.15: 8000/ESTACION%20METEOROLOGICA .htm.

The implemented device consisted of an ARDUINO microcontroller, whose objective was to process the signals direction and speed of wind, global radiation, ultraviolet (UV) radiation, temperature, and humidity.

The ultraviolet (UV) radiation signal processing was performed based on the standard colors established internationally by organizations such as the World Health Organization (WHO) and the World Meteorological Organization (WMO). These colors refer to the level of prevention that should be taken.

The installation of this device made valuable contributions for the users (students, teachers, and others) of the UTN community to know and visualize the status of the meteorological variables described above. Therefore, this work would serve as a basis for future projects regarding the prevention of excessive UV radiation and its effects on the skin of the university community.

Keywords: UV radiation, weather station, data acquisition, Arduino, monitoring.

INTRODUCCIÓN

A 1. CONTEXTUALIZACIÓN

La predicción del tiempo se remonta prácticamente a los orígenes de la humanidad, ya que nuestros ancestros establecieron primitivas reglas para medirla; sea por las tonalidades del cielo, el tipo de nubes y por la procedencia del viento, sin embargo, no fue hasta el siglo XIX que surge la predicción meteorológica basada en el método científico por el astrónomo francés Urbain Le Verrier (1811-1877), en aquel entonces se llevaban a cabo observaciones meteorológicas diarias en las principales ciudades europeas, pero todavía no se contaba con la capacidad de elaborar pronósticos (Viñas, 2013).

En la actualidad, existe evidencia de que los fenómenos meteorológicos son cada vez más extremos y con ello, aparece la repercusión negativa en las actividades que realiza el ser humano como: problemas de inundaciones, sequías, problemas biológicos, problemas en la piel por exposición a radiación solar o artificial, problemas sociales y económicos, entre otros. (Granados et al., 2018) y (Medina et al., 2008).

Motivo por el cual, monitorear variables meteorológicas ha tomado importancia, pues suministra la información necesaria para tomar decisiones, con respecto a los cambios climáticos, el comportamiento de las cuencas hidrográficas, los recursos eólicos y solares, así como el establecimiento de políticas relacionadas con el medio ambiente que dependerán de la ubicación geográfica o región. (Quiñones et al., 2017)

En el Ecuador el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) es el encargado de realizar a nivel nacional: pronósticos de fenómenos meteorológicos con incidencia en los próximos 3 días, pronósticos de radiación ultravioleta (Uv), pronósticos de focos de calor, pronósticos agro-climatológico, pronósticos de perspectivas hidrológicas, pronósticos de la trayectoria del viento, entre muchas otras variables meteorológicas (INAMHI,2020).

En fin, con todo lo descrito anteriormente se sintetiza que toda actividad que realiza el ser humano al aire libre está condicionada al clima que posee su localidad influyendo directamente con lluvias, nivel de radiación Uv, dirección y velocidad del viento,

temperatura etc., por lo que es importante monitorearlas para recibir información en tiempo real y tomar decisiones.

A 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El Ministerio de Salud Pública (MSP), señala que en el país existe un gran nivel de radiación dejando entre los años 2011 a 2013, a 2.138 casos de cáncer de piel, para el 2018 se brindaron 39.097 consultas a personas con diferentes tipos de cáncer de piel y desde enero a abril del 2019 se atendió a 14.196 pacientes con estas afecciones. El cáncer de piel es causado por una exposición excesiva a las radiaciones ultravioletas (Uv), provocadas principalmente por el sol, donde los niños, jóvenes y personas que trabajan al aire libre son los más vulnerables (MSP-ECUADOR, 2018).

Según datos del (INAMHI), en toda la Región Interandina el índice de radiación Uv; oscila entre 7 – 14, es decir **Alto** y **Extremadamente Alto**, y por ende en la ciudad de Ibarra no es diferente, puesto que el nivel de radiación Uv en ciertas horas del día supera el nivel más alto, por lo que se recomienda protección extra como: buscar la sombra, usar prendas de manga larga, evitar ropa de color oscuro, usar crema de protección solar, usar sombrero y gafas (INAMHI, 2021).

Por lo tanto, la afección que provoca los rayos Uv a los habitantes de la zona es fuerte, de aquí nace la necesidad de implementar un dispositivo que permita medir y visualizar variables meteorológicas en la Universidad Técnica del Norte (UTN) para así tomar las debidas precauciones.

A 3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se puede implementar un sistema de visualización de variables climáticas, utilizando una estación meteorológica para la visualización de parámetros climáticos en la comunidad universitaria UTN?

A 4. OBJETIVOS

A 4.1 Objetivo General

Implementar un dispositivo para la visualización de variables climáticas de una estación meteorológica mediante dispositivos electrónicos en el campus UTN.

A 4.2 Objetivos Específicos

- Analizar tecnologías relacionadas con el tema
- Diseñar el sistema del dispositivo de monitorización.
- Evaluar el funcionamiento del dispositivo

A5. JUSTIFICACIÓN

Un problema que aqueja a la ciudad de Ibarra es la exposición continua a radiación UV, esta radiación es el factor causal más importante en la generación de cáncer de piel y lo más grave es que las personas desconocen completamente sobre este asunto o lo toman a la ligera, por lo que con el desarrollo de este proyecto se pretende informar, prevenir y aportar en la lucha contra este problema.

El proyecto dará paso al monitoreo de variables meteorológicas a través de un dispositivo que permitan visualizar de mejor manera los cambios climáticos, dentro de la comunidad UTN para tomar las debidas precauciones por los estudiantes, docentes y otros, en actividades que se realizan al aire libre, así como evitar las horas del día que puedan tener mayor exposición de radiación UV.

Adicionalmente, este proyecto dotará a la carrera de CIMANELE de un sistema de monitorización meteorológica como base de futuras investigaciones en el área.

A 6. ALCANCE

El presente proyecto busca realizar la implementación de un dispositivo que permita visualizar los parámetros meteorológicos tomados de una estación meteorológica existente en el campus de la UTN.

El dispositivo estará conformado por un indicador óptico que presentará los niveles de rayos UV, de igual manera se tendrá un cartel informativo de prevención y cuidado de la piel, también se dispondrá de un letrero matricial para la visualización de temperatura, velocidad del viento y humedad.

La información captada de la estación meteorológica será procesada por un microcontrolador tipo ARDUINO, que permita reflejar los datos que se van a visualizar en el dispositivo y también se realizará un análisis comparativo de datos mediante dispositivos externos.

A 7. VIABILIDAD DEL PROYECTO.

El presente proyecto contará con las características y condiciones técnicas necesarias para ser implementado.

Para implementar el proyecto se cuenta con una estación meteorológica y con el apoyo del personal de planificación y construcciones de la UTN.

Es importante mencionar que los costos de esta implementación no son muy elevados, sobre todo en lo que respecta a la adquisición de materiales que conforma el proyecto por lo que es viable y se lo puede implementar.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

La influencia de factores climáticos es un componente ambiental determinante en la adaptación, distribución y productividad de los seres vivos, por lo que, en la actualidad se han implementado estaciones meteorológicas para el registro de variables como: radiación solar, temperatura, humedad y viento, dicha información proporcionada por estos dispositivos, son de vital importancia para diferentes sectores como: agrícolas, ganaderas, geológicos, predicciones climáticas, sectores industriales, también en el área de la generación de energías renovables (Quiñones et al., 2017).

1.1 METEOROLOGÍA

La Meteorología, es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar como, por ejemplo: la temperatura, la humedad, el viento, la precipitación, presión, la radiación ultravioleta, la nubosidad, entre otros, en un momento y lugar específico para intentar predecirlo en un futuro cercano (Lozano, 2018).

1.1.1 Estación meteorológica

La estación meteorológica, se la puede definir como una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables del clima y medio ambiente, estos datos suministran toda la información meteorológica especializada en tiempo real, dicha información se empleará para elaborar predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos que serán usados en emergencias ambientales. (Lozano, 2018) y (Palaguachi, 2018).

En la Figura 1, se observa un modelo referencial de una estación meteorológica con sus respectivos componentes.

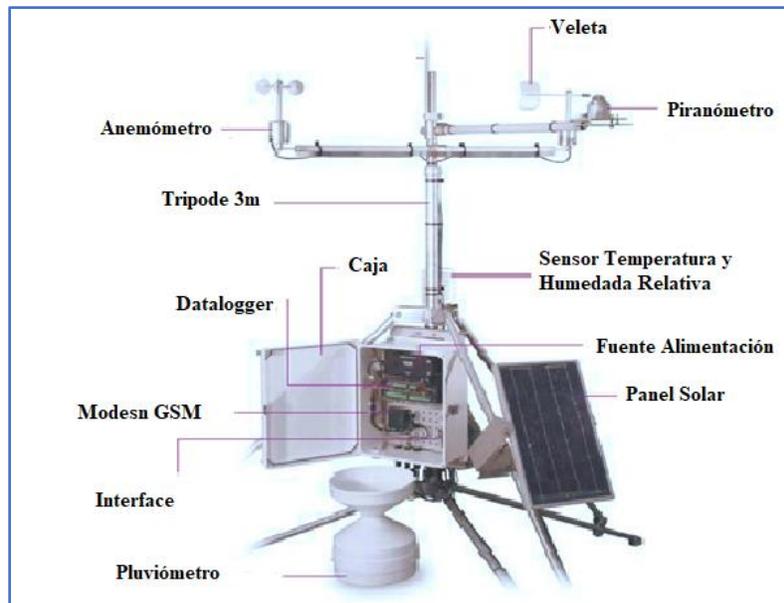


Figura 1. Partes de una Estación Meteorológica

Fuente: (Campell Scientific, 2018)

1.2 EL CLIMA

Es el conjunto de condiciones ambientales o atmosféricas propias de un lugar determinado, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella (Rodríguez, 2021).

1.2.1 La Climatología

Es la rama de la geografía encargada del estudio y el análisis del clima y de sus variaciones en el tiempo, aunque usa los mismos parámetros y variables de la meteorología no pretende hacer predicciones a corto plazo sino, estudiar la variación de estas características a largo plazo es decir unos 20 a 30 años. (Lozano, 2018).

1.3 VARIABLES CLIMÁTICAS

La organización meteorológica mundial (OMM), señala que una estación que realiza observaciones de superficie puede contar hasta con 15 variables, entre ellas se pueden citar: radiación solar, radiación ultravioleta, temperatura, humedad, viento, componentes abióticos y bióticos entre otros, los cuales siempre dependerán de la región en estudio (OMM, 2014).

1.3.1 Radiación Solar

“Es la energía emitida por el sol, la misma que llega debilitada a la atmósfera de la Tierra debido a su distancia desde el sol (aproximadamente 1360 vatios por metro cuadrado (W/m^2)). Después dicha radiación sufre una atenuación debido a la capa atmosférica por lo que la radiación solar en la superficie terrestre es aproximadamente $1000 W/m^2$ ”. Se distinguen tres tipos de radiación solar en función de cómo inciden los rayos del sol sobre la Tierra y son: radiación solar directa, radiación solar difusa y la radiación solar reflejada (Pareja, 2010), como se observa de forma detallada en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de radiación solar

<i>Tipos de Radiación</i>	<i>Descripción</i>
a) Radiación solar directa.	Es aquella recibida desde el sol sin que desvíe su paso por la atmósfera. Esta radiación proyecta una sombra de los objetos oscuros que la interceptan.
b) Radiación solar difusa	Se designa como difusa ya que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión de la atmosfera. Este tipo de radiación no produce sombra respecto a los objetos oscuros.
c) Radiación solar reflejada	Se refiere a la radiación solar dirigida hacia arriba, tras haber sido reflejada o difundida por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Fuente: (Pareja, 2010)

En la Figura 2, se muestra que la radiación que recibe un módulo fotovoltaico o un capacitor solar térmico; es la suma de las radiaciones directa, difusa y reflejada sobre una superficie.



Figura 2. Componentes de la radiación receptada.

Fuente:(Franco, 2016)

1.3.2 Radiación Ultravioleta (UV)

La radiación UV, son rayos invisibles que forman parte de la energía que viene del sol. La radiación UVC no logra atravesar nuestra atmósfera, en cambio la radiación UV que llega a la superficie de la Tierra se compone de dos tipos de rayos; denominados UVA y UVB (INAMHI, 2017). Los límites de radiación están determinados esencialmente por su contenido energético y por su capacidad de afectar a los organismos vivos (luz violeta = 420 nm), como se puede observar en la Figura 3.



Figura 3. Luz ultravioleta

Fuente: (Instituto de Hidrología, 2021)

En la Tabla 2, se describe de forma detallada las características de cada tipo de radiación UV.

Tabla 2. Características de los tipos de radiación UV

Tipos de Radiación UV	Característica	Nanómetros
Radiación UVA	Es la menos energética de las tres, pero llega a la superficie terrestre en mayor proporción.	315-400
Radiación UVB	Es absorbida en parte por la atmósfera y alcanza la superficie en menor proporción que la anterior y puede ser dañina para toda forma de vida.	280-315
Radiación UVC	Es la más energética y es totalmente absorbida por la atmósfera, sus longitudes de onda no llegan a la superficie terrestre	100-280

Fuente: (Olarte et al., 2019)

1.3.2.1 El índice de radiación UV

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que el índice de radiación UV, es un indicador de la intensidad de la radiación ultravioleta relacionándolo con los efectos que tiene sobre la piel humana y por ende se convierte en un riesgo de salud. Con la base experimental de organismos internacionales se concertó fijar a nivel mundial los parámetros para el índice de radiación UV. En la primera categoría existe un rango entre 0 y 99 Joule/m²/hora, la segunda tiene un rango entre 100 y 199 Joule/m²/hora y así sucesivamente hasta llegar al índice 15, como se puede observar en la Tabla 3 (OMS, 2017).

Tabla 3. Tipos de radiación UV

índice UV	Dosis de eritema J/m ² /hora	Categoría
1 – 2	0 -199	Baja
3 - 5	200-499	Moderada
6 - 7	500-699	Alta
8 - 10	700-999	Muy alta
11 - 15	1000-1500	Extremadamente alta

Fuente: (OMS, 2017).

El índice UV, al acumularse durante una hora en un metro cuadrado de piel humana, altera entre 0 y 1500 Joules, por lo que dependiendo del índice UV al que estemos

expuestos se necesita diferentes niveles de protección en la piel (OMS, 2017). En la escala UV 1-2: no se necesita protección, de 3 a 7: se necesita protección y de 9 a 15: se necesita protección extra, como se presenta en la Figura 4.



Figura 4. Niveles de Radiación UV

Fuente: (OMS, 2017).

1.3.2.2 Factores de radiación UV

Los factores que intervienen en el valor del índice UV son: la altura a la que se encuentra el sol, el ozono, la latitud, la nubosidad y la altitud, como se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores de radiación UV

Factor	Característica
a) La altura a la que se encuentre el sol	Cuanto más alto esté el sol en el cielo más intensa será la radiación UV. Este dato varía dependiendo de la hora del día y de la época del año.
b) El ozono	Absorbe parte de radiación ultravioleta y la concentración de ozono varía durante el año e incluso en el mismo día.
c) La latitud.	Dependiendo de la distancia que existe entre un punto de la superficie terrestre será mayor o menor el índice UV.
d) La altitud.	A mayor altitud, la atmósfera es más fina por lo cual es capaz de absorber menos radiación UV. En igualdad de condiciones de otros factores, se recibirá más radiación ultravioleta a medida que nos elevamos.
e) La nubosidad	Cuanto más despejado esté el cielo de nubes, mayor será la radiación UV que alcance el suelo. En igualdad de condiciones de otros factores, las zonas nubladas reciben menos cantidad de radiación UV.

Fuente:(OMS, 2017)

1.3.2.3 Efecto de la radiación UV en la salud de los seres humanos.

La exposición prolongada de radiación ultravioleta puede producir efectos negativos; leves, moderados o crónicos en la salud de los seres humanos. Por la continua exposición al sol se dan cambios a nivel celular en las capas de la piel, del tejido fibroso y de los vasos sanguíneos, causando envejecimiento prematuro o en el peor de los casos el cáncer, que se manifiesta con tumores, manchas, úlceras, lunares o masas. En el campo de la medicina, la radiación UV también proviene de lámparas solares y cámaras de bronceado que puede producir daño en la piel, envejecimiento prematuro, como se puede observar en la Figura 5. (Instituto Nacional del Cancer, 2021).

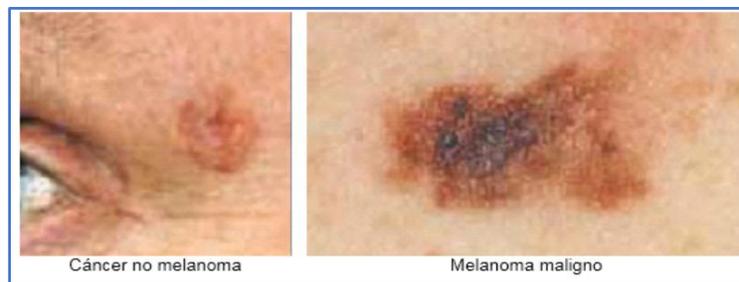


Figura 5. Efectos negativos de la exposición a radiación

Fuente: (Instituto Nacional del Cancer, 2021)

1.3.3 Temperatura

La temperatura es el nivel de calor que posee un cuerpo o el medio ambiente de un lugar en un momento determinado. La temperatura del aire cambia entre el día y la noche, entre estaciones y entre ubicaciones geográficas. Además, se mide con el sensor denominado termómetro y se expresa en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), grados fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), grados Rankine ($^{\circ}\text{Ra}$) y grados Réaumur ($^{\circ}\text{Re}$), como se puede observar en la Figura 6, donde se ilustra una comparación rápida entre unidades de temperatura sobre algunos valores comunes. (Medina et al., 2008).

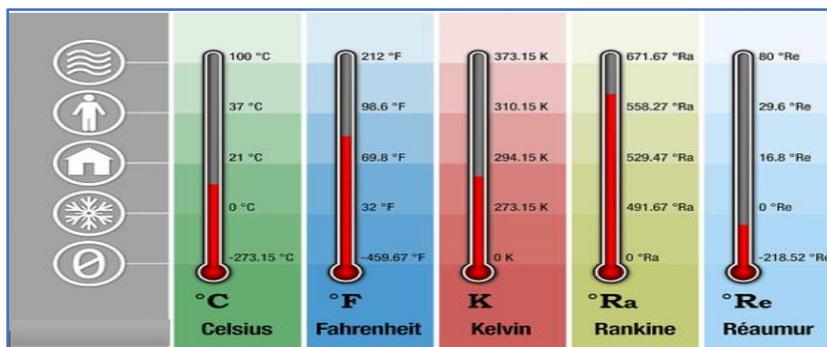


Figura 6. Unidades de Temperatura

Fuente: (Beamex, 2019)

La temperatura se aplica al crecimiento de cultivos para permitir al ser humano ver la velocidad de producción, determinar etapas de siembra y etapas de cosecha, entre otros usos (Medina et al., 2008).

1.3.4 Humedad

Se denomina humedad a la cantidad de vapor de agua presente en el aire, cuanto mayor es la temperatura, mayor será la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener. Cuando se trabaja con humedad generalmente hay tres formas para denominarlas; absoluta, específica y relativa como se observa en la Tabla 5. (INAMHI, 2017).

Tabla 5. Factor de Humedad

Factor de Humedad	Característica
a) Humedad Absoluta	Es la cantidad de vapor de agua contenido en un determinado volumen de aire.
b) Humedad Específica	Es lo mismo que la humedad absoluta, pero cambia las unidades de medición, en Kg/s de agua por kg de aire seco. Tanto en la humedad absoluta como en la específica, el agua siempre está en forma de vapor (gas).
c) Humedad Relativa.	Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad de aire que sería capaz de contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación).

Fuente:(Instituto de Hidrología, 2021)

La humedad es importante para pronosticar heladas junto con la temperatura, también es una variable climática clave para el pronóstico de enfermedades de cultivos.

La humedad relativa se mide normalmente con un sensor llamado psicrómetro (Medina et al., 2008).

1.3.5 Viento

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), señala que el viento es el movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra. Las masas de aire más caliente tienden a ascender, y su puesto es ocupado por las masas de aire circundante más frío volviéndose más denso. Se designa propiamente "viento" a la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal, y corriente de convección a los movimientos de aire en sentido vertical. (INAMHI, 2017).

Una forma de determinar la dirección del viento es a través de la **rosa de viento** la cual es una figura geométrica en forma de estrella con ocho, dieciséis o treinta y dos puntas que corresponden a los puntos cardinales y sus subdivisiones intermedias. Indica, en especial, la dirección en que sopla el viento en relación con los puntos cardinales: el viento del norte, el viento del sur, el viento del este y el viento del oeste. Estos vientos tienen nombres diferentes en cada lugar (Britanica Scola, 2021). Como se puede observar en la Figura 7.

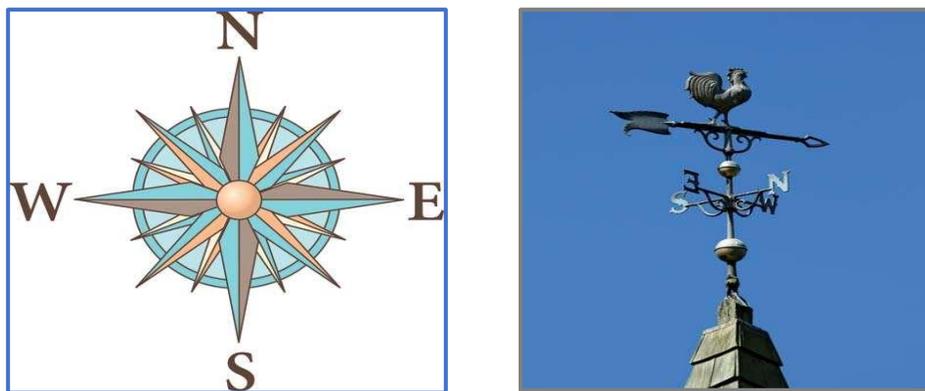


Figura 7. Rosa del Viento

Fuente: (Britanica Scola, 2021).

El viento está definido por su velocidad y dirección, como se presenta de forma detallada en la Tabla 6.

Tabla 6. Factores del Viento

Factor del viento	Descripción

a) Dirección	La dirección de donde procede el viento (Θ), se indica de varias formas, todas ellas fundadas en divisiones de horizonte circular de 360°. Se pueden considerar 8, 12 o 16 divisiones y las direcciones del viento se dice en grados correspondiendo a los cuatro puntos cardinales: E=90°, S=180°, O=270 y N=360°. El ángulo siempre se toma respecto al eje N.
b) Velocidad	La velocidad del viento se determina por dos valores: el módulo de la componente de la velocidad en el plano horizontal (denominada velocidad o intensidad del viento) y la dirección de donde sopla. Los ejes x e y sobre el plano horizontal se toman según las direcciones E y N, respectivamente. La velocidad se mide en: metros por segundo (m/s), kilómetros por hora(km/h) o nudos.

Fuente: (Villarrubia, 2010)

La variable meteorológica del viento se aplica para determinar la evapotranspiración de los cultivos, su efecto en la erosión del suelo y daños a los mismos. También esta variable se toma en cuenta para realizar aplicaciones de pesticidas en las plantaciones, permite conocer la trayectoria de los organismos beneficiosos y nocivos para las plantas, así como la distribución del polen en las plantas (Medina et al., 2008).

1.4 SENSORES PARA MEDICIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

A continuación, en la Tabla 7, se describe con detalle algunos sensores para medir variables meteorológicas.

Tabla 7. Equipos o sensores de medición de variables meteorológicos.

Sensores Meteorológicos	Descripción
Piranómetro 	-El sensor piranómetro tiene la función de filtrar señales de radiación infrarroja procedente de la atmósfera y la radiación de onda corta procedente del sol. El sensor está dotado de un desecante para evitar la condensación en el interior del instrumento, además posee un nivel de burbuja para facilitar la nivelación (Pérez, 2015).
Sensor de temperatura y humedad	-Este sensor sirve para medir la temperatura (Pt100) y la humedad relativa (sensor capacitivo), además calcula el punto de rocío. -El instrumento está constituido por una sonda robusta y precisa para medidas a largo plazo, para proteger los sensores del polvo y reducir la absorción y retención del agua, aumentando la

	<p>durabilidad, el rendimiento y la fiabilidad de medidas. (Sensirion Company, 2015).</p>
<p>Anemómetro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -El sensor de velocidad del viento detecta los más pequeños movimientos del viento y las mediciones se transmiten en forma analógica. -El sensor está fabricado de una aleación de metal, que lo protege contra la oxidación del aire lo que permite que el dispositivo sea usado en los entornos difíciles (Catálogo Hunnan Rika Electronic, 2019).
<p>Sensor direccion del viento</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -La veleta de viento indica la dirección del viento como un voltaje producido por la combinación de resistencias que hay dentro del sensor. -El sensor está conformado por un conjunto de switches magnéticos que pueden tener hasta un total de 16 posiciones diferentes, es decir, dependiendo de hacia dónde se dirige la ráfaga de viento, el sistema abre o cierra un sistema de resistencias para arrojar los datos relacionados con la inclinación del elemento (Ferrer, 2017).

Fuente: (Autores)

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

El calentamiento global afecta al entorno meteorológico, provocando fenómenos climáticos inesperados en diferentes regiones del planeta por ende el Ecuador no es la excepción. Uno de los fenómenos que más preocupa al (INAMHI), es el incremento de radiación ultravioleta en Ibarra que oscila entre **Alto y Extremadamente Alto** (INAMHI, 2021).

Ante los cambios climáticos extremos y los efectos que los mismos producen en las actividades cotidianas humanas, se decide implementar una estación meteorológica en la Universidad Técnica del Norte (UTN), para mantener informada a la comunidad universitaria del estado actual de las variables meteorológicas.

Las lecturas de las variables físicas de los sensores que constituyen la estación meteorológica son acondicionadas y procesadas con diferentes tipos de tecnologías, como los microcontroladores, los cuales son los encargados de adaptar una señal para ser reconocida y procesada de acuerdo con la especificación técnica de cada sensor.

Estas señales son reproducidas o transmitidas por diferentes tipos de comunicación, como, por ejemplo: señales de radio frecuencia, satelitales, GPRS, modbus, etc. Y se transmiten de forma autónoma de tal manera que funcionen 24/7, siendo esta la razón principal de disponer una estación climática con la finalidad de que provea datos meteorológicos en tiempo real y con la capacidad de monitorear la evolución de las tendencias climáticas en la ciudad de Ibarra.

2.2 ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La estación meteorológica implementada en la Universidad Técnica del Norte cuenta con los siguientes sensores: sensor de dirección y velocidad del viento, sensor de radiación global, radiómetros tipo E y tipo B y un sensor para la adquisición de variables de temperatura y humedad, tal como se puede observar en la Figura 8.



Figura 8. Estación Meteorológica implementada

Fuente: Autor

Las señales que envían estos sensores llegan a un tablero de control, en el cual se encuentran dos dataloggers y un módulo Arduino, tal como se puede observar en la Figura 9.



Figura 9. Tablero de Control

Fuente: Autor

Los dataloggers (RK600 y RK600-01) son utilizados para acondicionar, almacenar y enviar la información de los sensores de radiación global, velocidad y dirección del viento hacia las entradas del módulo Arduino. Mientras que, las señales de los sensores de radiación UV-B, UV-E, temperatura y humedad se conectan directamente a éstas, tal como observa en la Figura 10.

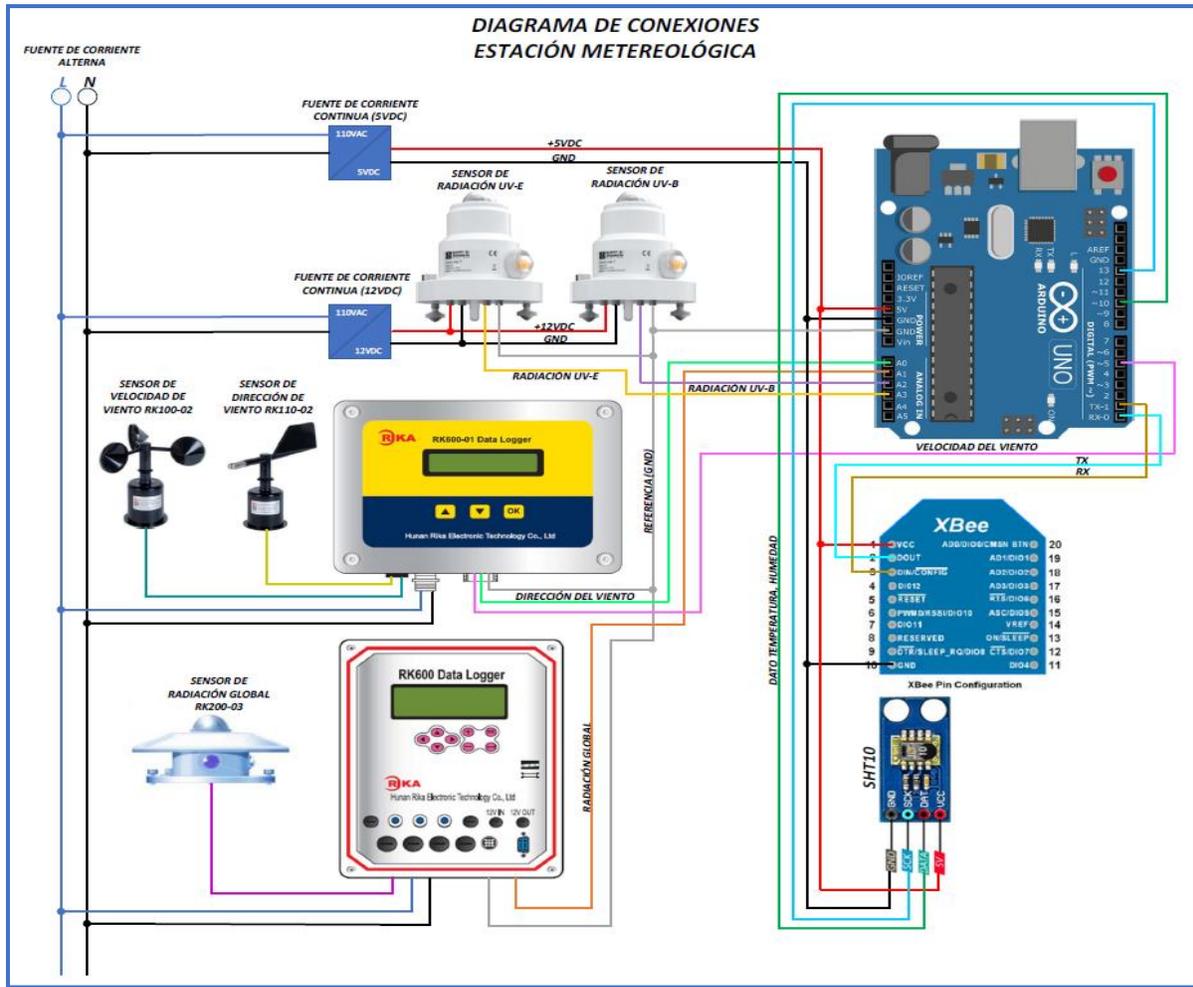


Figura 10. Diagrama eléctrico Estación Meteorológica

Fuente: Autor

2.2.1 Equipos utilizados en el diseño de la estación meteorológica

A continuación, se detallan los equipos utilizados para el diseño de la estación meteorológica.

- **Piranómetro RK200-03**

El piranómetro RK200-03, es un sensor de alta sensibilidad destinado a la medición de la radiación solar. Su funcionamiento está basado en un principio termoeléctrico. Los elementos de detección están hechos por termopilas de bobinado con multicontactos, su superficie tiene un revestimiento negro de alta absorción, como se observa en la Figura 11 (Catálogo Hunan Rika Electronic., 2021).



Figura 11. Piranómetro RK 200-03

Fuente: (Catálogo Hunan Rika Electronic., 2021)

En el **ANEXO.A** se presenta la hoja de datos técnicos del sensor RK 200-03.

- **Radiómetro UV**

Los radiómetros UV, operan en el rango de 500 nm del espectro electromagnético proporcionando mayor precisión, exactitud y seguridad en el registro de las medidas de radiación. Estos sensores cuentan con una certificación IP 67 que garantiza su impermeabilidad contra el ingreso de polvo, micropartículas, y agua, también son ideales para instalaciones a la intemperie o para cualquier entorno. Estos poseen trípodes ajustables y una mirilla de nivel logrando así, que el radiómetro esté en posición horizontal (Catálogo Kipp & Zonen, 2020).

En el proyecto se utilizó el radiómetro tipo UVE y también el radiómetro tipo UVB, debido a la necesidad de medir valores de radiación exactos, que permitan identificar qué tipo de radiación es la más nociva para la piel humana, como se observa en la Figura 12.



Figura 12. Radiómetro UV

Fuente:(Catálogo Kipp & Zonen, 2020)

En el **ANEXO.B.** se presenta la hoja de datos del sensor de rayos UVS.

- **Sensor de velocidad de viento**

El sensor RK100-02 utiliza un anemómetro sensible de tres tazas, este instrumento está diseñado para medir la velocidad del viento. Las copas del sensor están fabricadas en material de fibra de carbono de alta intensidad y bajo coeficiente de fricción durante el movimiento.

Las unidades de procesamiento de señales se encuentran en el interior del equipo y su salida es una señal cuadrada frente a su voltaje de operación (Catálogo Hunnan Rika Electronic, 2019). En la Figura 13, se observa el sensor de velocidad del viento.



Figura 13. Sensor de velocidad del viento RK100-002

Fuente: (Catálogo Hunnan Rika Electronic, 2019)

En el **ANEXO.C** se presenta la hoja de datos del sensor de velocidad de viento RK100-002.

- **Sensor de la dirección de viento RK110-02**

El sensor RK110-02, indica la dirección de viento. Este modelo es sensible a las variaciones de flujo de aire proporcionando una indicación visual, los chips con los que cuenta este instrumento son de alta precisión, están integrados dentro de la carcasa, la veleta es construida en metal ligero de baja inercia que permite mostrar la dirección de viento. Además el instrumento es de amplia gama, buena linealidad, fuerte impacto antirayo, revestido con fibra de carbono logrando así, un alto desempeño en las aplicaciones meteorológicas, como se observa en la Figura 14 (Catálogo Hunnan Rika Electronic, 2019).



Figura 14. Sensor de dirección del viento RK110-002

Fuente: (Catálogo Hunnan Rika Electronic, 2019)

En el **ANEXO.D** se presenta la hoja de datos del sensor de dirección de viento RK110-002.

- **Sensor de Humedad y Temperatura SHT10**

El sensor de temperatura y humedad de la serie SHTXX es un sensor de fácil implementación y adaptación a cualquier proyecto, pero para lograr un mejor desempeño dentro las diferentes aplicaciones, es necesario seleccionarlo de acuerdo con el tipo de comunicación, voltaje de operación, tipo de señal (análoga o digital), tipo de estructura, resistencia a la intemperie, entre otras características importantes. Este sensor posee una conexión a 4 hilos, como se observa en la Figura 15 (Sensirion Company, 2015).



Figura 15. Sensor de Humedad y Temperatura

Fuente: (Sensirion Company, 2015)

En el **ANEXO.E** se presenta la hoja de datos del sensor de humedad y temperatura STH10.

- **Arduino**

Arduino es una plataforma de código abierto o con software y hardware libre, este microcontrolador es de fácil acceso y sus aplicaciones van desde lo básico a lo más complejo, es ideal para los creadores y desarrolladores de diferentes aplicaciones en el ámbito de la robótica, domótica, biomédica e industrial (Arduino, 2021).

Para el desarrollo de este proyecto es necesario la selección de un microcontrolador que se ajuste de mejor forma a esta aplicación. A continuación, en la Tabla 8, se presenta una comparación entre las principales placas existentes en el mercado.

Tabla 8. Comparativa entre las principales placas Arduino.

								
	TIPO DE ARDUINOS							
CARACTERÍSTICAS	Arduino Pro Mini	Arduino Nano	Arduino Uno	Arduino Mega	Arduino Leonardo	Arduino Micro	Arduino Due	Netduino 2
Microcontrolador	AVR Atmega 168 o 328 8 bits	AVR Atmega 168 o 328 8 bits	AVR Atmega 328 8 bits	AVR Atmega 2560 8 bits	AVR Atmega 32u4 8 bits	AVR Atmega 32u4 8 bits	ARM SAM3X8E Cortex.M3 32 bits	ARM STMicro SAM3X8E Cortex.M3 32 bits
Frecuencia	16 Mhz	16 Mhz	17 Mhz	18 Mhz	19 Mhz	20 Mhz	84 Mhz	120 Mhz
Memoria RAM	2KiB	2KiB	2KiB	8KiB	2.5 KiB	1KiB	96KiB (64 + 32 2KiB)	60 KiB
Memoria EEPROM	1KiB	1KiB	1KiB	4KiB	1KiB	1KiB	0	0
Memoria Flash	16 o 32 KiB	16 o 32 KiB	32 KiB	128 ó 256KiB	32 KiB	32 KiB	512 KiB	192 KiB
Pines Digitales entradas y salidas	14/14	14/14	14/14	54/54	20/20	20/20	54/54	20/20
Tensión/ corriente pines digitales	3.3 v o 5v 40 mA	5v 40 mA	5 v 40 mA	5 v 40 mA	5 v 40 mA	5 v 40 mA	3.3 v 3~ 15 mA (130 mA entre todos)	3.3 v 5v~ 25 mA (125 mA entre todos)
Pines Analógicos entradas y salidas	6/0	8/0	6/0	16/0	12/0	12/0	12-feb	6/0
Tensión/resolución de pines analógicos	3.3 v o 5 v 10 bits (1024 valores)	5v 10 bites (1024 valores)	5v 10 bites (1024 valores)	5v 10 bites (1024 valores)	5v 10 bites (1024 valores)	5v 10 bites (1024 valores)	3.3 v 12 bites (4096 valores)	5v 12 bites (4096 valores)
Pines con interrupción	2	2	2	6	2	2	-	-
Pines PWM	6	6	6	15	7	7	12	6
Conexiones serial/ UART	1	1	1	4	1	1	4	4
Conexiones 12 C/ TWI	1	1	1	1	1	1	1	1
Conexiones ISP/ ICSP	1	1	1	1	1	1	1	1
Conexiones USB	No necesita adaptador externo	Si	Si, UsB-B	Si, UsB-B	Si, Nativa Micro UsB	Si, Nativa Micro UsB	Si, Nativa Micro UsB	Si, Nativa Micro UsB
Conexió USB de depuración.	No	No	No	No	No	No	Si, Micro UsB	Si, Micro UsB
Conexió de Bluetooth.	No	No	No	No	No	No	No	No
Conexión Wifi.	No	No	No	No	No	No	No	No
Conexión Ethernet.	No	No	No	No	No	No	No	No

Fuente: (Arduino y solo Arduino, 2021)

Para el desarrollo del trabajo de titulación se seleccionó **Arduino UNO**, por sus periféricos de entrada, puertos comunicación, número de señales analógicas requeridas y por su costo. En la Figura 16, se presenta la placa Arduino UNO.



Figura 16. Placa Arduino UNO

Fuente: (Arduino, 2021)

En el **ANEXO F**. Se presenta la hoja de datos técnicos de Arduino UNO.

- **Módulo Digi XBee-PRO RF**

XBee-Pro es un módulo de bajo costo que permite realizar conexiones inalámbricas entre dispositivos electrónicos de pequeñas y largas distancias en línea de vista directa. Trabaja con una frecuencia de 2.4GHz y crea redes de conexión de punto a punto y de punto a multipunto.

Estos módulos ofrecen mayor cobertura en la transmisión de datos, ya que abarcan distancias de hasta 3.5 km y tienen un alto desempeño, su configuración es simple e ideal para montaje en estaciones meteorológicas, control de equipos remotos y otras aplicaciones, adaptándose a cualquier necesidad, como se observa en la Figura 17 (DIGI Service & support, 2021).



Figura 17. XBee

Fuente: (DIGI Service & support, 2021)

En el **ANEXO.G** se presenta hoja de datos técnicos de módulo XBee.

- **Convertor USB -SERIAL 232**

El convertor USB (*Universal Serial BUS*), funciona como un puente entre un puerto USB y RS232, para conectarse directamente al ordenador en los puertos USB 2.0 o 3.0, mientras que el convertor serial RS232 incluye un conector hembra DB-9 ideal para la conexión con el Módulo Xbee que sirve para enviar y recibir datos del módulo en cuestión a la PC (ATEN-Internacional, 2021).

En la Figura 18, se muestra el conversor USB-RS232.



Figura 18. Conversor USB-RS232

Fuente: (ATEN-Internacional, 2021)

En el **ANEXO.H** se presenta hoja de datos técnicos del conversor USB-SERIAL 232.

2.3 METODOLOGÍA PARA LA MONITORIZACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

El desarrollo de este proyecto tiene como propósito medir, visualizar y graficar en dos pantallas las siguientes variables meteorológicas: temperatura, humedad, radiación UV, radiación UV-E, radiación UV-B, dirección y velocidad del viento. Para lo cual, previamente, se realizó un estudio sobre el uso de los diferentes equipos e instrumentos, llevándose a cabo una comparación entre las ventajas y desventajas de cada sensor, se estudió la manera de procesar la señal, los voltajes de operación, los rangos de medida, la sensibilidad de los instrumentos y la temperatura de operación de cada uno de ellos.

Adicionalmente, se creó una base de datos en Microsoft Excel para almacenar la información suministrada por cada sensor y se publicó la interfaz gráfica mediante un servidor web para su visualización en el campus universitario.

A continuación, en la Figura 19, se presenta el diagrama de flujo de la metodología usada en el desarrollo del dispositivo para medir y visualizar variables meteorológicas.



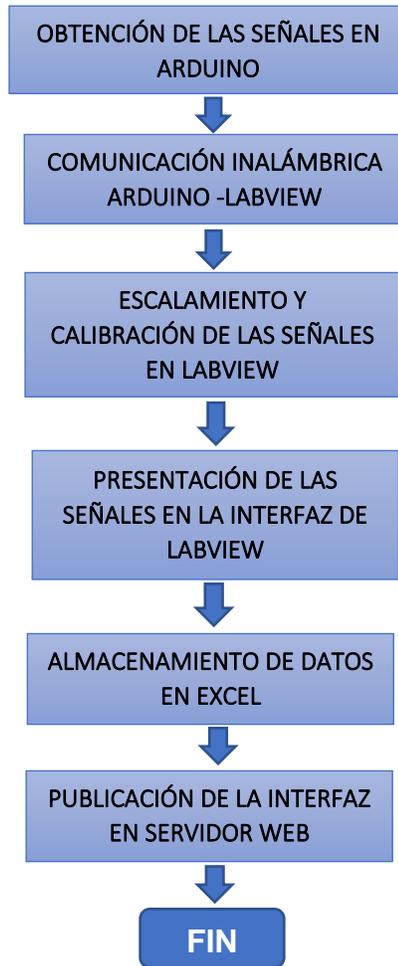
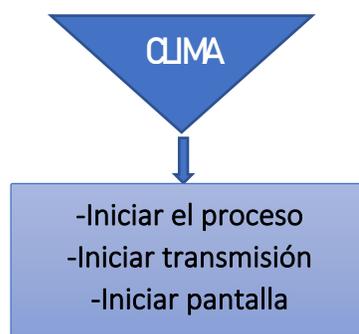


Figura 19. Metodología usada en el desarrollo del dispositivo.

Fuente: (Autor)

2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

En la Figura 20, se detalla el diagrama de flujo que explica el funcionamiento del dispositivo para medir y visualizar variables meteorológicas.



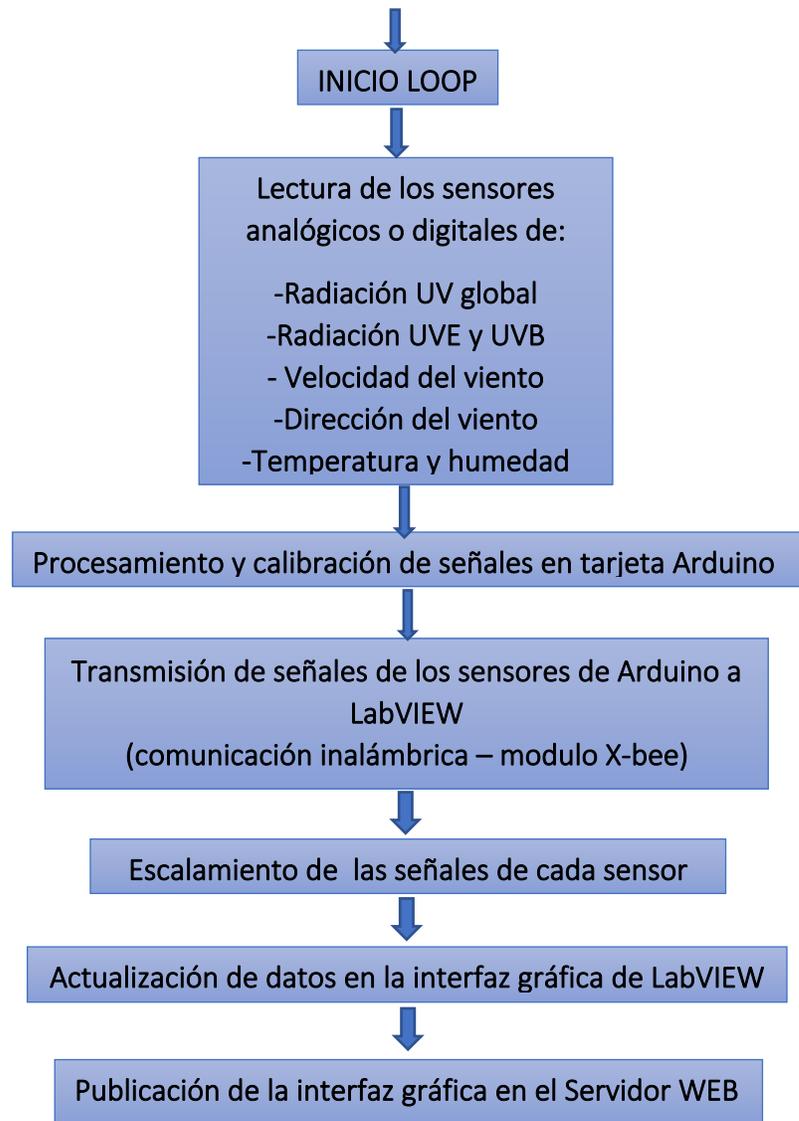


Figura 20. Funcionamiento del dispositivo para medir y visualizar variables meteorológicas

Fuente: (Autor)

2.5 INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN

Los softwares utilizados fueron seleccionados con base a las necesidades y requerimientos del proyecto. A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de estos.

2.5.1 Arduino IDE

Arduino IDE es una aplicación multiplataforma (Windows, MacOS, Linux) para el desarrollo de aplicaciones en lenguaje C y C++. Permite escribir, depurar, editar y grabar cualquier programa (llamado “sketches”) de una manera sumamente sencilla.

El código escrito por el usuario solo requiere dos funciones básicas **void setup** para configuración de periféricos, interrupciones, etc. y **void loop** para ejecutar cíclicamente el programa.

En el entorno de Arduino IDE se detalla cada instrucción y su forma de empleo, además de la posibilidad de agregar un gran número de librerías para cada sensor que el fabricante haya diseñado; en esta plataforma no se tiene que adaptar controladores u otros softwares (Arduino, 2021). En la Figura 21, se presenta el software Arduino IDE



Figura 21. Arduino IDE

Fuente:(Arduino, 2021)

2.5.2 LabVIEW

LabVIEW, es un software para aplicaciones de ingeniería que ofrece un diseño de programación gráfica, desarrollo de algoritmos para el manejo y configuración de diferentes tarjetas de cualquier proveedor. El software también permite el diseño e implementación de HMI's (NI Engineer-Ambitiously, 2021).

Es ideal para aplicaciones de ingeniería con diferentes tipos de propósitos, alcanzando un máximo desempeño en los proyectos de cualquier índole, permitiendo adaptar cualquier aplicación para gestionar y procesar datos de sensores y establecer

controles remotos mediante WEB SERVER. Se seleccionó LabVIEW como el software para gestionar y procesar los datos de cada sensor. En la Figura 22. Se presenta el software LabVIEW.



Figura 22. LabVIEW

Fuente: (NI Engineer-Ambitiously, 2021)

2.6 PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DEL ENTORNO GRÁFICO

Para desarrollar la programación de la placa Arduino UNO, se debe identificar previamente qué tipo de señal (Analógica o Digital) es la que envía cada uno de los sensores a la placa Arduino.

En la Tabla 9, se detallan las características más importantes de sensores y el tipo de señal que recibe.

Tabla 9. Tipos de señales de los sensores que miden variables meteorológicas

Sensor	Tipo de señal	Tamaño en bits	Salida
Anemómetro	Digital	0 a 4,294,967,295	1L
Dirección del viento	Analógica	0-1023	0-5VDC
Radiación global	Analógica	0-1023	0-5VDC
Radiación tipo E	Analógica	0-1023	0-2.5 VDC
Radiación tipo B	Analógica	0-1023	0-2.5 VDC
Sensor de temperatura	Digital	0-32 bits (4 bytes)	1L

Sensor humedad	Digital	0-32 bits (4 bytes)	1L
----------------	---------	---------------------	----

Fuente:(Autor, 2021)

2.6.1 Programación de Arduino IDE

La programación de la tarjeta Arduino UNO, se encuentra dividida en cinco partes fundamentales que son: definición de librerías, declaración de variables, configuración del Void Setup, lectura de sensores y envío de datos por el puerto serial. A continuación, se detallan cada una de estas.

2.6.1.1 Uso de librerías y definición de pines de conexión

Las librerías en Arduino son programas realizados por terceros, que ayudan a añadir nuevas funcionalidades a los programas. Para definir una librería se utiliza el comando **#include** seguido por el nombre de la librería. En la Tabla 10, se presenta las librerías utilizadas en la programación de Arduino.

Tabla 10. Librerías y su funcionalidad

Librerías	Descripción de la funcionalidad
<avr.wdt.h>:	Para control de reset de la tarjeta
<sht1x.h>:	Para el uso y configuración interna del sensor de la serie sht1x que está relacionado con los sensores de humedad y temperatura.
<FreqCount.h>:	Para la medición de pulsos, ya sea de sensores de efecto hall, sensores tipo encoder, etc.

Fuente:(Arduino, 2021)

Para definir el nombre a un pin; sea este analógico o digital, se utiliza la función **#define** seguido del nombre que se le desee asignar y el pin al cual se quiera asociar.

Al final de cada línea de código es recomendable usar un comentario o leyenda que indique la función que realiza.

En la Figura 23, se detalla la declaración de las principales librerías y la configuración de los pines de conexión.

```

#include <Arduino.h>
#include <SHT1x.h> // LIBRERÍA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
#include <SoftwareSerial.h> // LIBRERÍA PUERTO SERIAL
#include <FreqCount.h> //LIBRERIA DEL SENSOR ANEMÓMETRO
#define pin_sensor A0 //PIN SENSOR ANALOGO DIRECCION DEL VIENTO
#define pin_sensor2 A1 //PIN SENSOR DE RADIACION GLOBAL
#define pin_sensor3 A2 //PIN SENSOR UV 1
#define pin_sensor4 A3 //PIN SENSOR UV 2
// PINES DE CONEXIÓN SENSOR HUMEDAD Y TEMPERATURA
#define dataPin 10 // 'PIN CABLE AMARILLO
#define clockPin 13 // PIN cable azul ; cable CAFE- ROJO=VCC 5+; cable negro -verde =GND
SHT1x sht1x(dataPin, clockPin); // VARIABLE DONDE SE ALMACENA LOS DATOS

```

Figura 23. Declaración de librerías y definición de los pines de conexión.

Fuente: (Autor)

a) Declaración de variables

La declaración de variables en Arduino se realiza con base al tipo de señal que se conecta a sus pines. Existen algunos tipos de variables entre las más importantes se puede citar: variables tipo Int o entero, variables tipo Float o con punto decimal, variables tipo String o de palabras y las variables tipo Booleanas o de uno (1L) o Cero (0L).

Por otro parte, el microcontrolador Arduino UNO contiene internamente 14 entradas, 10 salidas digitales y 6 conversores analógico/digital ADC, cuya resolución es de 10 bits, devolviendo números enteros entre 0 y 1023. En la Figura 24, se presenta la declaración de variables realizada en la tarjeta Arduino UNO.

```

int adc; //Variable para obtener los valores en el 1 paso
int voltaje; //Variable para obtener el voltaje en el 2 paso
int adc1; //Variable para obtener los valores en el 3 paso
int voltaje2; //Variable para obtener el voltaje en el 4 paso
int adc3; //Variable para obtener los valores en el 5 paso
int voltaje3; //Variable para obtener el voltaje en el 6 paso
int adc4; //Variable para obtener los valores en el 7 paso
int voltaje4; //Variable para obtener el voltaje en el 8 paso

```

Figura 24. Declaración de Variables

Fuente: (Autor)

b) Configuración de Void Setup

La función Void Setup es la primera función para ejecutar en el programa y se utiliza para configurar, inicializar variables, comenzar a usar librerías, etc.

En la Tabla 11 se describe las configuraciones que se realizaron en la función Void Setup.

Tabla 11. Configuraciones Void Setup

FUNCIÓN	CONFIGURACIÓN
VOID SETUP	PinMode(): Permite la configuración de pines del Arduino como entradas analógicas.
	Serial. Begin (): Ajusta la velocidad de comunicación entre los dispositivos.
	FreqCount.begin (): Utilizado para contar pulsos del anemómetro

Fuente:(Arduino, 2021)

En la Figura 25, se observa la configuración de la función Void Setup.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); //VELOCIDAD DEL PUERTO DE COMUNICACIÓN
  FreqCount.begin(1000); // ASIGANA 1000ms PARA OBTENER LA FRECUENCIA DEL PULSOS DEL ANEMOMETRO

  pinMode(A0, INPUT); // PUERTO ANALOGO DEL SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO
  pinMode(A1, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO SENSOR DE UV - GLOBAL
  pinMode(A2, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO DEL SENSOR DE RADIACIÓN UV1 KIPZONEN
  pinMode(A3, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO DEL SENSOR DE RADIACIÓN UV2 KIPZONNEN
}
void loop() // LAZO CERRADO DEL PROGRAMA
{
  // EL PROGRAMA SE EJECUTA DE MANERA CÍCLICA TODO EL TIEMPO SIN INTERRUPCIÓN
  // COMO EN LA LECTURA DE DATOS EL PROGRAMA ENVIA UNA CADENA DE DATOS DE X DIGITOS
  // EL PROGRAMA EN LABVIEW NO VA A SABER QUE DIGITO LE PERTENECE A - X SENSOR
  // POR ELLO SE ASIGNA UN VALOR DE 1000 A CADA LECTURA DE LOS SENSORES DE TAL FORMA
  // QUE ASEGURE SIEMPRE TENER 4 DIGITOS EN TODOS LOS SENSORES DE ESTA MANERA LABVIEW
  // RECONOCE EL NUMERO DE DIGITOS Y ASIGNA SU VALOR DE LECTURA A CADA SENSOR ASÍ
  // SE ASEGURA LA LECTURA Y NO PIERDE LECTURA EN LA CANTIDAD DE DATOS
}
```

Figura 25. Configuración de la función Void Setup

Fuente: (Autor)

c) Lectura de sensores

El proceso de lectura de los sensores involucra el almacenamiento y la presentación de sus datos, lo que implica que realicen las siguientes acciones:

- **Adquisición de datos del anemómetro:** Mediante el uso de la librería Freqcount que sirve para realizar el cálculo de la frecuencia y la variable por defecto count es para su almacenamiento.
- **Acondicionamiento de las señales analógicas de voltaje:** Esto se realiza de acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante.

Resulta importante mencionar que, esta sección del código se encarga únicamente de realizar las lecturas de todos los sensores para luego ser procesadas individualmente, tal como se presenta en la Figura 26.

```

unsigned long count = 1000 + FreqCount.read(); // CREACION DE LA VARIABLE COUNT PARA ALMACENAR EN ELLA
//EL CONTEO DE LA FRECUENCIA DE PULSOS DEL ANEMOMETRO
adc = analogRead(pin_sensor); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN0), DIRECCIÓN DEL VIENTO
voltaje = (1000 + adc); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN0), SE SUMA 1000 PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW
adc1 = analogRead(pin_sensor2); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN1), RADIACIÓN GLOBAL
voltaje2 = ((1000 + adc1) ); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN1), SE SUMA 1000 PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

adc3 = analogRead(pin_sensor3); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN2),RADIACIÓN UV-B
voltaje3 = (1000 + adc3); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN2), SE SUMA 1000 PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW
adc4 = analogRead(pin_sensor4); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN3), RADIACIÓN UV-E
voltaje4 = ((1000 + adc4)); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN3), SE SUMA 1000 PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW
float temp_c;
float humidity;
//LECTURA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
temp_c = sht1x.readTemperatureC();
humidity = sht1x.readHumidity();

```

Figura 26. Lectura de Datos de los Sensores

Fuente: (Autor)

d) Envío de datos por el puerto Serial

Una vez que se han adquirido y acondicionado las señales de los sensores en el programa, se añade un algoritmo de comunicación serial para transmitir estas señales hacia un módulo Xbee, el mismo que envía dicha información de manera inalámbrica hacia un segundo modulo XBee. Este segundo módulo es el encargado de enviar los datos recibidos a la interfaz de monitoreo hecha en LabVIEW.

El algoritmo de comunicación serial está conformado por dos comandos:

- Serial.print (nombre de la variable): El cual envía el valor de la variable elegida por el puerto serie.
- Serial.print("t"): Genera un salto de línea.

Por otro lado, es importante señalar, que el puerto de comunicación serial transmite la señal a una velocidad de 9600 bps, para garantizar mayor fidelidad en la transmisión

de la información. En la Figura 27, se puede observar el algoritmo de comunicación serial para envío de datos de los sensores en Arduino.

```
//ENVIO DE DATOS POR EL PUERTO SERIE
//Paso1, Envio de la velocidad del viento
Serial.print(count);
Serial.print("\t");
//Paso 2, Envio de dirección del Viento
Serial.print(voltaje);//
Serial.print("\t");
//Paso 3, Envio de la radiación UV
Serial.print(voltaje2);
Serial.print("\t");
//Paso 4, Envio de la radiación UV-B y UV-E
Serial.print(voltaje3);|
Serial.print("\t");
Serial.print(voltaje4);
Serial.print("\t");

//Envio de los datos de temperatura y humedad
Serial.print(temp_c * 1000);
// Se multiplica por 1000 para obtener un número más preciso con todos sus decimales
Serial.print("\t");
Serial.print(humidity * 1000);
// Se multiplica por 1000 para obtener un número más preciso con todos sus decimales
Serial.print("\t");
Serial.println( );
delay(5);
```

Figura 27. Envío de datos a través del puerto serial

Fuente: (Autor)

Una vez finalizada la lógica de programación que se realizó en Arduino UNO, se presenta en la Figura 28, el diagrama de flujo que sintetiza la programación de la placa de ARDUINO UNO.



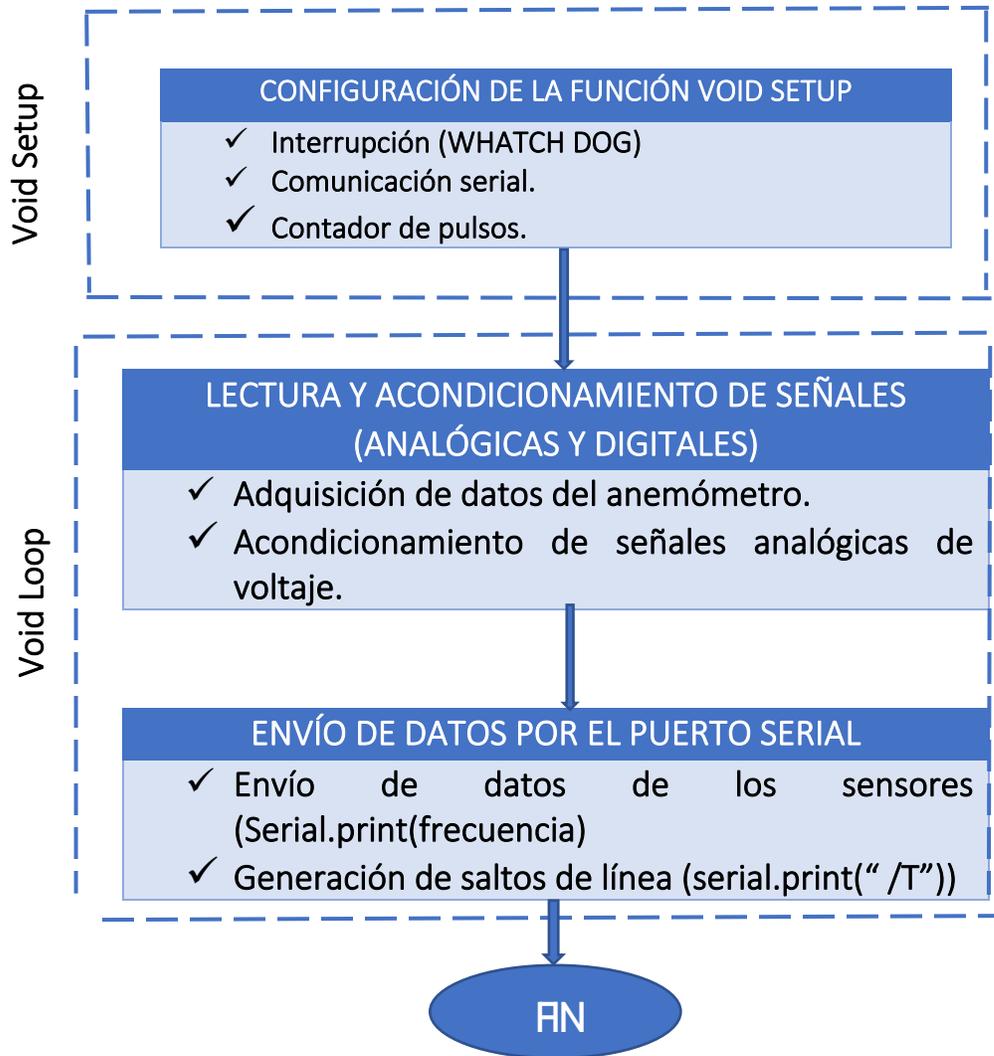


Figura 28. Programación de tarjeta ARDUINO UNO

Fuente: (Autor)

2.6.1.2 Diagrama de conexión de Sensores, Arduino y XBee

Un aspecto importante que se debe considerar es el diagrama de conexión de los sensores a la tarjeta Arduino y al módulo Xbee, ya que brinda información de cómo se encuentra conectado el hardware del dispositivo. En la Figura 29 se presenta el diagrama de conexión de los sensores, Arduino y Xbee.

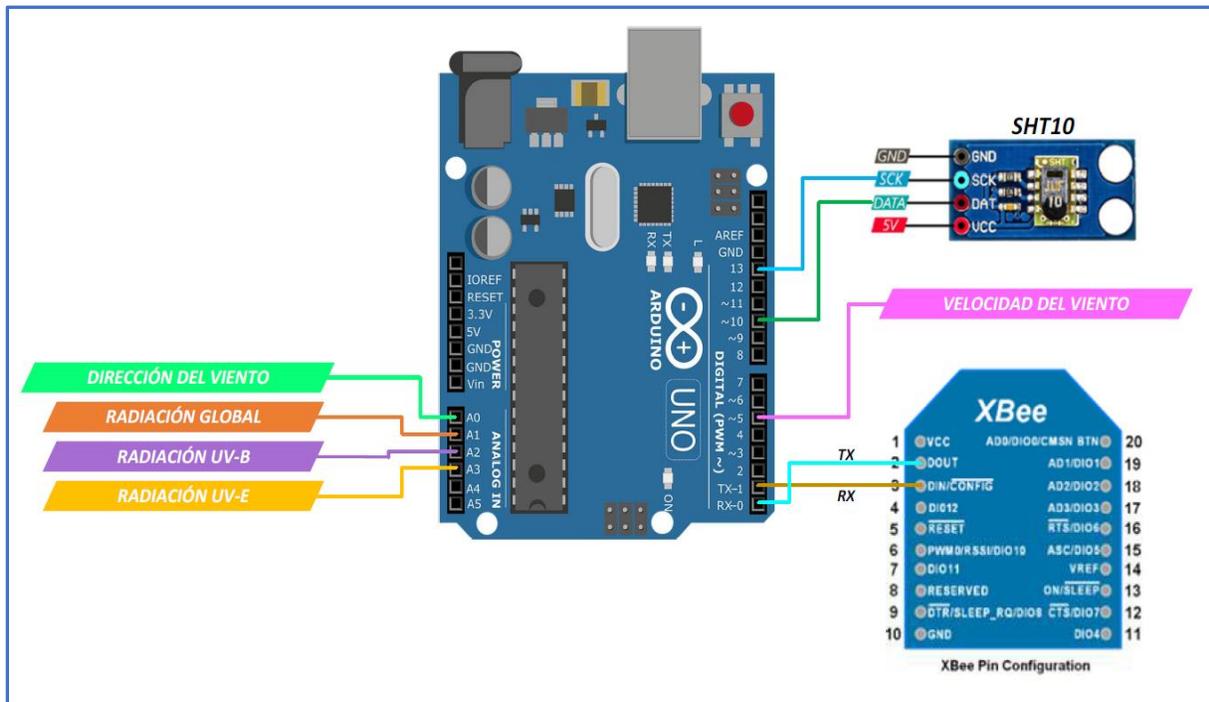


Figura 29. Diagrama de conexiones, sensores, Arduino y Xbee

Fuente: (Autor)

2.6.2 Programación en LabVIEW

Para realizar la programación en el software industrial LabVIEW se identifica las ventanas de trabajo que este dispone. En primer lugar, se tiene la ventana de diagrama de bloques, la cual incluye terminales, subVIs, funciones, constantes, estructuras y cables, quienes transfieren datos junto con otros objetos y, en segundo lugar, la ventana Panel Frontal, la cual es la interfaz de usuario y es donde se monitorea y controla al proyecto (NI Engineer-Ambitiously, 2021).

En la Figura 30, se presenta las ventanas de trabajo que tiene LabVIEW.

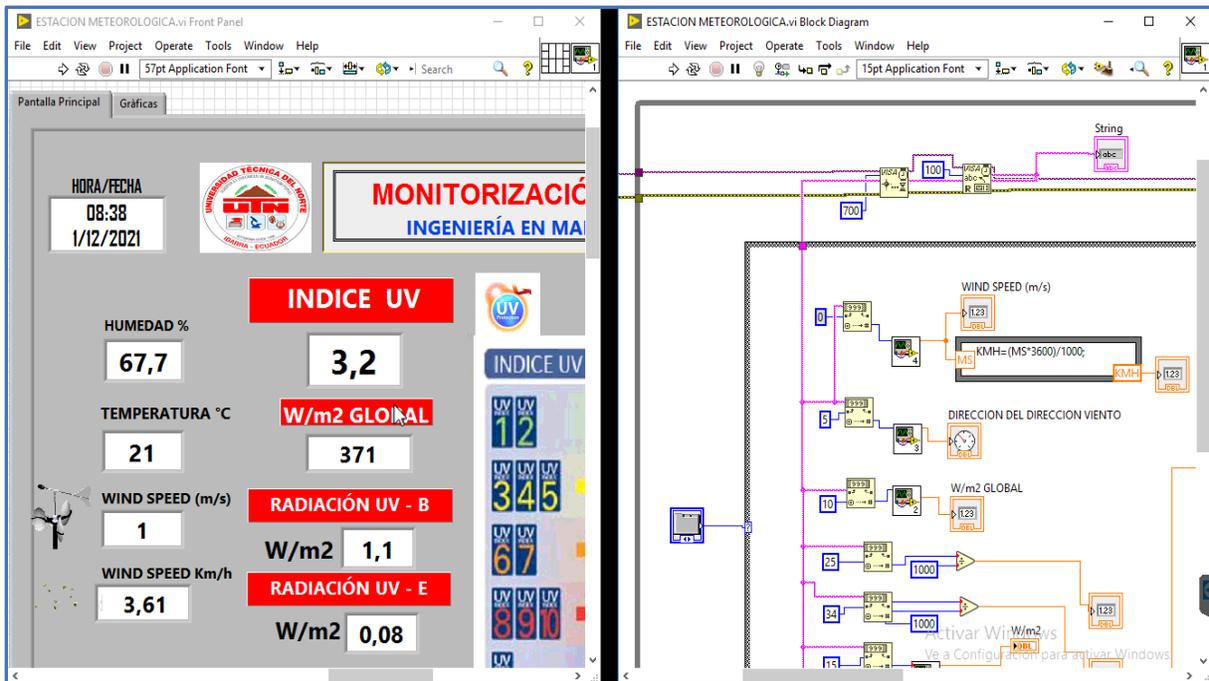


Figura 30. Ventanas de Trabajo LabVIEW

Fuente: (Autor)

La programación realizada en el software LabVIEW se encuentra dividida en ocho partes fundamentales que son: configuración del puerto de comunicación serial, lectura de datos de los sensores anemómetro, dirección del viento, radiación global, radiómetros UV-E y UV-B, temperatura y humedad, almacenamiento de datos en Microsoft Excel y configuración del servidor web. A continuación, se detallan cada una de estas.

a) Configuración del puerto de comunicación Serial

La configuración del puerto serie en LabVIEW involucra el ajuste de varios parámetros entre las cuales se citan:

- Velocidad de transmisión y Recepción (9600 bps es la velocidad por default)
- Selección del puerto COM de comunicación.
- Paridad (Par, Impar, Ninguna)
- Número de bits del buffer (8 bits valor default)
- Número de bits de parada (1 bit por default)

Existen varios métodos para establecer este tipo de comunicaciones seriales en el software, pero a la hora de procesar gran cantidad de datos es crucial el uso de una

programación más avanzada, para ello se hace uso del bloque VISA ADVANCED. En la Figura 31, se presenta la configuración del puerto de comunicación serial.

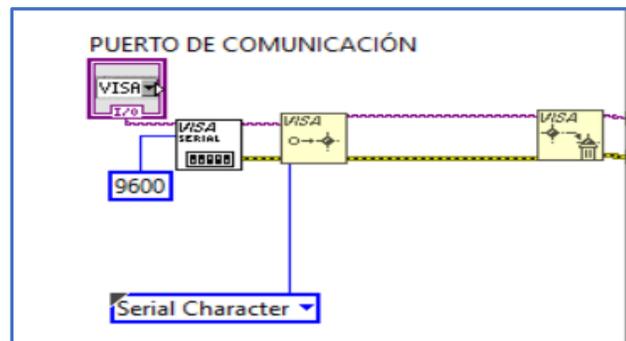


Figura 341. Configuración del puerto de comunicación serial

Fuente: (Autor)

LabVIEW dentro de su estructura presenta una serie de bloques que realizan una comunicación serial efectiva, como son: **Visa Read, Visa Write, Visa Close, Bytes and Port**, entre otros. Este tipo de bloques permiten un mejor control en cuanto al flujo de datos y a la sincronización de la aplicación. En la Figura 32, se presenta la configuración de Visa Advanced.

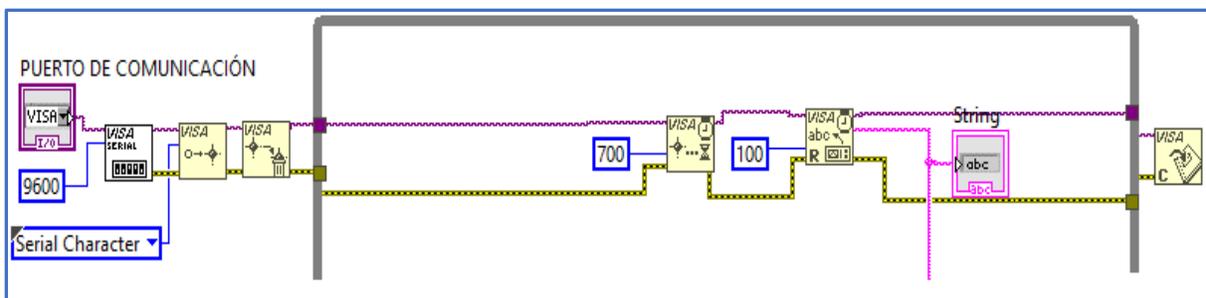


Figura 32. Configuración Visa Advanced

Fuente: (Autor)

Una vez establecida la comunicación serial, los valores de los distintos sensores procedentes del módulo XBee son almacenados en el buffer que dispone el bloque de comunicación Visa Read.

b) Lectura de datos Anemómetro

Los datos de los distintos sensores vienen ordenados en forma string o cadena de caracteres. Para acceder a la información del sensor anemómetro se utiliza un conversor string to number, al cual se le conecta un bloque de constante donde se asigna el valor de cero (0) por ser el índice que apunta al dato del sensor anemómetro. Una vez obtenido el dato del sensor se realiza los cálculos para encontrar la velocidad del viento en km/h. Tal como se presenta en la Figura 33.

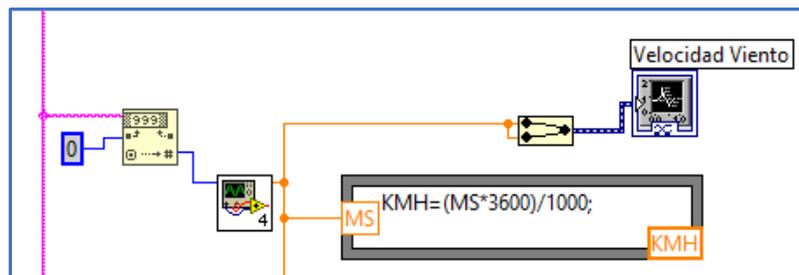


Figura 33. Lectura de Datos

Fuente: (Autor)

El fabricante Hunan Rika Electronic, indica que el modelo RK 100-02 tiene una salida en pulsos y para calcular la velocidad se emplea la siguiente la Ec.1 (Catálogo Hunan Rika Electronic., 2019)

$$V = 0.3 + 0.0877 * Frecuencia \quad (1)$$

Donde:

V= Velocidad en m/s;

F= Frecuencia en Hz (Número de pulsos por segundo).

c) Lectura de datos dirección del viento

El procesamiento de la información del sensor de dirección del viento es muy similar a la del sensor anemómetro realizada anteriormente, la diferencia radica en que se coloca un valor de (5), al bloque de constante que se crea, el cual corresponde al índice donde se encuentra el valor actual del sensor. En la Figura 34, se presenta el procedimiento para la lectura del dato de dirección del viento.

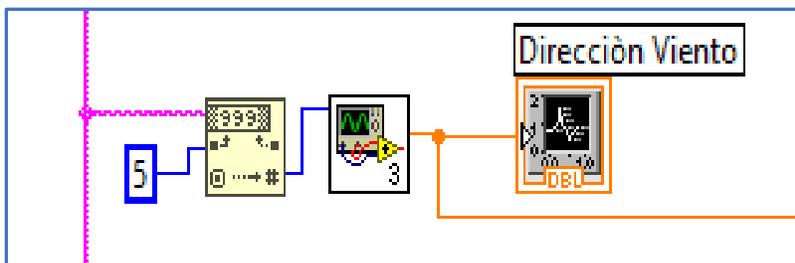


Figura 354. Lectura del dato de dirección del viento

Fuente: (Autor)

Para conocer el ángulo o dirección del viento se necesita calcular previamente la pendiente del sensor y acondicionar adecuadamente la señal analógica recibida por la interfaz de LabVIEW desde el pin (AN0) del Arduino, tal como se observa en la Figura 35.

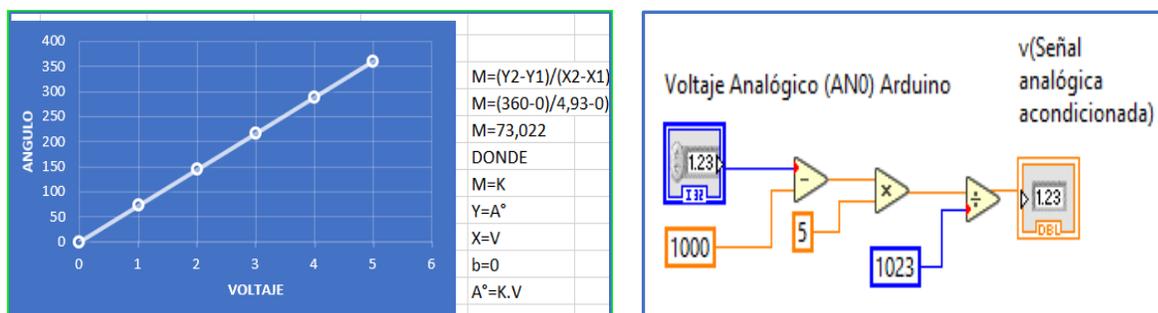


Figura 35. Cálculo de la pendiente del sensor de dirección del viento y acondicionamiento de la señal analógica AN0 enviada desde Arduino

Fuente: (Autor)

Una vez, obtenida la pendiente y acondicionada la señal analógica (AN0) enviada desde el Arduino se calcula la dirección del viento mediante la Ec.2 (Catálogo Hunan Rika Electronic., 2019).

$$d = 73.022 * v \tag{2}$$

Donde:

d= dirección del viento;

v= Señal analógica (AN0) acondicionada.

d) Lectura de datos radiación global

El procesamiento de la información del sensor de radiación global es muy similar a la del sensor de dirección del viento realizada anteriormente, la diferencia radica en que se coloca un valor de (10), al bloque de constante que se crea, el cual corresponde al índice donde se encuentra el valor actual del sensor. En la Figura 36, se observa el diagrama de bloques para la obtención de datos del sensor de radiación global.

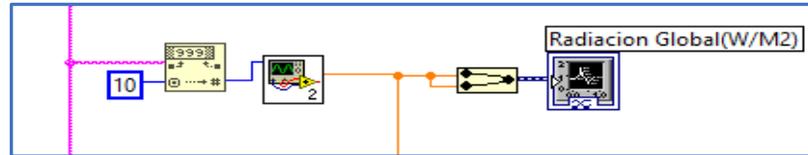


Figura 36. Diagrama de Bloques de la Radiación Global

Fuente: (Autor)

Para conocer el valor de la radiación global en (w/m^2) se calcula previamente la pendiente del sensor y se acondiciona adecuadamente la señal analógica recibida por la interfaz de LabVIEW desde el pin (AN1) del Arduino, tal como se observa en la Figura 37.

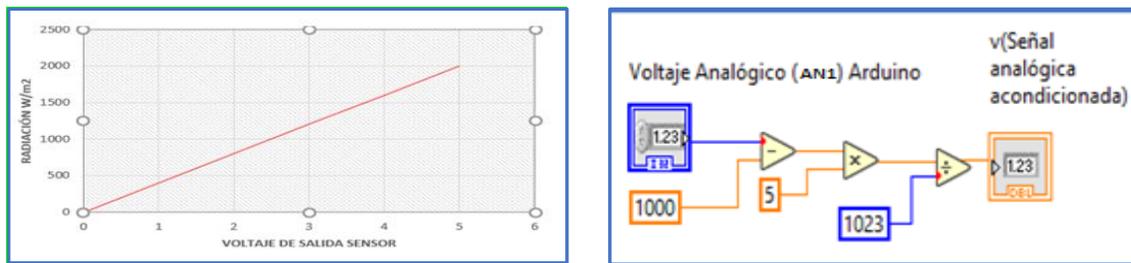


Figura 37. Cálculo de la pendiente del sensor de radiación global y acondicionamiento de la señal analógica AN1 enviada desde Arduino

Fuente: (Autor)

Una vez, obtenida la pendiente y acondicionada la señal analógica (AN1) enviada desde el Arduino se calcula la radiación global en (w/m^2) mediante la Ec.3 (Catálogo Hunan Rika Electronic., 2021)

Donde:

$$R \left[\frac{W}{m^2} \right] = \frac{V}{5} * 4000 \tag{3}$$

v= Señal analógica (AN1) acondicionada.

R= Radiación Global (w/m^2).

e) Lectura de datos de radiación UV-B, UV-E y UV

Los radiómetros UV-B y UV-E operan con los mismos conceptos de los sensores anteriores, la diferencia radica en que se asignan un valor de (15) y (20), a los bloques de constante que se crean, los cuales corresponden al índice donde se encuentra los valores de cada sensor. En la Figura 38, se observa el diagrama de bloques para la obtención de los datos de la radiación UV-B y UV-E.

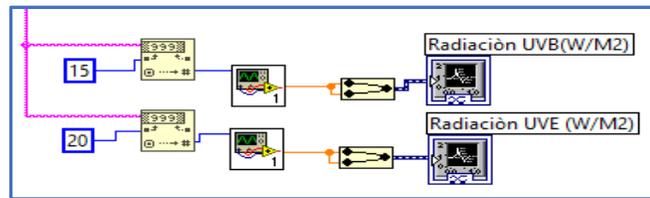


Figura 38. Diagrama de Bloques de la Radiación Ultravioleta

Fuente: (Autor)

Para calcular la radiación UV-B y UV-E en (w/m^2) se toma el valor de la pendiente de cada uno de estos radiómetros, ($2 W/m^2/V$) y ($0.2 W/m^2/V$), respectivamente (Catálogo Kipp & Zonen, 2020) y se acondiciona adecuadamente las señales analógicas recibidas por la interfaz de LabVIEW desde los pines (AN2) y (AN3) del Arduino, tal como se observa en la Figura 39.

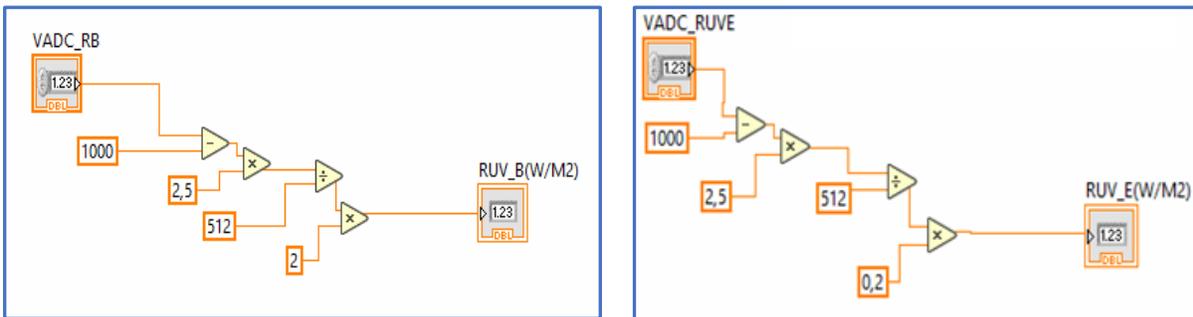


Figura 39. Pendientes de los sensores de radiación UV-B y UV-E y acondicionamiento de las señales analógicas AN2 y AN3 enviadas desde Arduino.

Fuente: (Autor)

Con base a la Figura 39 se obtienen las Ec 4 y Ec5.

$$UV(B) = (2 w/m^2) * v1 \tag{4}$$

$$UV(E) = (0.2 w/m^2) * v2 \tag{5}$$

Donde:

v1= Señal analógica (AN2) acondicionada.

v2=Señal analógica (AN3) acondicionada.

UV-B= Radiación Tipo B(w/m^2).

UV-E= Radiación Tipo E (w/m^2).

Para el cálculo del índice de radiación UV se utiliza la Ec6.

$$UV = (UVE) * 40 \tag{6}$$

Donde:

UV= Índice de Radiación UV

UV-E= Radiación Tipo E (w/m^2).

Adicionalmente, se desarrolló una lógica que representa con leds, el riesgo al que están sometidos las personas dependiendo del valor del índice UV y que se observa en la Figura 40.

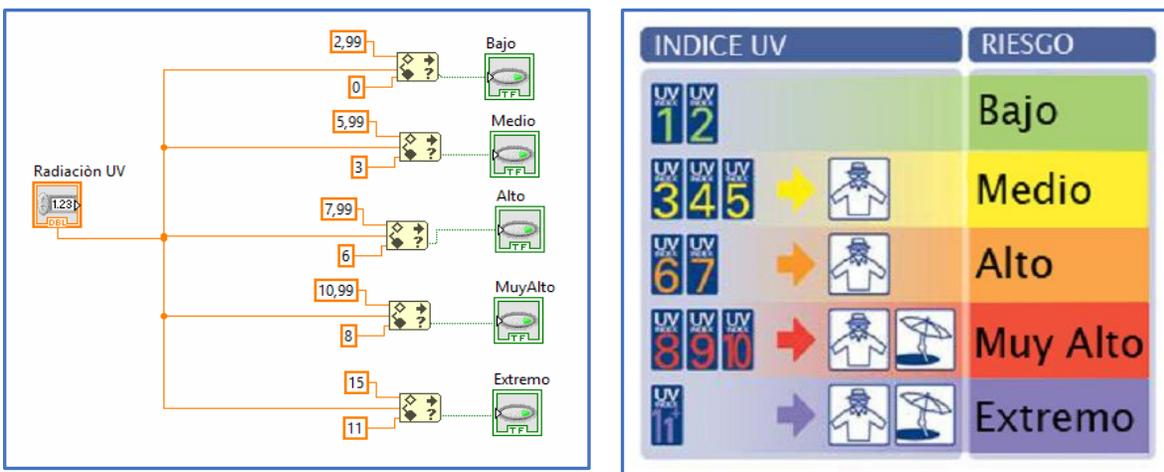


Figura 40. Riesgo al que se someten las personas dependiendo del índice UV

Fuente: (Autor)

f) Lectura del Sensor de temperatura y humedad

El procesamiento de la señal del sensor SHT10 industrial, no es complejo, ya que ARDUINO proporciona la librería “<sht1x.h>”, donde el usuario únicamente debe configurar la señal que este envía para ser reconocida por el microcontrolador y adaptarla al programa de la estación meteorológica en LabVIEW.

Para la lectura de los datos de temperatura y humedad se toma en cuenta los índices (25) y (34), donde se encuentran los valores actuales de estos sensores, tal como se presenta en Figura 41.

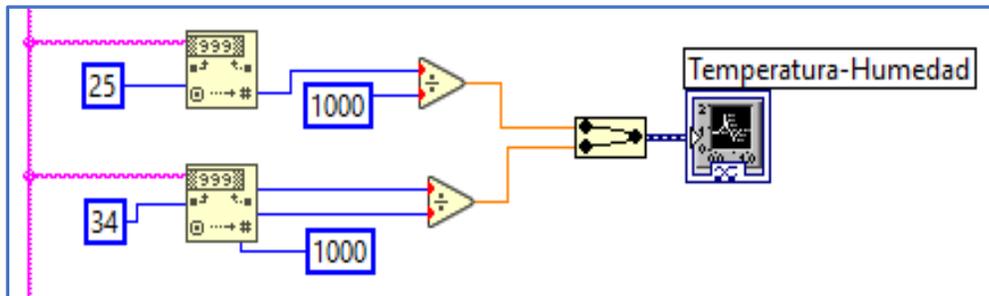


Figura 41. Adquisición de Señal del Sensor de Humedad y Temperatura

Fuente: (Autor)

g) Almacenamiento de los datos de los sensores en Microsoft Excel

El almacenamiento de los datos de cada uno de los sensores se realiza cada hora y en tiempo real. Para ello, es necesario hacer uso de las siguientes funciones:

- **Get Date/Time:** Obtiene el valor tiempo actual en formato fecha, día, hora, minutos y segundos.
- **Seconds To Date/Time Function:** Divide los valores de tiempo en memorias individuales.
- **Unbundle Function:** Almacena cada una de estas memorias individuales.

Una vez obtenido el valor del tiempo en variables individuales, es necesario activar el registro de los datos y configurar la escritura de las señales de los sensores en un archivo

de Microsoft Excel, mediante la función Write to Measurement File. Para esto, se desarrolló un algoritmo, el cual se presenta en la Figura 42.

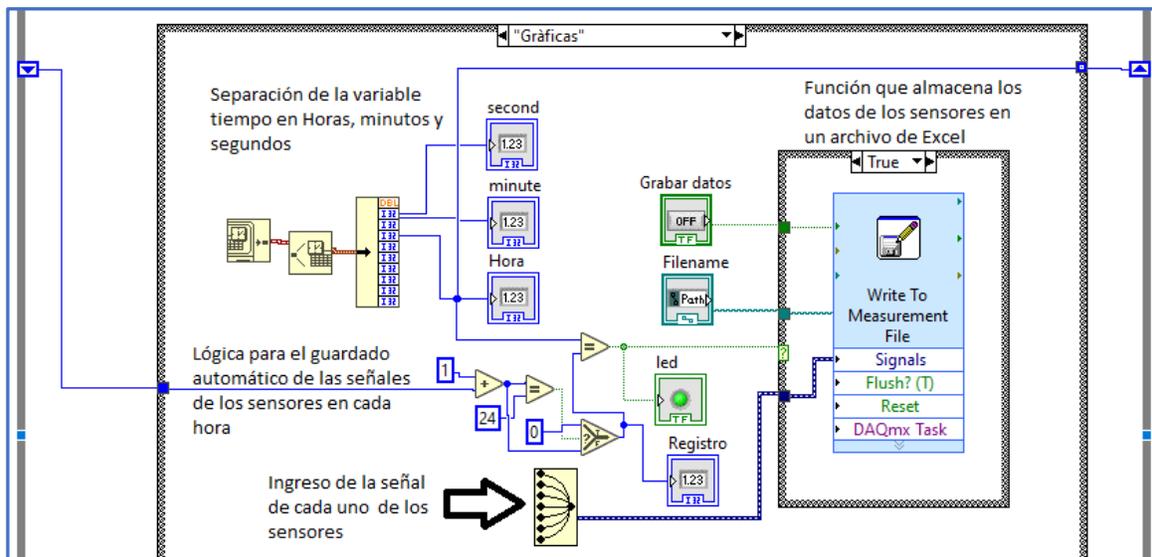


Figura 42. Almacenamiento de los datos de los sensores en un archivo de Microsoft Excel

Fuente: (Autor)

h) Servidor Web

Según (NI Engineer-Ambitiously, 2021) para hacer uso del servidor web es necesario realizar los siguientes pasos:

- **Configuración Servidor Web**

Dar clic en tools, luego seleccionar WEB SERVER en el menú principal **options** e ingresar. Por defecto aparece configurado el puerto 8000, se habilita la pestaña **Enable remote panel server** y automáticamente el puerto queda configurado. Finalmente dar clic en ok y salir, en la Figura 43, se presenta la forma de configuración del Servidor Web.

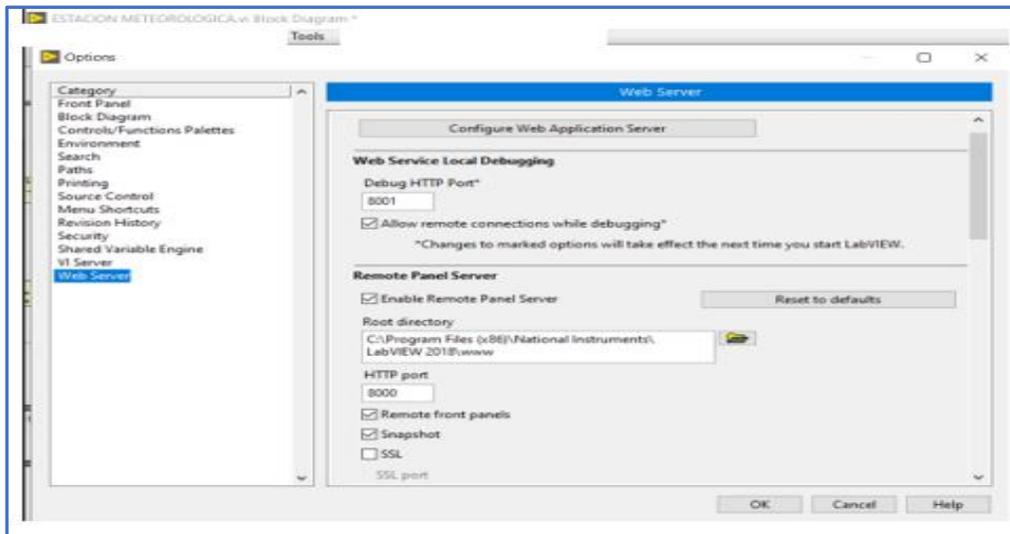


Figura 43. Configuración Web Server

Fuente: (Autor)

- **Publicación del Servidor Web**

Para realizar la publicación de la página web server en el navegador; se ingresa a la pestaña **tools** y se selecciona la opción **Web Publishing Tool**, luego de dar clic se desplegará una nueva ventana con el nombre del **VI name**, se selecciona la aplicación y luego se da clic en monitor, esta opción por defecto se encuentra en 1 segundo y se recomienda no modificar, ya que esta opción permite que la página se actualice cada segundo, dar clic en Next y en Conect. En la Figura 44, se visualiza los pasos para publicar el servidor web en el navegador.

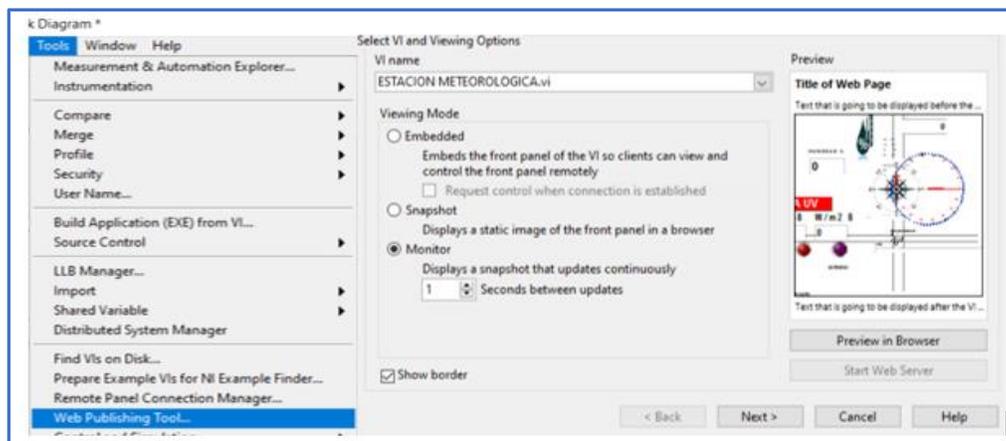


Figura 44. Publicación del servidor web en el navegador.

Fuente: (Autor)

Una vez finalizada la lógica de programación que se realizó en LABVIEW. Se presenta el panel frontal en la Figura 45 a y la Figura 45 b. Además, en la Figura 46 a y la Figura 46 b, se presenta el diagrama de bloques que utiliza el dispositivo para monitorear las variables meteorológicas.



Figura 45 a. Panel Frontal Principal

Fuente: (Autor)

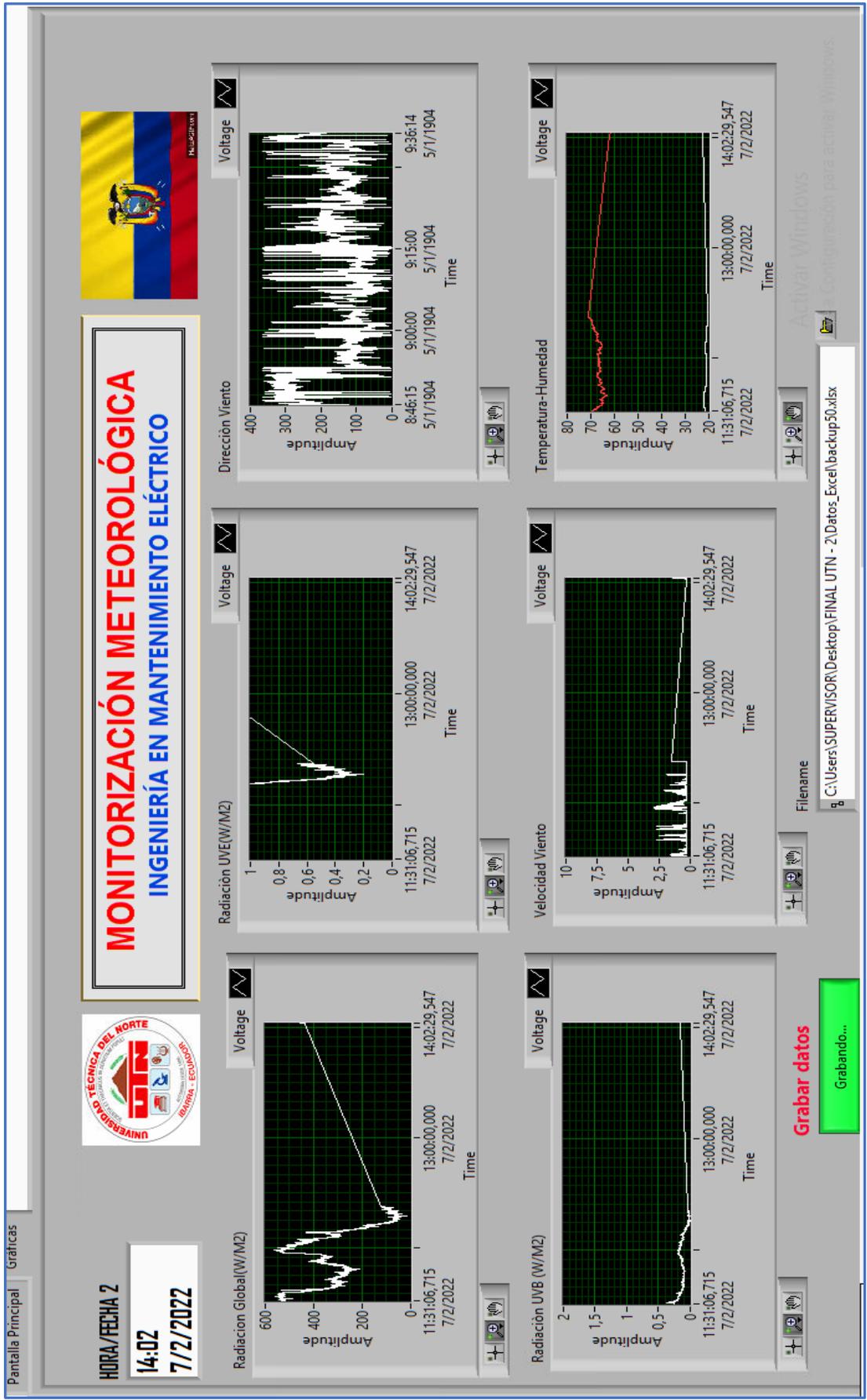


Figura 45 b. Panel Frontal Secundario

Fuente: (Autor)

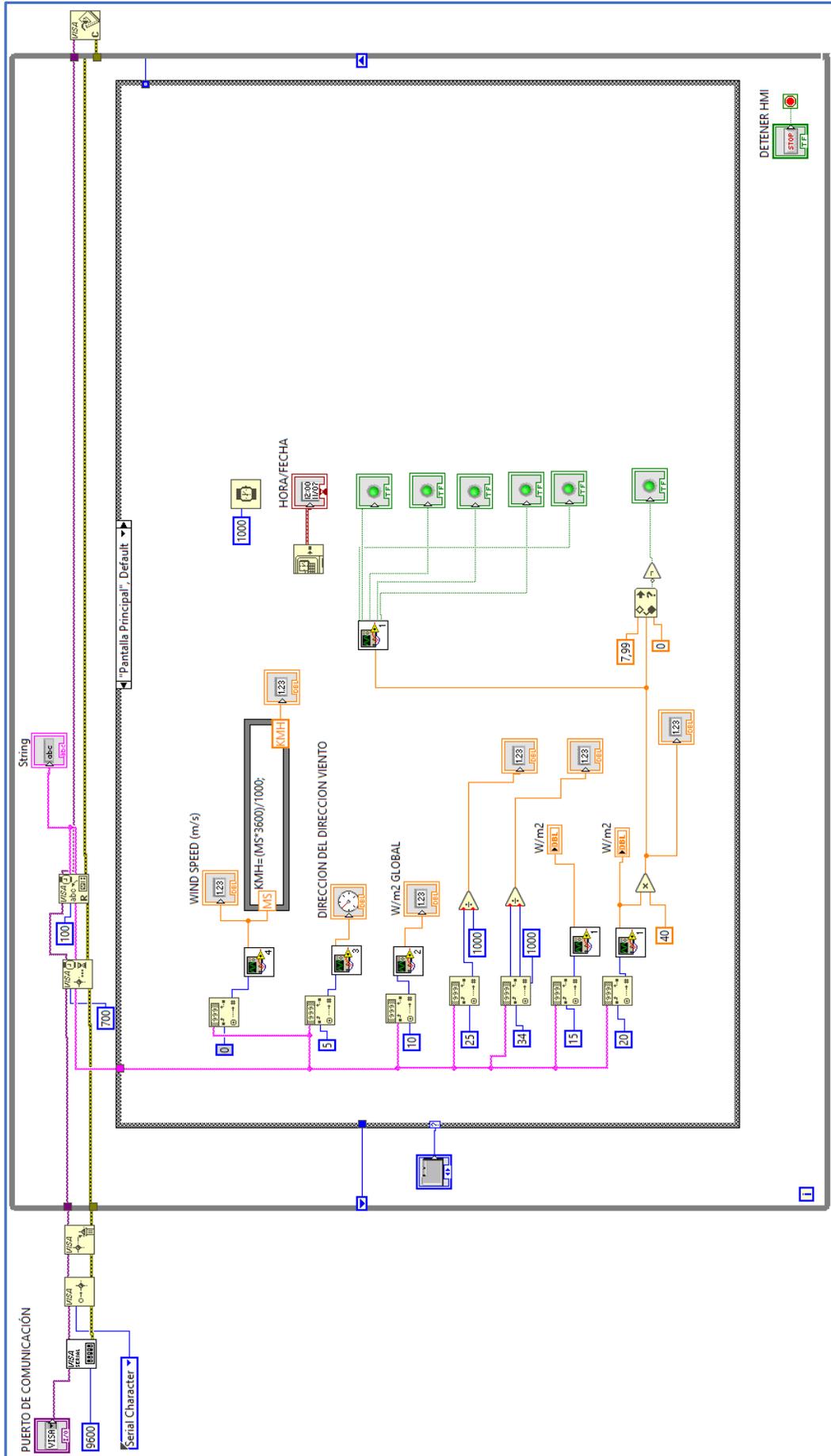


Figura 46 a. Diagrama de Bloques Principal

Fuente: (Autor)

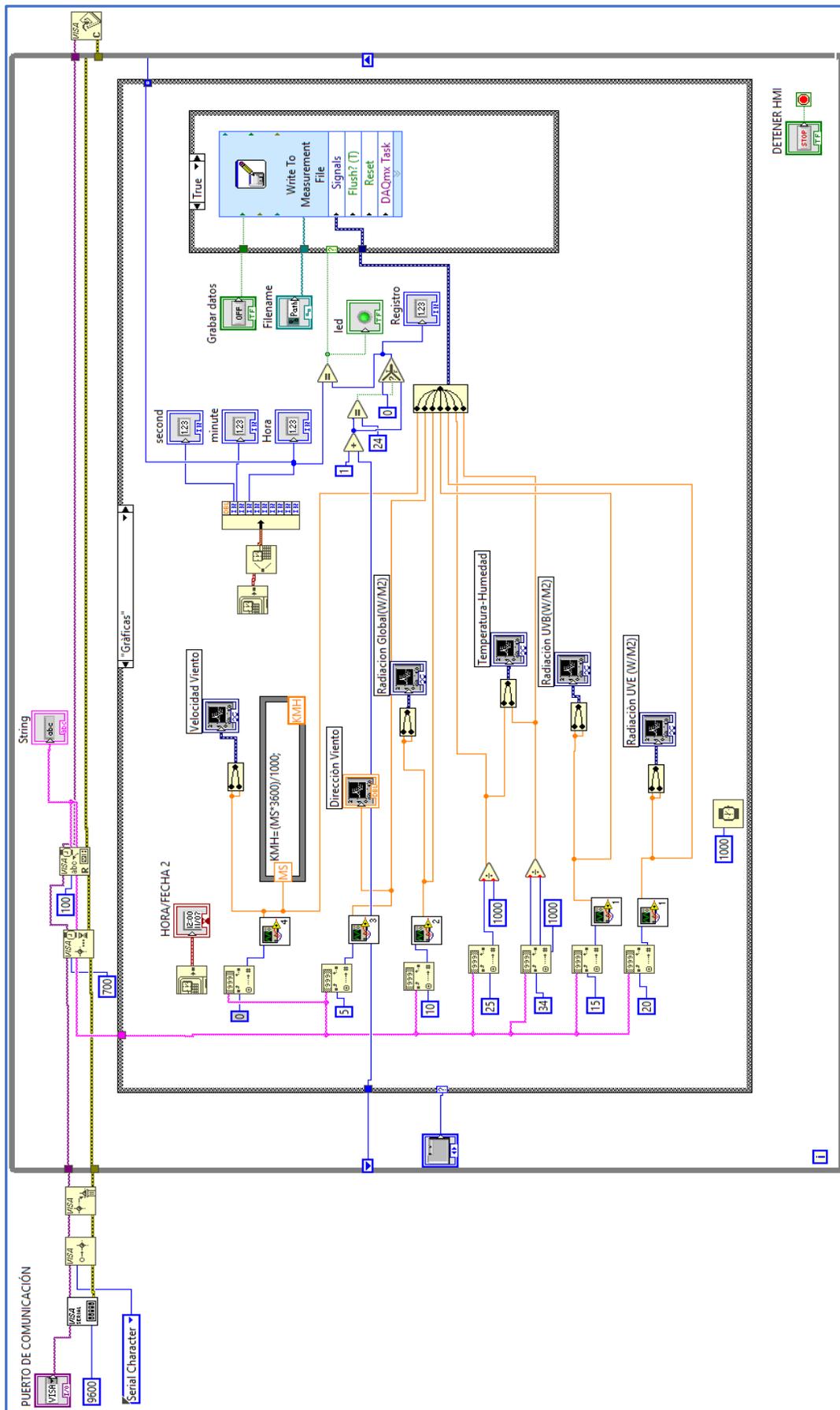
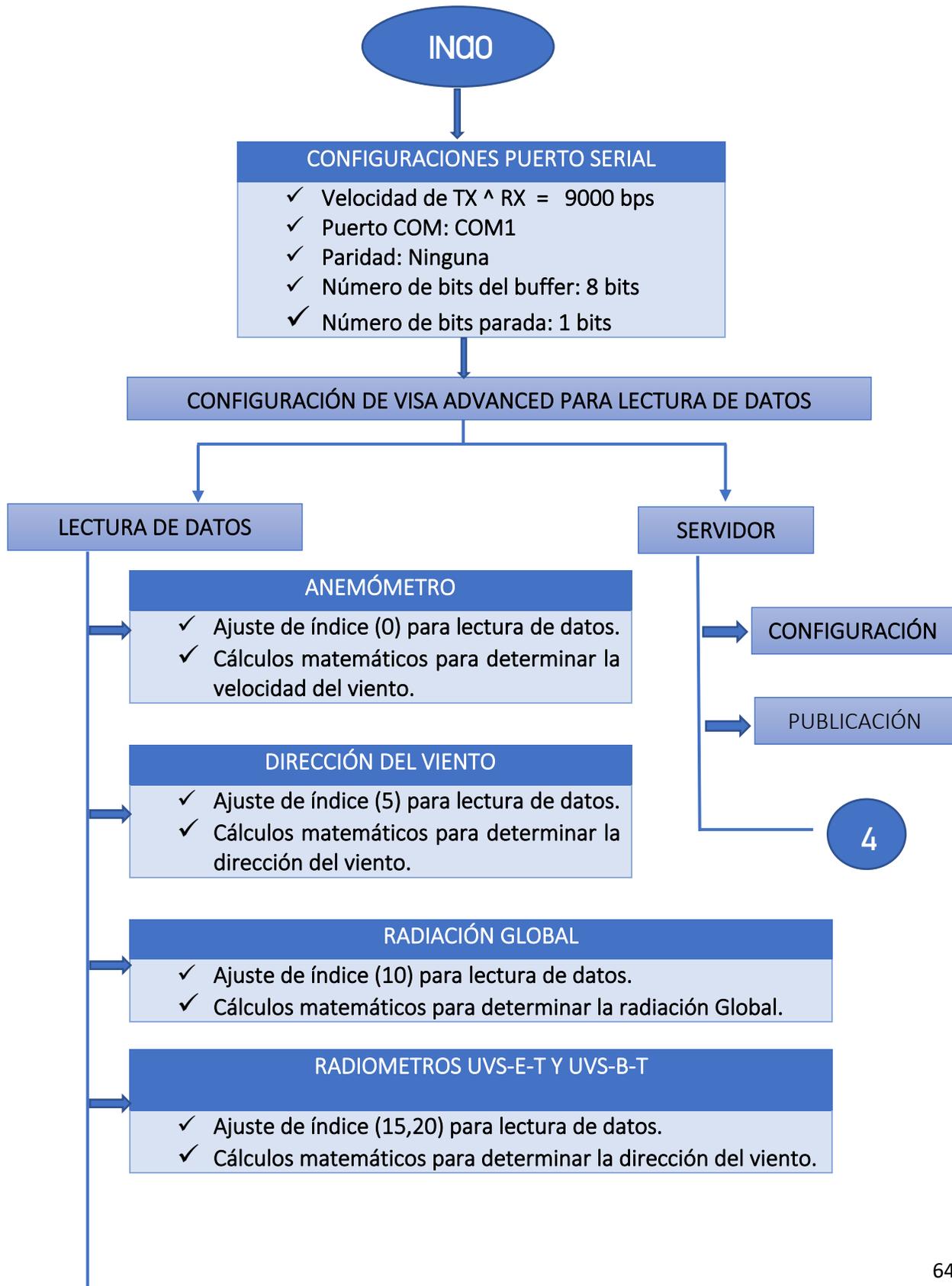


Figura 46 b. Diagrama de Bloques Secundario

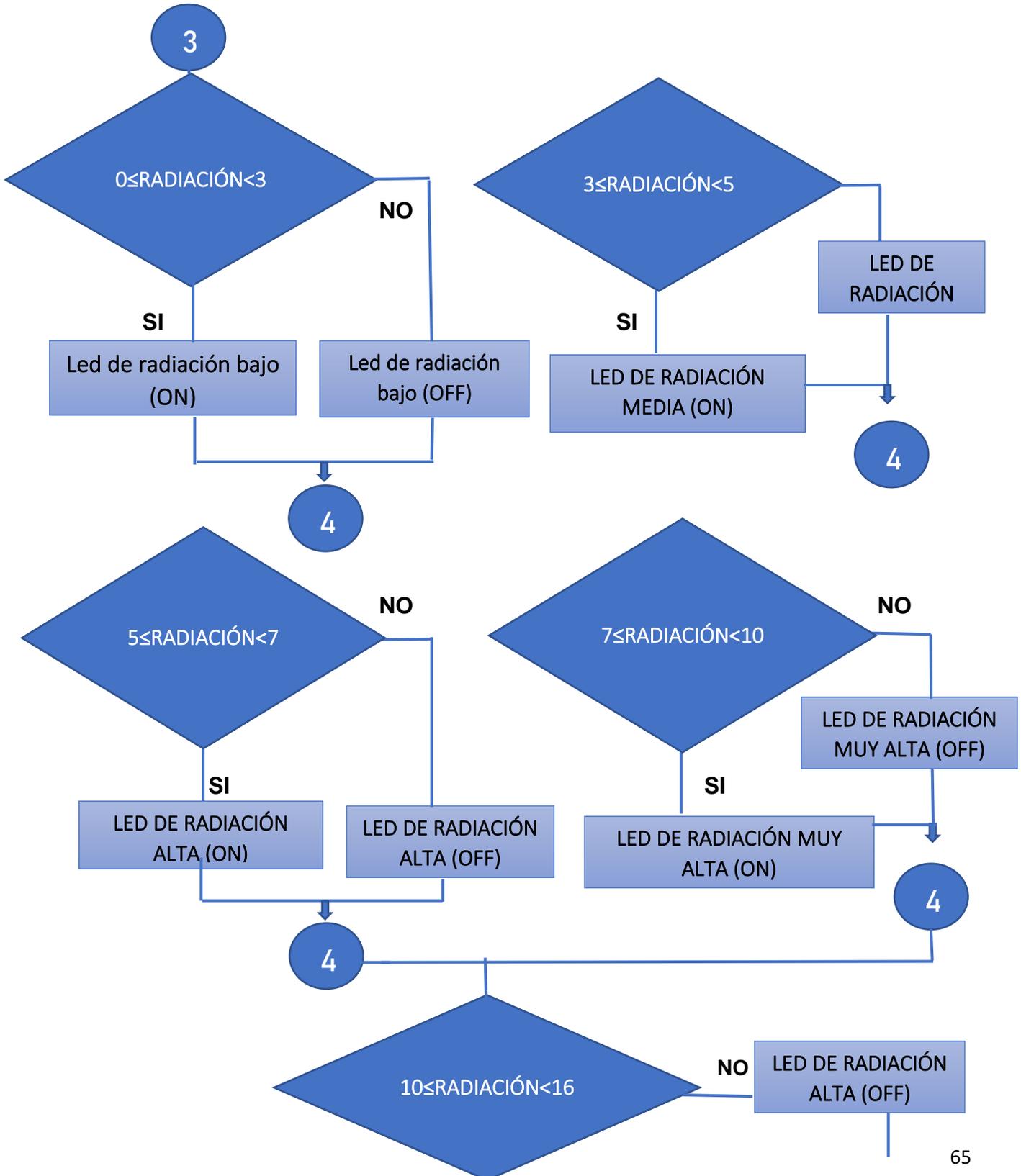
Fuente: (Autor)

Por otro lado, en la Figura 47, se presenta el diagrama de flujo que sintetiza lo mencionado anteriormente de la programación en el software LabVIEW.



TEMPERATURA Y HUMEDAD

- ✓ Ajuste de índice (25,34) para lectura de datos.
- ✓ Cálculos matemáticos para determinar la dirección del viento.



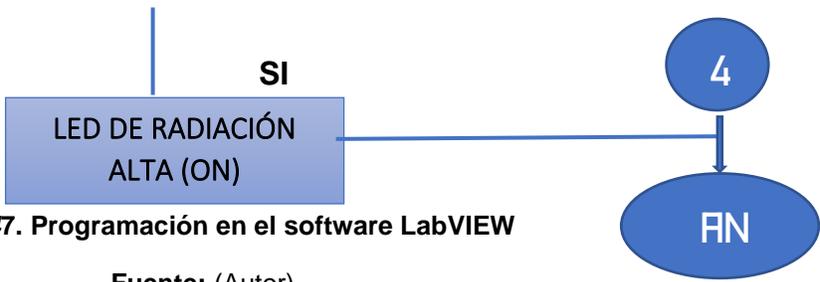


Figura 47. Programación en el software LabVIEW

Fuente: (Autor)

2.6.3 Diagrama eléctrico del dispositivo electrónico desarrollado

Una vez analizada la estructura de la estación meteorológica, la lógica de programación en Arduino y la interfaz gráfica en LabVIEW, resulta importante detallar el diagrama de conexión completo del dispositivo electrónico desarrollado. En la Figura 48 se observa el diagrama de conexión de todos los dispositivos que componen la estación meteorológica.

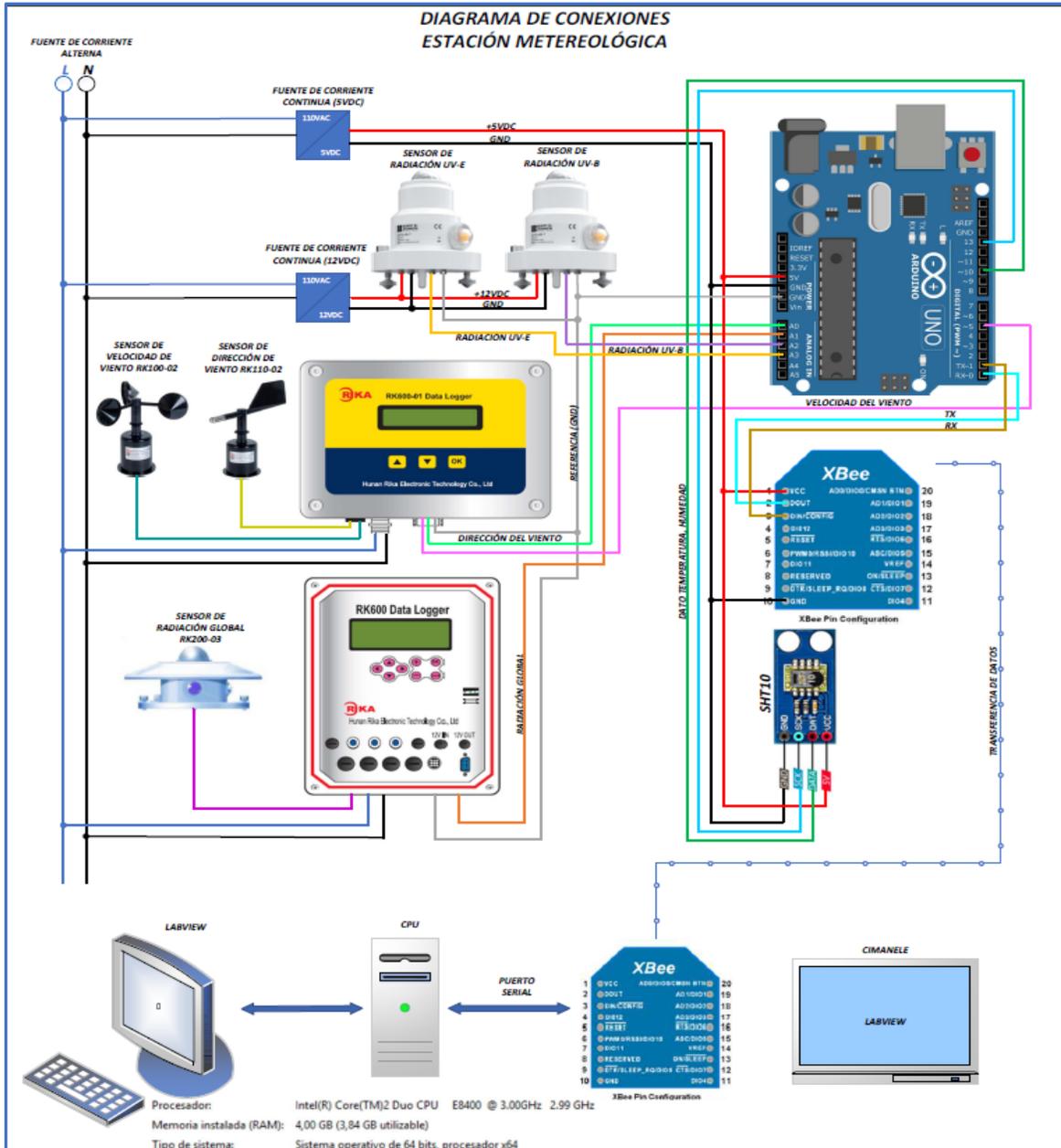


Figura 48. Diagrama de conexión de todos los dispositivos que componen la estación meteorológica

Fuente: (Autor)

CAPÍTULO III

EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

En esta sección se realiza la evaluación de funcionamiento del dispositivo, para lo cual, se presenta las pruebas experimentales efectuadas y ciertas recomendaciones que se deben tomar en cuenta para mejorar los parámetros de medición de cada sensor, con el objetivo garantizar la operatividad en la descarga de información hacia el servidor web de la estación meteorológica. Las medidas fueron realizadas de acuerdo con los sensores instalados, permitiendo comparar voltajes de operación y señal de entrada.

3.1 PRUEBAS Y RESULTADOS

La estación meteorológica utilizó cuatro conversores análogo-digital (ADC) disponibles en el microcontrolador Arduino UNO. Cada uno de ellos se configuró a 10 bits de resolución para así tener una mayor sensibilidad a los cambios en las señales de los sensores y así registrar cada señal de forma más exacta. En la Figura 49, se muestran las señales analógicas de cada ADC (Conversor Analógico Digital), la primera columna representa la radiación global, la segunda columna la radiación tipo B, la tercera columna la radiación tipo E y la cuarta columna la dirección del viento.

Radiacion Global	Radiación tipo B	Radiacion tipo E	Dirección del viento
518	426	326	665
522	431	375	670
581	539	454	670
502	391	354	671
519	427	381	670
588	553	469	670
530	437	386	670
506	400	362	670
519	425	382	670
563	517	449	670
608	597	502	671
576	518	443	671
499	377	349	670

Figura 69. Señales Analógicas sensores de Radiación tarjeta Arduino

Fuente: (Autor)

Durante el proceso de conversión ADC es necesario colocar un voltaje de referencia (5 VDC) para que el ADC realice la conversión de señal. Como resultado del proceso de conversión se tiene un número variable de 0 a 1023, en cada señal dada por los sensores analógicos a excepción de los radiómetros UV-B y UV-E que brindan una resolución de 512, debido a que su voltaje de salida es únicamente (2.5VDC). Claro está, que sin importar el tipo de sensor que se esté utilizando sus valores necesitan posteriormente ser acondicionados.

Para la validación de los datos se toman los valores almacenados en los últimos cinco días de los sensores de velocidad y dirección del viento, radiación global, UV-B, UV-E, índice UV, temperatura y humedad; posteriormente se obtiene el promedio del día de cada una de las variables medidas y luego se las contrasta con la página web de la NASA, cuya dirección IP es: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

Para acceder a los datos de las variables meteorológica que ofrece esta Web se realizan los siguientes pasos:

1. Selección de la ubicación de la estación meteorológica en el mapa.

Como se observa en la Figura 50, se escoge la ubicación donde se encuentra localizada la UTN, ya que en esta instalación se encuentra el dispositivo meteorológico.

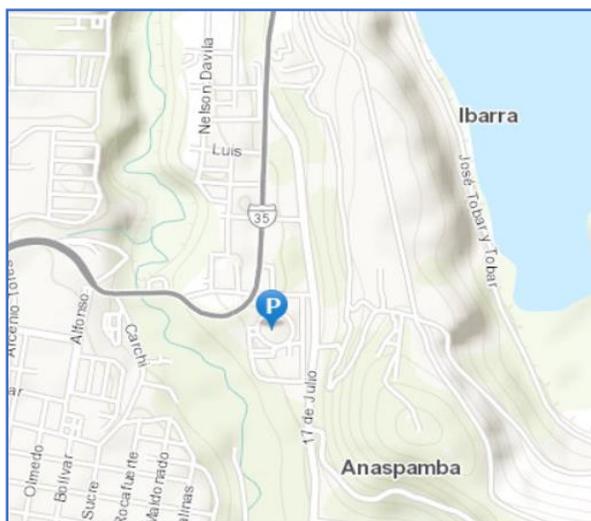


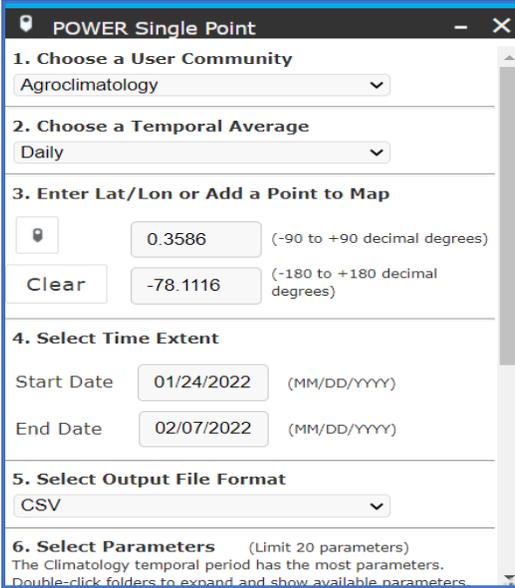
Figura 50. Selección de la ubicación de la estación meteorológica en el mapa

Fuente: (Autor)

2. Ingreso de datos en la ventana Power Single Point

Como se presenta en la Figura 51, se ingresa la información con respecto a:

- Tipo de datos (Agro climatología),
- Forma de registro (Diario),
- Localización (Latitud y Longitud)
- Fecha de inicio y finalización del registro (Formato Mes/Día/Año)
- Formato de salida de los datos (CSV).



The screenshot shows a software window titled "POWER Single Point" with a dark header bar. The window contains six numbered sections for data entry:

- 1. Choose a User Community:** A dropdown menu with "Agroclimatology" selected.
- 2. Choose a Temporal Average:** A dropdown menu with "Daily" selected.
- 3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map:** Includes a location pin icon, a "Clear" button, and two input fields. The first field contains "0.3586" with a range of "(-90 to +90 decimal degrees)". The second field contains "-78.1116" with a range of "(-180 to +180 decimal degrees)".
- 4. Select Time Extent:** Includes "Start Date" and "End Date" fields. "Start Date" is "01/24/2022" and "End Date" is "02/07/2022", both with "(MM/DD/YYYY)" format instructions.
- 5. Select Output File Format:** A dropdown menu with "CSV" selected.
- 6. Select Parameters:** Includes a "(Limit 20 parameters)" note and a sub-note: "The Climatology temporal period has the most parameters. Double-click folders to expand and show available parameters."

Figura 51. Ingreso de datos en la ventana Power Single Point

Fuente: (Autor)

3. Selección de las variables meteorológicas de interés

Como se observa en la Figura 52, se escogen las variables correspondientes a los datos meteorológicos de interés para realizar la validación, con base a los datos obtenidos del dispositivo meteorológico.

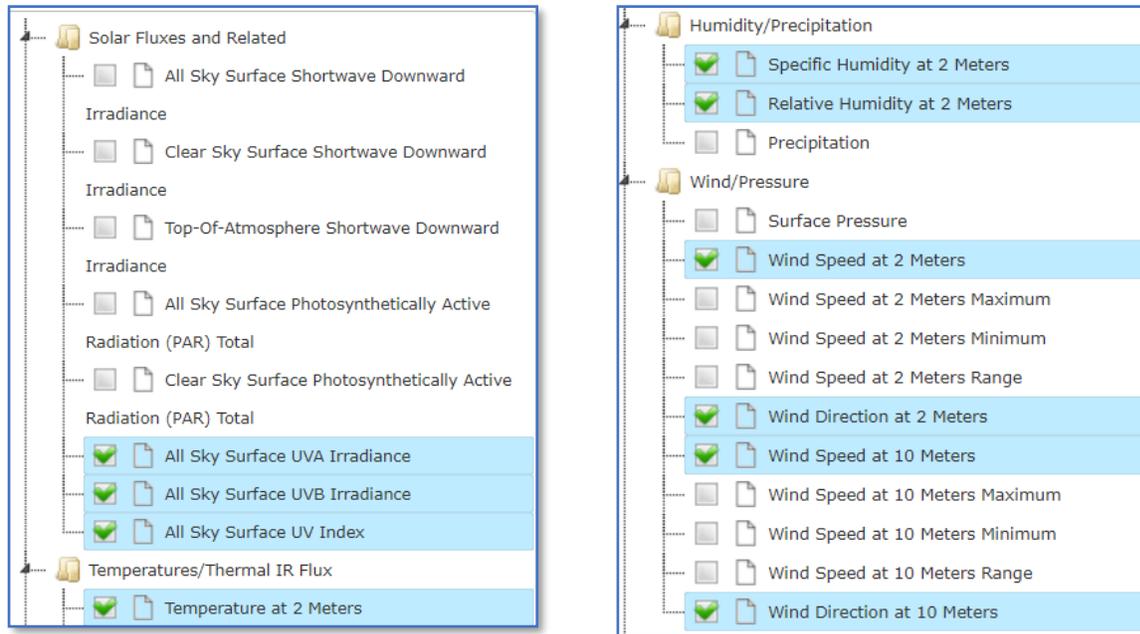


Figura 52. Selección de variables meteorológicas de interés

Fuente: (Autor)

4. Generación del archivo CSV

Una vez realizado los ajustes necesarios, en la Figura 53, se observa el archivo generado por la página en formato csv.

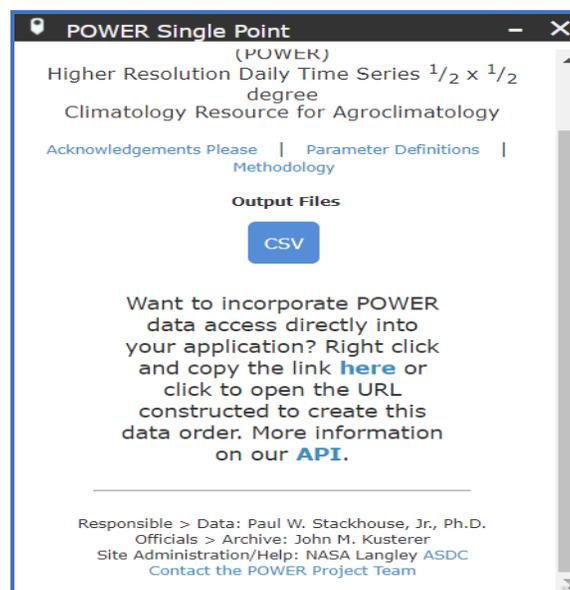


Figura 53. Archivo generado en formato csv

Fuente: (Autor)

3.1.1 Pruebas de validación del sensor de velocidad viento

Las pruebas de validación del sensor de velocidad de viento se presentan en la **Tabla 12**.

Tabla 82. Validación del sensor de velocidad viento

PROMEDIO DEL DIA	Velocidad_Viento Dispositivo Meteorológico	Velocidad_viento Datos NASA	Error
3/2/2022	1,08	1,18	8%
4/2/2022	1,04	1,15	10%
5/2/2022	1,18	1,35	13%
6/2/2022	1,02	1,2	15%
7/2/2022	1,00	1,07	7%
Promedio	1,06	1,19	11%

Fuente: (Autor)

Al analizar los resultados obtenidos en la Tabla 92, se observa que existe un error que varía entre 8% como mínimo y un 15% como máximo, en el rango del 3 al 7 de febrero del 2022. Además, se presenta un error promedio del 11%, el cual es un valor aceptable con respecto a la medición registrada por el dispositivo meteorológico.

Cabe considerar que, para disminuir el error que se presenta en los registros es necesario realizar una calibración anual de los mismos con lo que aseguramos mediciones más confiables.

3.1.2 Pruebas de validación del índice UV

La validación del sensor de **velocidad del viento** se presenta en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Validación del índice UV

PROMEDIO DEL DIA	UV Dispositivo Meteorológico	INDICE UV Datos NASA	Error
3/2/2022	2,48	2	24%
4/2/2022	2,76	3	8%
5/2/2022	2,78	3	7%
6/2/2022	1,08	1	8%
7/2/2022	1,61	2	19%

Promedio	2,14	2,2	13%
----------	------	-----	-----

Fuente: (Autor)

Al analizar los resultados obtenidos en la Tabla 13, se observa que existe un error que varía entre 7% como mínimo y un 24% como máximo, en el rango del 3 al 7 de febrero del 2022. Por lo que se presenta un error promedio del 13%, el cual es un valor aceptable con respecto a la medición registrada por el dispositivo meteorológico.

Se tiene que considerar que los datos registrados en páginas oficiales de medición del clima son demasiado variables y son basados en imágenes satelitales, no de estaciones meteorológicas, estas imágenes satelitales tienen aproximadamente una resolución SPOT HRV 60x60 km (Teledetección, 2016), con un 15 % de probabilidad de error. Por lo que se dificulta realizar una comparación precisa. Sin embargo, el margen de error de 13% que se obtiene es aceptable.

3.1.3 Pruebas de validación de los sensores de temperatura y humedad

La validación de los sensores de temperatura y humedad se muestra en la **Tabla 14**.

Tabla 14. Pruebas de validación de los sensores de temperatura y humedad

PROMEDIO DEL DIA	Temperatura Dispositivo Meteorológico	Humedad Dispositivo Meteorológico	Temperatura Datos Nasa	Humedad_Relativa Datos Nasa	Error Temperatura	Error Humedad
3/2/2022	19,10	68,99	18,04	72,05	6%	4%
4/2/2022	18,96	75,31	17,25	77,26	10%	3%
5/2/2022	18,47	78,73	18,85	79,04	2%	0%
6/2/2022	16,82	85,70	17,28	87,26	3%	2%
7/2/2022	17,76	80,44	17,34	82,45	2%	2%
Promedio	18,22	77,83	17,752	79,612	3%	2%

Fuente: (Autor)

Al analizar los resultados obtenidos en la Tabla 14, se observa que existe un error de humedad y temperatura que varía entre 0% y 2% como mínimo y un 4% y 10% como máximo, en el rango del 3 al 7 de febrero del 2022. Además, se presenta el error promedio de humedad del 2% y de temperatura del 3%, los cuales son valores aceptables con respecto a la medición registrada por el dispositivo meteorológico.

3.2 PRUEBAS HMI ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

Se realizaron las pruebas necesarias para comprobar el funcionamiento de la interfaz gráfica y se visualizó que todos los sensores están midiendo correctamente. En la Figura 54, se observa y verifica el funcionamiento de la pantalla principal de la estación HMI, en el lado izquierdo se tiene las variables de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiaciones global, UV-B, UV-E e índice UV; en el centro se encuentra la tabla de índice UV junto con leds que indican el nivel de riesgo en tiempo real y al lado derecho se presenta el valor de dirección del viento.



Figura 54. Pantalla principal y componentes.

Fuente: Autor

En la Figura 55, se observa y verifica el funcionamiento de la pantalla secundaria de la estación HMI, en la parte central se encuentran las gráficas de tendencia de las variables meteorológicas; en la parte inferior izquierda, el botón de activación y desactivación de almacenamiento de datos y en la parte inferior derecha, la dirección del archivo donde se almacenan los datos.

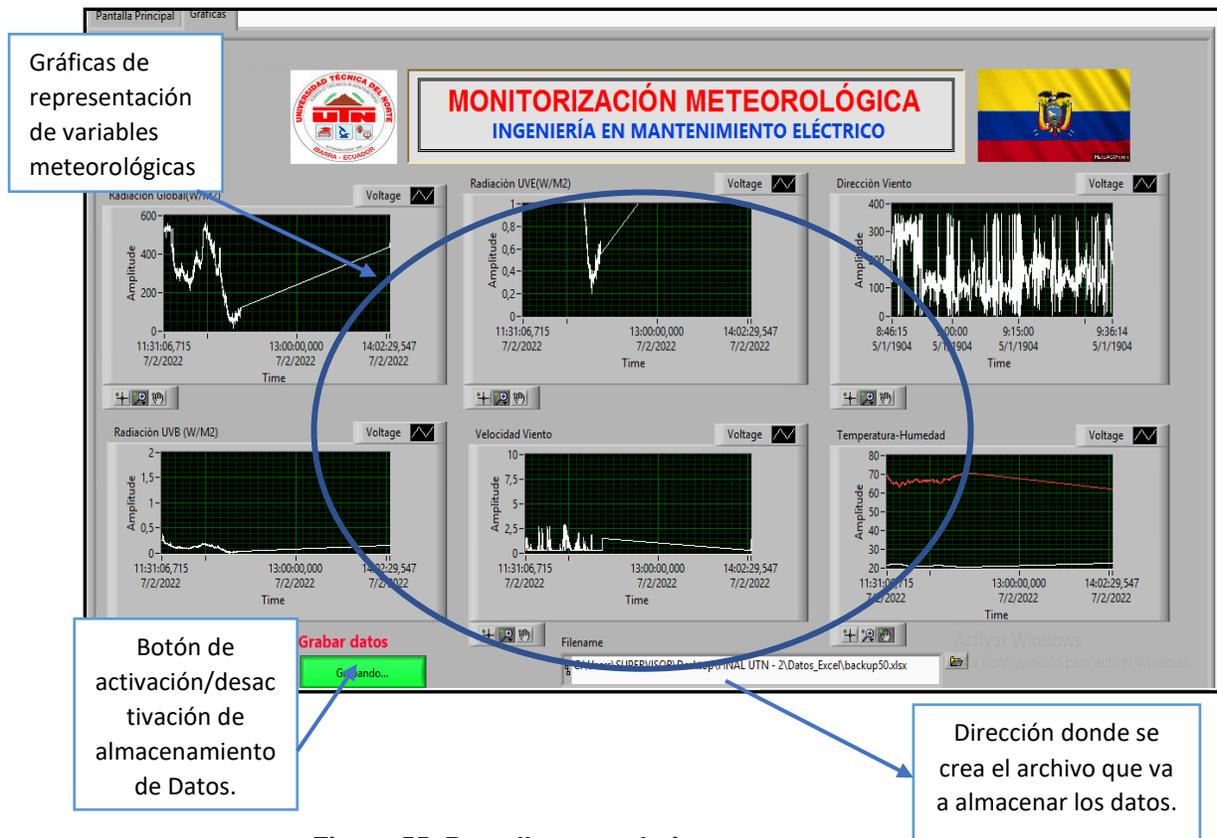


Figura 55. Pantalla secundaria y componentes.

Fuente: Autor

En la Figura 56, se presenta un fragmento de forma como se almacenan los datos en Microsoft Excel, una vez que se haya activado el botón de grabación.

Tiempo	Velocidad_Viento	Dirección_Viento	Radiación_Global	UV-B	UV-E	UV	Temperatura	Humedad
3/2/2022 00:00:00,182	0,30	307,12	23,46	0,00	0,00	0,00	15,74	87,12
3/2/2022 01:00:00,714	0,30	169,91	23,46	0,00	0,00	0,00	15,82	84,77
3/2/2022 02:00:00,197	1,00	124,77	15,64	0,00	0,00	0,00	16,30	79,08
3/2/2022 03:00:00,726	0,30	150,00	19,55	0,01	0,00	0,00	15,78	80,16
3/2/2022 04:00:00,172	0,30	344,09	19,55	0,01	0,00	0,00	14,60	81,97
3/2/2022 05:00:00,609	0,30	254,15	23,46	0,00	0,00	0,20	14,33	79,72
3/2/2022 06:00:01,021	0,65	174,18	19,55	0,00	0,00	0,00	13,96	78,83

Figura 56: Pantalla secundaria y componentes.

Fuente: Autor

3.3 PUBLICACIÓN PAGINA WEB.

La publicación de la página web se realiza una vez se haya verificado las señales de cada sensor y establecido la comunicación con red de la estación. En la Figura 57 se observa la página web de la estación meteorológica.

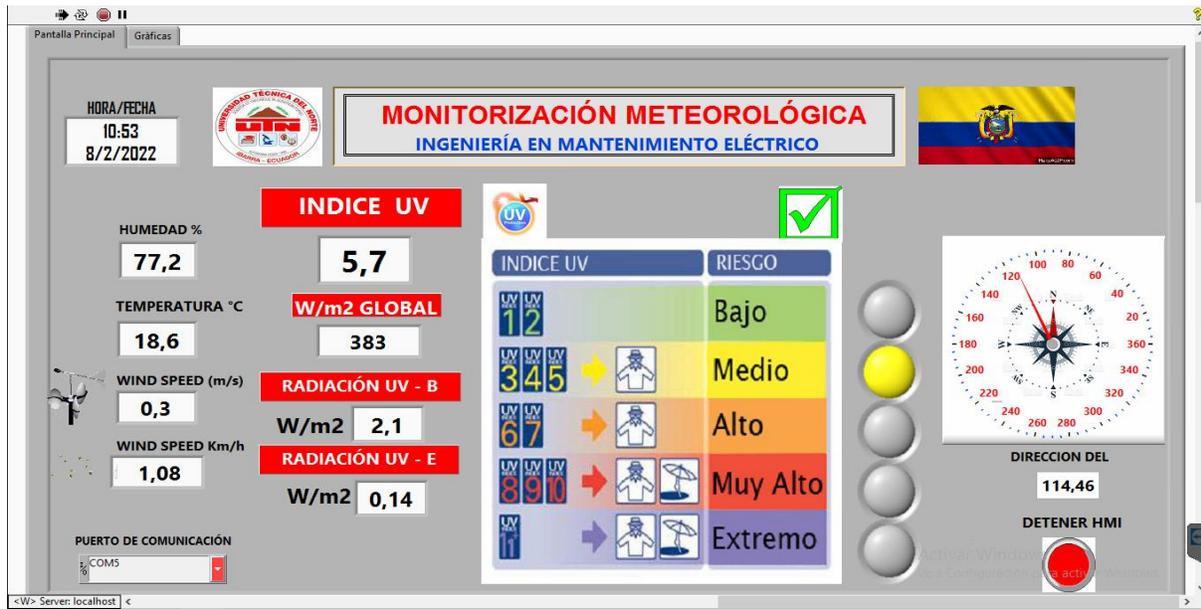


Figura 77. Publicación Servidor Web

Fuente: Autor

Adicionalmente, en la Figura 58 se observa el funcionamiento en red del sistema en una televisión Samsung Smart TV localizada en Cimanele, verificando la operación del programa y satisfaciendo las expectativas del proyecto en mención.



Figura 58. Funcionamiento en red del sistema en una televisión Samsung Smart TV

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- En el mercado actualmente existen varios modelos de estación meteorológica, pero dependiendo del costo unas miden ciertas variables y otras no. Una desventaja que estas presentan es que poseen información centralizada en una sola pantalla, cosa que no ocurre en el dispositivo de monitorización diseñado, ya que permite la medición y visualización completa de las variables meteorológicas más importantes, ya sea en un Smart TV o cualquier dispositivo móvil, lo cual es de gran importancia, pues mantienen actualizada en tiempo real a toda la comunidad universitaria de la UTN, sobre los fenómenos climáticos y principalmente la fluctuación de la radiación UV que es la que ocasiona efectos tan nocivos como el cáncer de piel.
- Durante el diseño del dispositivo de monitorización el uso de software libre y de dispositivos de bajo costo como es el caso de Arduino IDE, Arduino UNO y módulo Xbee permitieron obtener excelentes resultados principalmente en lo que respecta a la programación y al envío de datos, con la ventaja de que no se incurren en gastos excesivos.

- Para obtener un óptimo funcionamiento del dispositivo es fundamental acondicionar correctamente la señal de los sensores, ya que a valor máximo de medida no se obtiene un voltaje de 5VDC, que es lo indica el manual de usuario. Así también, es importante que los sensores sean calibrados de acuerdo con la situación geográfica en la que se realice la medición, sobre todo en lo que respecta al sensor de radiación UV, debido a que esta variable no es la misma en todos los lugares, y puede variar respecto a la altura.
- Los módulos de comunicación XBee al requerir de una línea de vista para el envío y recepción de datos, pueden sufrir la pérdida de información principalmente si las señales se ven afectadas por ruido eléctrico o por la incidencia de materiales metálicos.

RECOMENDACIONES

- Realizar como trabajo futuro, la actualización del sistema de monitoreo con uso de software libre, como es el caso de QT Designer o Django, que son tecnologías desarrolladas y mejoradas de libre acceso, que permiten programar y conseguir resultados similares a los softwares actuales.
- Medir el voltaje de salida de los sensores, cada vez que se instala un nuevo sensor, ya que durante su conexión puede existir una caída de tensión que cambie de manera significativa sus mediciones, provocando lecturas erróneas.
- Para evitar la posible pérdida de información en los módulos Xbee se recomienda utilizar antenas de alta impedancia, ya que aumenta la cobertura y la distancia de transmisión de datos.

- Realizar la calibración y el mantenimiento de los equipos cada seis meses de forma periódica para evitar errores de precisión y exactitud en el registro de medidas.
- Realizar la adquisición de una UPS para evitar que el sistema se apague por falta de energía.

BIBLIOGRAFÍA

- Arduino. (2021). *Arduino UNO*. <https://arduino.cl/categoria-producto/arduino/tarjetas-arduino/>
- Arduino y solo Arduino. (2021). *Características de los diferentes arduinos*. <https://soloarduino.blogspot.com/2016/04/que-diferencias-hay-entre-arduino-y-el.html>
- ATEN-Internacional. (2021). *Convertidor USB-R232*. <https://www.aten.com/es/es/products/usb-&-thunderbolt/conversores-usb/uc232b/>
- Beamex. (2019). *Temperatura*. <https://blog.beamex.com/es/unidades-de-temperatura-y-sus-conversiones>
- Britanica Scola. (2021). *Rosa de Viento*. <https://escola.britannica.com.br/artigo/rosa-de-los-vientos/603497>
- Campell Scientific. (2018). *Partes de una estación Metereológica*. https://s.campbellsci.com/documents/es/product-brochures/b_weatherstation.pdf
- Catálogo Hunan Rika Electronic. (2019). *RK100-02 Wind Speed Sensor*. 24–26. http://www.rikasensor.com.cn/products_detail/productId=30.html
- Catálogo Hunan Rika Electronic. (2021). *Pyranometer RK200-03*. 3. <https://es.rikasensor.com/rk200-03-pyranometer-radiation-monitor.html>

- Catálogo Hunnan Rika Electronic. (2019). *Sensor de viento -velocidad RK110-02*. 24–26.
- Catálogo Kipp & Zonen. (2020). *Broadband UV Radiometers*.
- DIGI Service & support. (2021). Digi XBee Zigbee. *Data Sheet*.
- Ferrer, R. (2017). Desarrollo de una estación meteorológica de bajo costo. In *Археология* (Vol. 1, Issue August).
- Franco, K. (2016). *Análisis de la radiación en Quito*.
- Granados, R., Medina, M. de la paz, & Peña, V. (2018). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafeticultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 473–485. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.951>
- INAMHI. (2017). Anuario meteorológico. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*.
- INAMHI. (2021). *Clima-Ibarra*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Ingeniería de la energía eólica - Miguel Villarrubia López - Google Libros*. (2010).
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2021). *Radiación UV*. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/generalidades-de-la-radiacion-ultravioleta>
- Instituto Nacional del Cancer. (2021). *Radiación UV*. <https://www.cancer.gov/espanol/buscar/resultados?swKeyword=radiación+uv>
- Lozano, W. (2018). *Clima, Hidrología y Metereología* (1ra ed.). <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=81B1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT18&dq=meteorología+Lozano,+2018&ots=6x-oizo8sL&sig=VPr5yZqPWfwAPDLDD6uT1iJTO7g#v=onepage&q&f=false>
- Medina, G., Gragueda, J., Ruiz, A., & Alma, B. (2008). Uso de Estaciones Meteorológicas en la Agricultura. *Centro de Investigación de Zacatecas*, 1, 19. http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Uso_de_estaciones_meteorologicas_en_la_agricultura.pdf
- MSP-ECUADOR. (2018). *El cáncer de piel se puede prevenir con un cuidado adecuado*. <https://www.hgdc.gob.ec/index.php/sala-de-prensa/297-cancer-de-piel>
- NI Engineer-Ambitiously. (2021). *Software LabVIEW FPGA*. <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>
- Olarte, M., Sanchez, S., Arechiga, C., & López, M. (2019). *Efectos de la radiación UV en animales domesticos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4648>
- OMM. (2014). Guía de sistemas meteorológicos de observación y distribución de información para los servicios meteorológicos aeronáuticos. *ORGANIZACIÓN METEREOLÓGICA MUNDIAL*, 49. http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_wmo_es.html.
- OMS. (2017). *Indice Solar Mundial*. 9–10.
- Palaguachi, S. (2018). Diseño, Desarrollo E Implementación De Una Estación Meteorológica Basada En Una Red Jerárquica De Sensores, Software Libre Y Sistemas Embebidos Para La Empresa Elecaustro En La Minicentral Gualaceo Utilizando Comunicación Mqtt Y Modbus. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*, 0(0), 148.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5264/1/UPS-CT002757.pdf>

- Pareja, M. (2010). *Radiación Solar y su Aprovechamiento Energético*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YkxOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=radiación+solar&ots=r8Wd4DOMam&sig=ERILeegTfnBpcKqLB9KNFQI8FbE#v=onepage&q=radiación+solar&f=false>
- Peréz, D. (2015). Medida de la radiación solar. *Procedimientos de Mantenimiento y Calibración de Estación Radiométrica*, 2–30. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4443/fichero/Memoria+PFC%252F3.pdf>
- Quiñones, M., Gonzales, V., Torres, R., & Jumbo, M. (2017). Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas. *Enfoque UTE*, 8(1), 329–343. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.139>
- Rodríguez, D. (2021). *El Clima*. <https://conceptodefinicion.de/clima/>
- Sensirion Company. (2015). *Sensor de humedad y temperatura IC*. December, 1–12.
- Sensor, P. (2020). *RK330-01 Atmospheric Temperature , Humidity & Pressure Sensor*. 1–3.
- Teledetección. (2016). *Caracterización de las imágenes de satélite*. https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node71_mn.html
- Villarrubia, M. (2010). *Ingeniería de La Energía Eólica*.
- Viñas, J. (2013). *Origen y desarrollos actuales de la predicción meteorológica*. 45, 1–8.

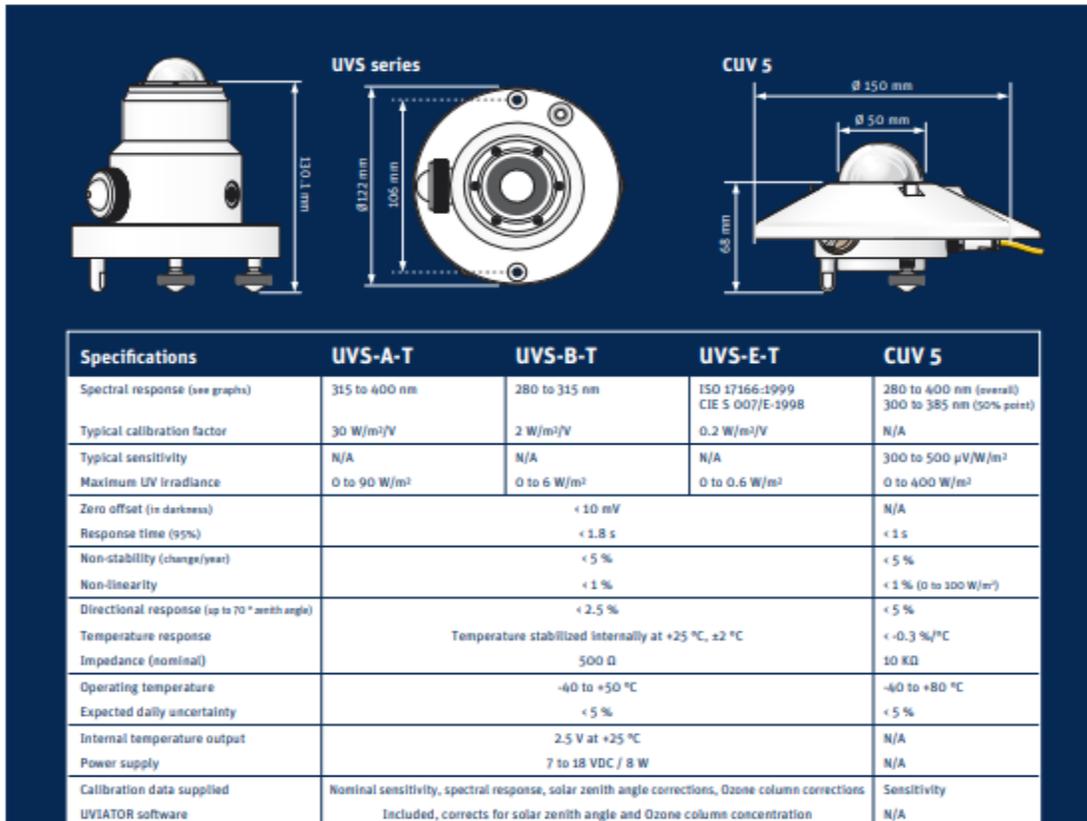
ANEXOS

ANEXO A

SPECIFICATIONS

Item	Specification
Spectral range	300-3200nm
Supply	5V,12-24VDCⓈ
Range	0-2000W/m ²
Output	0-20mV,0-5V,4-20mA,RS485
Sensitivity	7-14μV*W-1*m ²
Internal resistance	350Ω
Non-linearity	<±2%
Measuring angle	2π solid angle
Response time	≤20s(99%)
Zero drift(temperature drift:5k/h)	±5W/m ²
Stability	±2%/year
Cosine correction	≤±7%(Solar elevation angle=10°)
Temperature effect	±2%(-10℃+40℃)
Operating temperature	-40℃+80℃
Recalibration interval	2 years
Desiccant	Silica gel desiccant
Weight(unpacked)	2.5kg
Pack	Aluminum alloy instrument box

ANEXO B



ANEXO C

SPECIFICATIONS

Output	Pulses	4-20mA	0-5V	RS485
Supply Voltage	5V,12V-24V	5V,12V-24V	5V,12V-24V	5V,12V-24V
Load Capacity	>1kΩ	<500Ω(typ 250Ω)	>1kΩ	
Range	0-45m/s	0-45m/s	0-45m/s	0-45m/s
Accuracy	$\pm(0.3+0.03V)$ m/s; (V is the current wind speed)			
Starting Threshold	<0.5m/s			
Limit wind speed	50m/s			
Ingress Protection	IP65			
Operating Temperature	-40°C ~ +50°C			
Cable Grade	Nominal voltage:300V , Temperature grade:80°C			
Weight(unpacked)	170g			
Dimension	Cup rotor:ø179mm,Height:160mm			
Main material	Carbon fiber			
Storage Condition	10°C-50°C@20%-90%RH			

ANEXO D

SPECIFICATIONS

Output	4-20mA	0-5V	RS485
Supply Voltage	5V,12V-24V	5V,12V,24V	5V,12V-24V
Load Capacity	<500Ω(typ 250Ω)	>1kΩ	
Range	0~360°		
Accuracy	$\pm 3^\circ$		
Resolution	1°		
Starting Threshold	<0.5m/s		
Limit wind speed	50m/s		
Ingress Protection	IP55		
Operating Temperature	-40°C ~+50°C		
Cable Grade	Nominal voltage:300V , Temperature grade:80°C		
Weight(unpacked)	195g		
Dimension	Turning Radius:147mm,Height:199mm		
Main material	Carbon fiber		
Storage Condition	10°C-50°C@20%-90%RH		

ANEXO E

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time ³	τ (63%)		8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

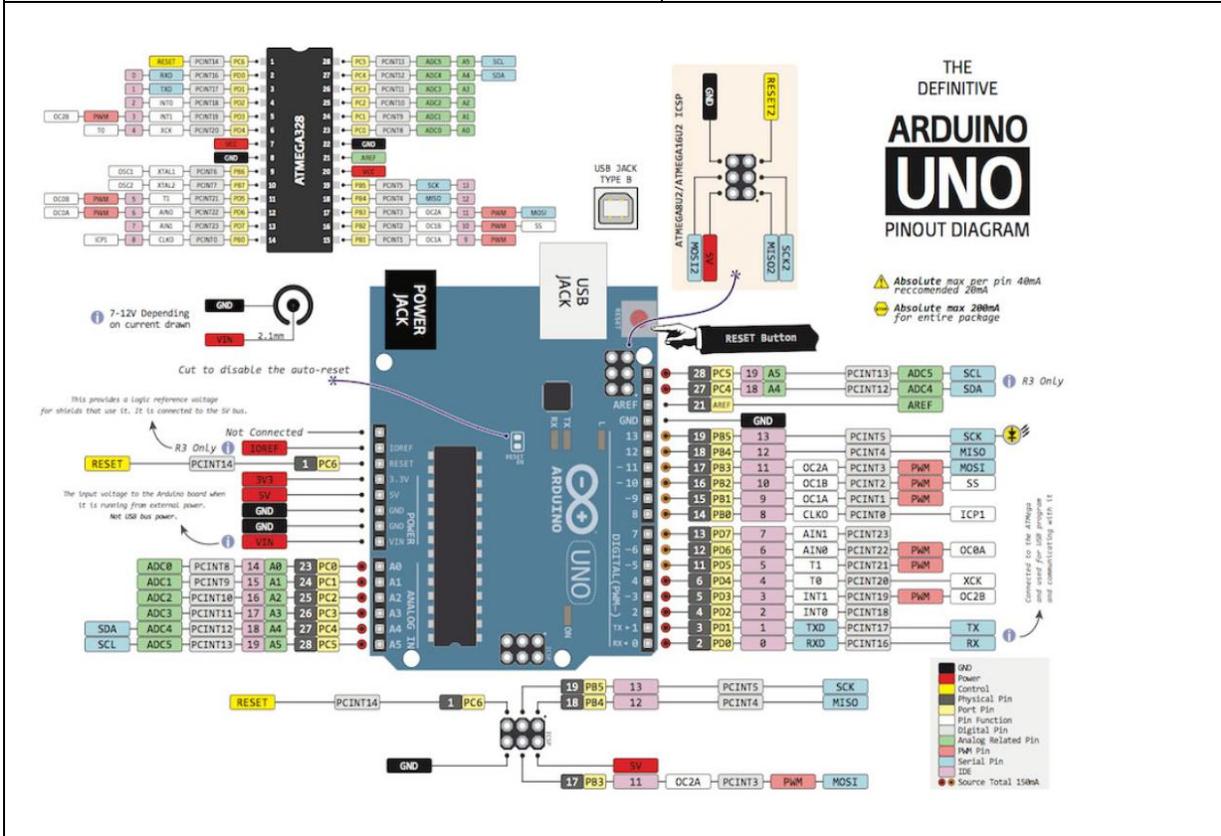
Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶ τ (63%)		5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

ANEXO F

TARJETA ARDUINO UNO R3	
<p>Características de AEDUINO UNO R3</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Microcontrolador ATmega 328 P. ✓ Voltaje de funcionamiento: 5V. Rango de entrada recomendando entre 7-12 V. Límite máximo entre 6 y 20 V. ✓ Pines de E/S digitales: 14(de los cuales 6 proporcionan salida PWM). ✓ Pines de entrada analógica: 6 Pines. ✓ Corriente continua por pin: 20 mA. ✓ Corriente CC para 3.3 V por pin: 50 mA. ✓ Memoria Flash: 32KB (ATmega 328 P) de la cual 0.5 KB utilizada por el gestor de arranque (bootloader). ✓ SRAM:2KB. ✓ EEPROM: 1KB. ✓ Velocidad del reloj: 16 MHZ. ✓ Longitud: 68.6 mm. 	

- ✓ Ancho: 53.4 mm.
- ✓ Peso 25 g.



ANEXO G

SPECIFICATIONS		Digi XBee® S2C Zigbee Standard Programmable	
PERFORMANCE			
TRANSCIVER CHIPSET	Silicon Labs E8031T SoC		
DATA RATE	8P 250 Kbps, serial up to 1 Mbps		
INDOOR/URBAN RANGE*	Up to 60 m (200 ft)		
OUTDOOR/RF LINE-OF-SIGHT RANGE*	Up to 1200 m (4000 ft)		
TRANSMIT POWER	3.1 mW (+6 dBm) / 6.3 mW (+8 dBm) boost mode		
RECEIVER SENSITIVITY (µA PER)	-100 dBm / -102 dBm/boost mode		
FEATURES			
SERIAL DATA INTERFACE	UART, SPI		
CONFIGURATION METHOD	API or AT commands, local or over-the-air (OTA)		
FREQUENCY BAND	ISM 2.4 GHz		
FORM FACTOR	Through-hole, surface-mount		
INTERFERENCE IMMUNITY	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)		
ADC INPUTS	(4) 10-bit ADC inputs		
DIGITAL I/O	18		
ANTENNA OPTIONS	Through-hole PCB antenna, U.FL connector, RP-SMA connector, or integrated wire SMT RF pad, PCB antenna, or U.FL connector		
OPERATING TEMPERATURE	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)		
DIMENSIONS (L x W x H) AND WEIGHT	Through-hole: 2.438 x 2.781 cm (0.960 x 1.097 in) SMT: 2.189 x 3.4 x 0.305 cm (0.866 x 1.33 x 0.120 in)		
PROGRAMMABILITY			
MEMORY	N/A	32 KB flash / 2 KB SRAM	
CPU/CLOCK SPEED	N/A	MCS58 / up to 10.33 MHz	
NETWORKING AND SECURITY			
PROTOCOL	Zigbee PRO 2007, HA-ready with support for binding/multicasting		
ENCRYPTION	128-bit AES		
RELIABLE PACKET DELIVERY	Retries/Acknowledgments		
IDS	PAN ID and address, cluster IDs and endpoints (optional)		
CHANNELS	16 channels		
POWER REQUIREMENTS			
SUPPLY VOLTAGE	2.1 to 5.8 V		
TRANSMIT CURRENT	33 mA @ 3.3 VDC / 65 mA boost mode	47 mA @ 3.3 VDC / 59 mA boost mode	
RECEIVE CURRENT	28 mA @ 3.3 VDC / 31 mA boost mode	42 mA @ 3.3 VDC / 45 mA boost mode	
POWER-DOWN CURRENT	<1 µA @ 25°C (77°F)		

ANEXO H

Part Number	Description	End Connector*	Cable details
USB-RS232-WE-1800-BT-0.0	USB to UART cable with RS232 level UART signals. Black cable, Transparent USB connector 0.0 = RED wire is 0V	Wire Ended (no connector)	1.8m cable, 6 core, UL2464 24 AWG, diam=5mm
* USB-RS232-CC-LLLL-CU-PWR	USB to UART cable with RS232 level UART signals. C = cable colour (B black or T transparent), U = USB connector colour (B black or T transparent) PWR = power supply output on red wire. 0.0 = 0V, 3.3=3.3V, 5.0=5V)	CU = Connector description.	LLLL = Length of cable.

ANEXO I

DATOS SENSORES

Tiempo	Velocidad _Viento	Dirección_ Viento	Radiación _Global	UV-B	UV-E	UV	Temperatura	Humedad
3/2/2022 00:00:00,182	0,30	307,12	23,46	0,00	0,00	0,00	15,74	87,12
3/2/2022 01:00:00,714	0,30	169,91	23,46	0,00	0,00	0,00	15,82	84,77
3/2/2022 02:00:00,197	1,00	124,77	15,64	0,00	0,00	0,00	16,30	79,08
3/2/2022 03:00:00,726	0,30	150,00	19,55	0,01	0,00	0,00	15,78	80,16
3/2/2022 04:00:00,172	0,30	344,09	19,55	0,01	0,00	0,00	14,60	81,97
3/2/2022 05:00:00,609	0,30	254,15	23,46	0,00	0,00	0,20	14,33	79,72
3/2/2022 06:00:01,021	0,65	174,18	19,55	0,00	0,00	0,00	13,96	78,83
3/2/2022 07:00:00,382	0,74	116,95	23,46	0,00	0,00	0,00	14,33	77,46
3/2/2022 08:00:00,818	0,56	221,45	93,84	0,21	0,00	0,20	16,60	71,44
3/2/2022 09:00:00,337	0,48	168,13	531,77	1,19	0,08	3,24	23,16	46,73
3/2/2022 10:00:00,091	0,91	107,70	527,86	2,20	0,15	5,94	23,48	45,72
3/2/2022 11:00:00,012	1,35	300,36	531,77	3,15	0,21	8,44	24,25	45,35
3/2/2022 12:00:01,038	2,40	285,43	527,86	4,01	0,26	10,27	23,66	44,23
3/2/2022 13:00:01,040	1,53	301,07	516,13	4,06	0,27	10,63	26,23	37,93
3/2/2022 14:00:00,071	2,40	207,94	520,04	3,61	0,24	9,45	24,59	51,83
3/2/2022 15:00:00,134	2,32	267,66	516,13	2,50	0,17	6,68	23,00	60,43
3/2/2022 16:00:00,137	2,32	260,91	531,77	1,23	0,08	3,40	23,97	57,53
3/2/2022 17:00:00,099	0,56	272,64	355,82	0,38	0,03	1,02	22,70	61,90
3/2/2022 18:00:01,030	3,81	282,95	23,46	0,00	0,00	0,00	19,23	71,25
3/2/2022 19:00:00,784	1,70	318,49	27,37	0,05	0,00	0,00	18,15	74,32
3/2/2022 20:00:00,440	0,83	153,56	19,55	0,09	0,00	0,00	17,83	79,63
3/2/2022 21:00:00,065	0,30	295,03	23,46	0,00	0,00	0,00	17,00	85,31
3/2/2022 22:00:00,690	0,30	300,72	23,46	0,03	0,00	0,00	16,89	85,86
3/2/2022 23:00:00,254	0,30	360,44	23,46	0,00	0,00	0,00	16,68	87,22

PROMEDIO DEL DIA	1,08	239,40	206,74	0,95	0,06	2,48	19,10	68,99
4/2/2022 00:00:00,850	0,91	262,33	23,46	0,01	0,00	0,00	16,50	87,54
4/2/2022 01:00:00,403	0,30	182,00	15,64	0,00	0,00	0,00	16,36	88,37
4/2/2022 02:00:00,990	0,30	325,60	23,46	0,00	0,00	0,00	16,52	87,85
4/2/2022 03:00:00,531	0,30	268,02	23,46	0,00	0,00	0,00	16,19	88,31
4/2/2022 04:00:00,060	0,30	296,45	19,55	0,01	0,01	0,39	16,66	85,86
4/2/2022 05:00:00,630	0,30	335,20	19,55	0,00	0,00	0,00	16,62	85,90
4/2/2022 06:00:00,149	0,30	324,54	23,46	0,00	0,00	0,00	15,86	88,72
4/2/2022 07:00:00,679	0,30	269,08	27,37	0,05	0,00	0,00	15,88	84,88
4/2/2022 08:00:00,168	0,30	155,69	144,67	0,23	0,02	0,78	18,05	75,16
4/2/2022 09:00:00,847	0,39	144,67	523,95	1,35	0,10	3,87	21,00	59,06
4/2/2022 10:00:00,719	0,91	207,94	273,70	1,78	0,12	4,96	22,05	55,65
4/2/2022 11:00:00,704	0,91	222,52	527,86	3,76	0,26	10,47	23,42	55,35
4/2/2022 12:00:00,705	3,11	298,59	535,68	4,76	0,31	12,50	22,82	59,70
4/2/2022 13:00:00,677	2,23	252,02	531,77	4,97	0,32	12,97	23,56	54,65
4/2/2022 14:00:00,669	2,40	301,07	535,68	3,96	0,26	10,31	23,49	56,20
4/2/2022 15:00:00,659	2,84	287,92	527,86	2,83	0,19	7,46	25,19	54,60
4/2/2022 16:00:00,676	1,26	236,74	261,97	0,79	0,05	2,07	22,21	62,92
4/2/2022 17:00:00,577	1,53	213,63	62,56	0,14	0,01	0,35	20,20	69,87
4/2/2022 18:00:00,360	0,83	75,00	19,55	0,02	0,00	0,00	18,38	76,55
4/2/2022 19:00:00,038	1,88	228,56	23,46	0,00	0,00	0,00	17,37	82,74
4/2/2022 20:00:00,700	1,00	273,35	23,46	0,00	0,00	0,00	17,06	84,98
4/2/2022 21:00:00,295	1,62	296,45	19,55	0,00	0,00	0,00	16,53	87,04
4/2/2022 22:00:00,886	0,39	304,99	27,37	0,00	0,00	0,00	16,59	88,26
4/2/2022 23:00:00,405	0,30	319,91	15,64	0,00	0,00	0,00	16,57	87,17

PROMEDIO DEL DIA	1,04	253,43	176,28	1,03	0,07	2,76	18,96	75,31
5/2/2022 00:00:00,956	0,30	88,51	23,46	0,00	0,00	0,00	16,38	87,53
5/2/2022 01:00:00,463	0,30	186,26	19,55	0,00	0,00	0,00	15,92	89,01
5/2/2022 02:00:01,013	1,53	94,20	11,73	0,00	0,00	0,00	16,06	88,93
5/2/2022 03:00:00,520	0,91	313,52	19,55	0,05	0,00	0,00	15,69	89,65
5/2/2022 04:00:00,028	1,00	314,58	23,46	0,00	0,00	0,00	15,62	90,75
5/2/2022 05:00:00,571	0,56	309,96	23,46	0,00	0,00	0,00	15,29	90,58
5/2/2022 06:00:00,072	1,53	139,70	19,55	0,00	0,00	0,00	15,42	90,27
5/2/2022 07:00:00,595	0,74	253,09	27,37	0,00	0,00	0,00	15,50	89,76
5/2/2022 08:00:00,089	0,65	139,34	109,48	0,18	0,01	0,51	16,27	87,48
5/2/2022 09:00:00,659	0,65	253,80	156,40	0,64	0,05	1,91	17,74	82,43
5/2/2022 10:00:00,252	0,30	178,09	261,97	1,62	0,11	4,41	20,31	69,31
5/2/2022 11:00:00,288	0,30	34,12	535,68	4,36	0,29	11,64	23,34	57,44
5/2/2022 12:00:00,213	1,35	274,77	520,04	5,32	0,35	13,95	25,09	53,77
5/2/2022 13:00:00,252	2,32	267,66	520,04	5,27	0,34	13,71	23,53	55,89
5/2/2022 14:00:00,306	2,58	279,39	527,86	4,42	0,29	11,56	24,28	52,49
5/2/2022 15:00:00,365	2,49	250,24	527,86	2,98	0,20	8,13	24,52	52,55
5/2/2022 16:00:00,408	2,49	299,30	31,28	0,18	0,01	0,47	22,02	62,45
5/2/2022 17:00:00,291	0,83	195,86	50,83	0,18	0,01	0,39	18,28	78,99
5/2/2022 18:00:00,982	0,30	234,96	23,46	0,10	0,00	0,00	17,94	83,12
5/2/2022 19:00:00,573	1,97	247,04	23,46	0,00	0,00	0,00	17,40	85,62
5/2/2022 20:00:00,157	1,53	287,21	19,55	0,00	0,00	0,00	17,09	86,39
5/2/2022 21:00:00,765	1,53	276,90	23,46	0,00	0,00	0,00	16,56	88,56
5/2/2022 22:00:00,313	0,83	322,76	23,46	0,00	0,00	0,00	16,54	88,39
5/2/2022 23:00:00,900	1,26	297,52	19,55	0,00	0,00	0,00	16,42	88,11

PROMEDIO DEL DIA	1,18	230,78	147,61	1,05	0,07	2,78	18,47	78,73
6/2/2022 00:00:00,438	1,18	324,89	27,37	0,00	0,00	0,00	16,10	88,94
6/2/2022 01:00:01,002	1,18	252,38	23,46	0,00	0,00	0,00	15,93	88,99
6/2/2022 02:00:00,518	1,09	314,94	23,46	0,00	0,00	0,00	15,82	89,33
6/2/2022 03:00:00,021	0,48	290,06	23,46	0,02	0,00	0,00	15,80	89,54
6/2/2022 04:00:00,559	1,97	244,20	15,64	0,00	0,00	0,08	15,56	89,91
6/2/2022 05:00:00,046	0,48	144,67	23,46	0,00	0,00	0,00	15,58	90,08
6/2/2022 06:00:00,568	0,30	145,74	23,46	0,00	0,00	0,00	15,62	90,02
6/2/2022 07:00:00,055	1,00	290,06	31,28	0,00	0,00	0,00	15,52	90,31
6/2/2022 08:00:00,602	1,00	333,07	144,67	0,30	0,02	0,78	16,54	88,30
6/2/2022 09:00:00,124	0,74	294,68	97,75	0,42	0,03	1,05	17,14	85,46
6/2/2022 10:00:00,723	1,35	261,62	156,40	0,68	0,05	1,95	17,39	84,35
6/2/2022 11:00:00,319	0,30	82,11	246,33	1,43	0,09	3,63	18,40	81,94
6/2/2022 12:00:00,008	1,88	162,09	527,86	2,80	0,18	7,30	20,58	69,91
6/2/2022 13:00:00,880	1,35	249,89	496,58	2,71	0,18	7,03	22,14	62,88
6/2/2022 14:00:00,768	2,32	300,72	211,14	1,20	0,08	3,13	20,06	72,64
6/2/2022 15:00:00,536	3,81	285,79	50,83	0,39	0,02	0,86	17,35	86,02
6/2/2022 16:00:00,162	0,39	239,94	19,55	0,06	0,00	0,16	16,62	87,47
6/2/2022 17:00:00,776	1,79	283,66	19,55	0,00	0,00	0,00	16,13	88,76
6/2/2022 18:00:00,293	0,30	267,66	23,46	0,04	0,00	0,00	15,87	87,05
6/2/2022 19:00:00,827	0,30	311,74	23,46	0,00	0,00	0,00	15,80	88,19
6/2/2022 20:00:00,313	0,30	259,84	23,46	0,00	0,00	0,00	15,70	89,40
6/2/2022 21:00:00,834	0,30	165,64	19,55	0,00	0,00	0,00	15,95	88,93
6/2/2022 22:00:00,331	0,30	250,60	11,73	0,00	0,00	0,00	15,97	89,51
6/2/2022 23:00:00,869	0,30	173,46	23,46	0,00	0,00	0,00	15,99	88,96

PROMEDIO DEL DIA	1,02	247,06	95,31	0,42	0,03	1,08	16,82	85,70
7/2/2022 00:00:00,358	0,30	197,28	23,46	0,00	0,00	0,00	15,90	88,94
7/2/2022 01:00:00,889	0,30	131,52	23,46	0,00	0,00	0,00	15,85	88,69
7/2/2022 02:00:00,370	0,30	323,47	15,64	0,00	0,00	0,00	15,89	88,52
7/2/2022 03:00:00,892	0,30	180,22	23,46	0,00	0,00	0,00	15,75	88,30
7/2/2022 04:00:00,357	0,30	287,57	19,55	0,00	0,00	0,00	15,47	89,41
7/2/2022 05:00:00,854	0,30	286,15	19,55	0,03	0,00	0,00	15,56	89,18
7/2/2022 06:00:00,314	0,30	93,13	27,37	0,00	0,00	0,00	15,46	89,89
7/2/2022 07:00:00,824	0,30	300,36	23,46	0,00	0,00	0,00	15,62	87,02
7/2/2022 08:00:00,298	0,30	214,34	164,22	0,37	0,02	0,98	17,62	80,00
7/2/2022 09:00:00,868	0,30	276,90	211,14	0,82	0,05	2,15	18,68	76,82
7/2/2022 10:00:00,491	0,39	333,78	418,38	1,80	0,12	4,84	20,72	67,23
7/2/2022 11:00:00,234	0,30	274,77	183,77	1,07	0,07	2,77	20,15	68,71
7/2/2022 12:00:00,036	0,91	8,89	523,95	2,62	0,17	6,80	21,13	66,53
7/2/2022 15:00:00,667	1,97	280,46	320,63	1,59	0,11	4,26	21,78	66,12
7/2/2022 16:00:00,547	2,32	298,23	301,08	0,91	0,06	2,42	20,89	71,28
PROMEDIO DEL DIA	0,59	232,47	153,27	0,61	0,04	1,61	17,76	80,44

ANEXO J

PROGRAMA ARDUINO ESTACIÓN METEOROLÓGICA

```

#include <Arduino.h>

#include <SHT1x.h> // LIBRERÍA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

#include <SoftwareSerial.h> // LIBRERÍA PUERTO SERIAL

#include <FreqCount.h> //LIBRERIA DEL SENSOR ANEMÓMETRO

#define pin_sensor A0 //PIN SENSOR ANALOGO DIRECCION DEL VIENTO

#define pin_sensor2 A1 //PIN SENSOR DE RADIACION GLOBAL

#define pin_sensor3 A2 //PIN SENSOR UV 1

#define pin_sensor4 A3 //PIN SENSOR UV 2

// PINES DE CONEXIÓN SENSOR HUMEDAD Y TEMPERATURA

#define dataPin 10 // PIN CABLE AMARILLO

#define clockPin 13 // PIN cable azul ; cable CAFE- ROJO=VCC 5+; cable negro -verde =GND

SHT1x sht1x(dataPin, clockPin); // VARIABLE DONDE SE ALMACENA LOS DATOS

int adc; //Variable para obtener los valores en el 1 paso

int voltaje; //Variable para obtener el voltaje en el 2 paso

int adc1; //Variable para obtener los valores en el 3 paso

```

```

int voltaje2; //Variable para obtener el voltaje en el 4 paso
int adc3; //Variable para obtener los valores en el 5 paso
int voltaje3; //Variable para obtener el voltaje en el 6 paso
int adc4; //Variable para obtener los valores en el 7 paso
int voltaje4; //Variable para obtener el voltaje en el 8 paso
void setup() {
    Serial.begin(9600); //VELOCIDAD DEL PUERTO DE COMUNICACIÓN
    FreqCount.begin(1000); // ASIGANA 1000ms PARA OBTENER LA FRECUENCIA DEL
    PULSOS DEL ANEMOMETRO
    pinMode(A0, INPUT); // PUERTO ANALOGO DEL SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO
    pinMode(A1, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO SENSOR DE UV - GLOBAL
    pinMode(A2, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO DEL SENSOR DE RADIACIÓN UV1 KIPZONEN
    pinMode(A3, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO DEL SENSOR DE RADIACIÓN UV2
    KIPZONNEN
}
void loop() // LAZO CERRADO DEL PROGRAMA
{
    // EL PROGRAMA SE EJECUTA DE MANERA CÍCLICA TODO EL TIEMPO SIN INTERRUCIÓN
    // COMO EN LA LECTURA DE DATOS EL PROGRAMA ENVIA UNA CADENA DE DATOS DE X
    DIGITOS
    // EL PROGRAMA EN LABVIEW NO VA A SABER QUE DIGITO LE PERTENECE A - X SENSOR
    // POR ELLO SE ASIGNA UN VALOR DE 1000 A CADA LECTURA DE LOS SENSORES DE TAL
    FORMA
    // QUE ASEGURE SIEMPRE TENER 4 DIGITOS EN TODOS LOS SENSORES DE ESTA MANERA
    LABVIEW
    // RECONOCE EL NUMERO DE DIGITOS Y ASIGNA SU VALOR DE LECTURA A CADA SENSOR ASÍ
    // SE ASEGURA LA LECTURA Y NO PIERDE LECTURA EN LA CANTIDAD DE DATOS
    unsigned long count = 1000 + FreqCount.read(); // CREACION DE LA VARIABLE COUNT PARA
    ALMACENAR EN ELLA
    //EL CONTEO DE LA FRECUENCIA DE PULSOS DEL ANEMOMETRO
    adc = analogRead(pin_sensor); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN0), DIRECCIÓN DEL
    VIENTO
    voltaje = (1000 + adc); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN0), SE SUMA 1000
    PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW
}

```

```

adc1 = analogRead(pin_sensor2); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN1), RADICACIÓN
GLOBAL

voltaje2 = ((1000 + adc1) ); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN1), SE SUMA
1000 PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

adc3 = analogRead(pin_sensor3); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN2),RADICACIÓN UV-B

voltaje3 = (1000 + adc3); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN2), SE SUMA
1000 PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

adc4 = analogRead(pin_sensor4); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN3), RADIACIÓN UV-E

voltaje4 = ((1000 + adc4)); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN3), SE SUMA
1000 PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

float temp_c;

float humidity;

//LECTURA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

temp_c = sht1x.readTemperatureC();

humidity = sht1x.readHumidity();

//ENVIO DE DATOS POR EL PUERTO SERIE

//Paso1, Envio de la velocidad del viento

Serial.print(count);

Serial.print("\t");

//Paso 2, Envio de dirección del Viento

Serial.print(voltaje);//

Serial.print("\t");

//Paso 3, Envió de la radiación UV

Serial.print(voltaje2);

Serial.print("\t");

//Paso 4, Envió de la radiación UV-B y UV-E

Serial.print(voltaje3);

Serial.print("\t");

Serial.print(voltaje4);

Serial.print("\t");

//Envio de los datos de temperatura y humedad

Serial.print(temp_c * 1000);

```

```
// Se multiplica por 1000 para obtener un número más preciso con todos sus decimales
Serial.print("\t");
Serial.print(humidity * 1000);
// Se multiplica por 1000 para obtener un número más preciso con todos sus decimales
Serial.print("\t");
Serial.println( );
delay(5);
}
```

ANEXO K

INTERFAZ HMI DEL DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN METEOROLÓGICA

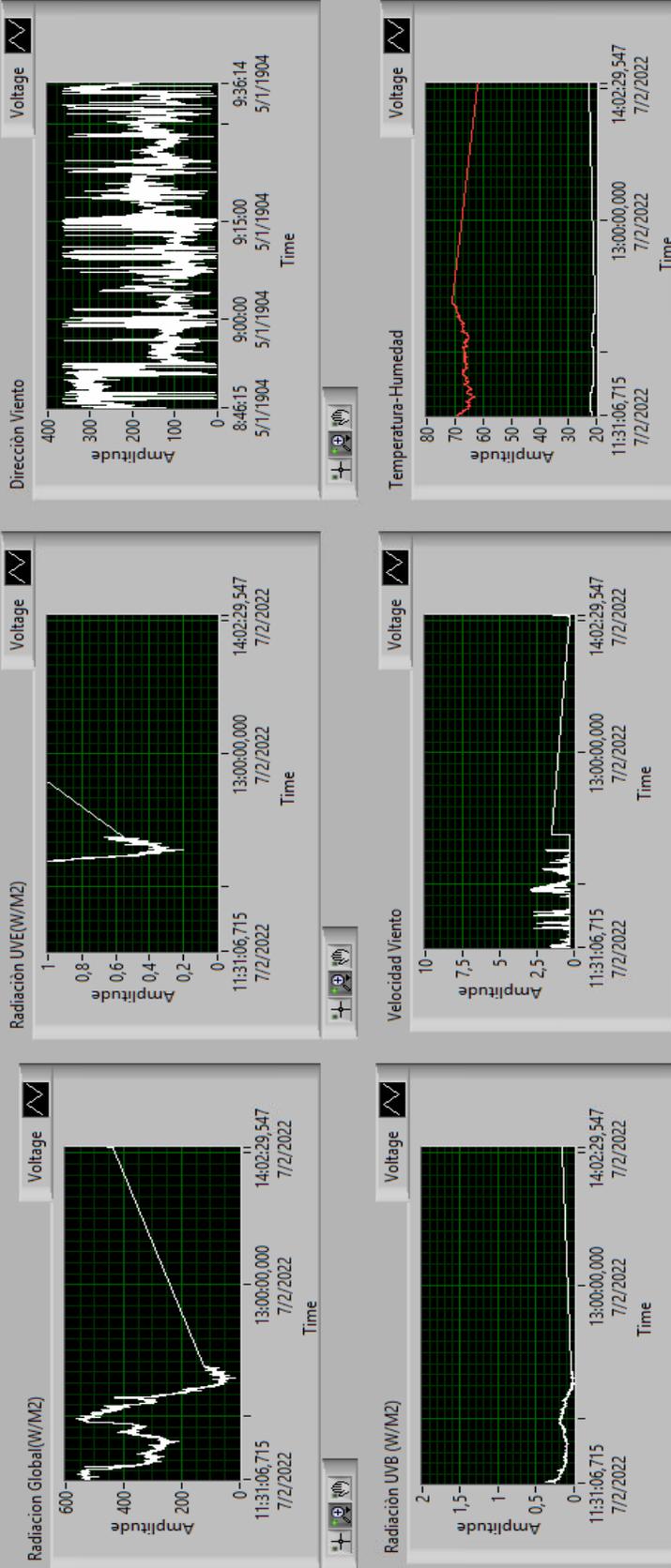


Panel Frontal

HORA/FECHA 2
14:02
7/2/2022



MONITORIZACIÓN METEOROLÓGICA INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



Grabar datos
Grabando...

g C:\Users\SUPERVISOR\Desktop\FINAL UTN - 2\Datos_Excel\backup50.xlsx

Panel Frontal

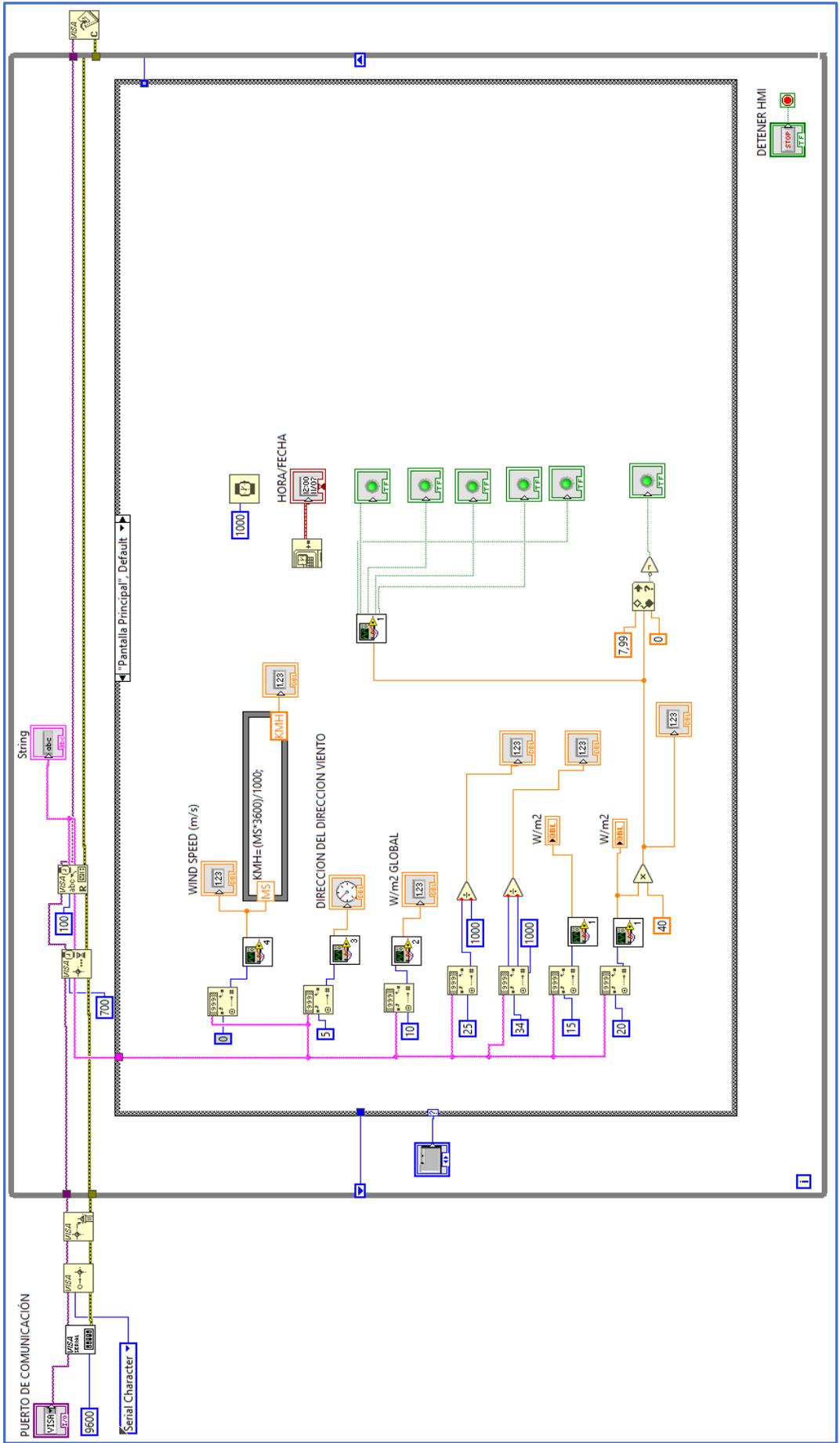


Diagrama de Bloques

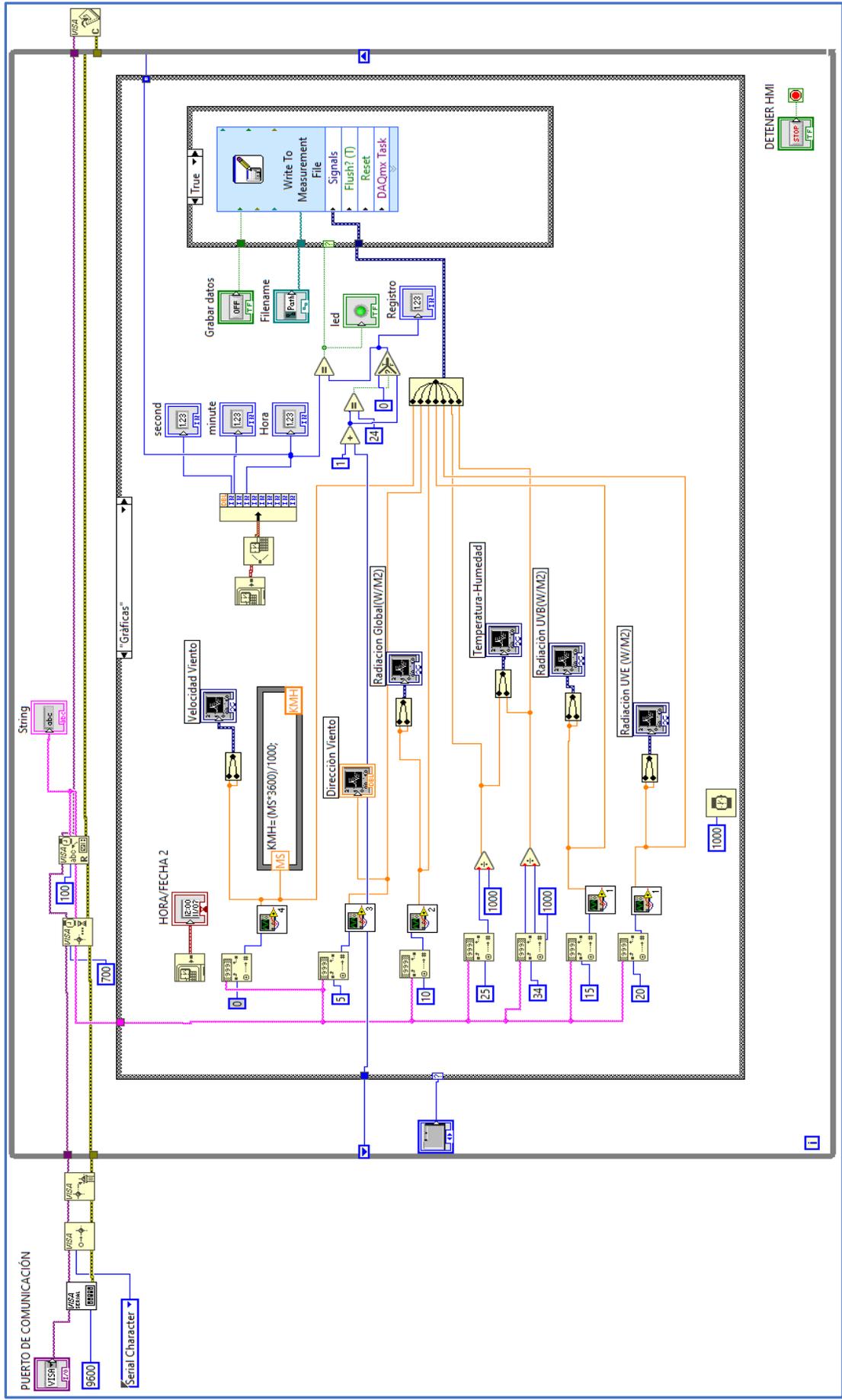


Diagrama de Bloques

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

**MANUAL DE USUARIO DEL DISPOSITIVO PARA LA MONITORIZACIÓN DE
VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL CAMPUS UTN**

Autor:

Jhon Herví Gonzales Cuero

Director:

Ing. Eliana Carolina Ormeño Mejía M.Sc.

IBARRA-ECUADOR

2021

Contenido

1.Objetivo general.....
100

2.Objetivos específicos.....	100	
3.Introducción	101	
4. Equipos		y
materiales.....	101	
5.Desarrollo	102	
5.1 Descripción de uso del dispositivo de monitorización.	102	
5.2 Solución de problemas en el funcionamiento del dispositivo.....	2	
5.2.1 Caída del Servidor Web.....	2	
5.2.2 Ausencia de datos en la interfaz de monitoreo.....	3	

1. Objetivo general

Desarrollar un manual de usuario sobre el funcionamiento del dispositivo que permite la monitorización de variables meteorológicas.

2. Objetivos específicos:

- Describir paso a paso como se debe utilizar el dispositivo de monitorización.
- Detallar la forma en que se va a proceder si se presentan problemas en el funcionamiento del dispositivo.

3. Introducción

El dispositivo de monitorización de variables meteorológicas diseñado en este proyecto permite la medición y la visualización en tiempo real de las señales de los sensores de velocidad y dirección del viento, radiación global, radiación UV-E y UV-B, humedad y temperatura. Todo esto, desde de un Smart Tv o cualquier dispositivo móvil que se encuentre conectado a la red de internet del campus UTN, basta con ingresar a la dirección IP: [172.17.40.15: 8000/ESTACION%20METEOROLOGICA .htm](http://172.17.40.15:8000/ESTACION%20METEOROLOGICA.htm) En la Figura 1, se presenta la estación meteorológica junto con todos los sensores.



Figura 1. Estación Meteorológica campus UTN

Fuente: Autor

4. Equipos y materiales

Para el diseño del dispositivo de monitorización de variables meteorológicas se usó los siguientes equipos:

- Sensores de velocidad y dirección del viento, radiación global, radiación UV-E y UV-B, humedad y temperatura.
- Tarjeta Arduino UNO.
- Módulo Xbee de transmisión y Recepción.

- Computador con LabVIEW y Arduino IDE instalados.
- Smart TV o dispositivo móvil (Tablet o Celular).

5. Desarrollo

5.1 Descripción de uso del dispositivo de monitorización.

Para el asegurar el correcto funcionamiento del dispositivo de monitorización de variables meteorológicas se deben efectuar los siguientes pasos:

- a) **Energizar los dos dataloggers.** El primero, hace referencia a los valores de los sensores de velocidad y dirección del viento y el segundo, al sensor de radiación global. Una vez que los dataloggers estén activos, se podrá visualizar y almacenar los valores de las señales de cada uno de los sensores. En la Figura 2, se puede apreciar los Datalogger que fueron utilizados en el proyecto.



a)

b)

Figura 2. Dataloggers a) RK600-02B y b) RK600-01

Fuente: www.rikasensor.com

- b) **Energizar la tarjeta Arduino UNO mediante su regleta de alimentación.** Al activar la regleta de alimentación se energizan también los demás sensores ya que están conectados a la misma. En la Figura 3, se observan los elementos que conforman el dispositivo de monitoreo y control de variables meteorológicas.

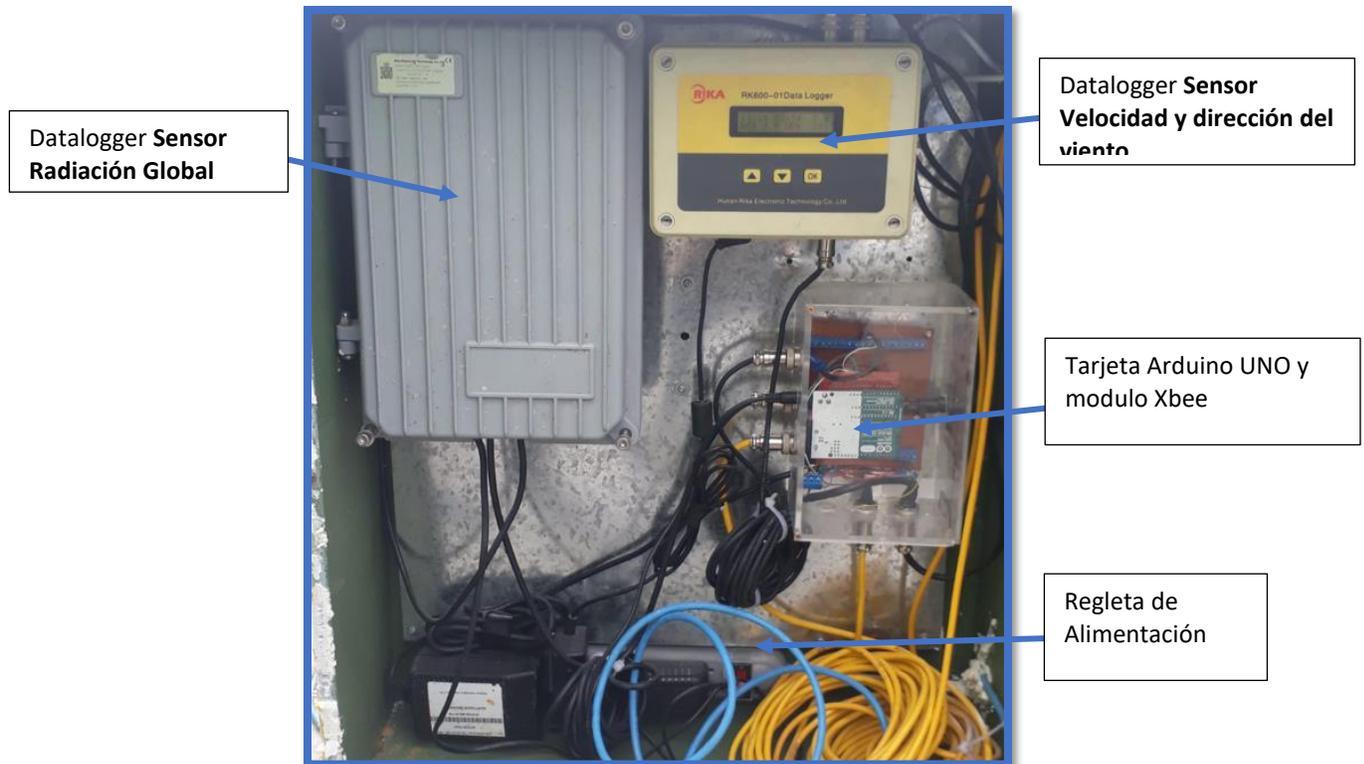


Figura 3. Dispositivos que conforman el dispositivo de monitoreo y control de variables meteorológicas.

Fuente: Autor

- c)** Verificar la visualización de los datos de los distintos sensores en la interfaz de LabVIEW creada en un PC físico.

La interfaz de LabVIEW está conformada de dos pantallas, una principal y otra secundaria. La pantalla principal permite la visualización de los valores de los distintos sensores en tiempo real e indica el valor de radiación UV presente en ese instante mediante luces led, las cuales, se encienden con base a una tabla de índice UV y riesgo que se encuentra en dicha pantalla. En la Figura 4, se observa la pantalla principal y cada uno de sus componentes.



Figura 4. Pantalla principal y componentes.
Fuente: Autor

La pantalla secundaria permite la visualización en gráficas de los datos de los distintos sensores y el almacenamiento de su información en una base de datos creada en Excel, siempre y cuando el usuario active la opción para el registro de estos datos. En la Figura 5, se observan la pantalla secundaria y cada uno de sus componentes.



Figura 5: Pantalla secundaria y componentes.

Fuente: Autor

- d) Verificar que la información que se visualice en LabVIEW este presente en el SMART TV colocado en CIMANELE o través de cualquier dispositivo móvil que se encuentre conectado a la red de internet del campus UTN. Para ello, acceda a la siguiente dirección IP: **172.17.40.15:8000/ESTACION%20METEOROLOGICA .htm**

Importante: Al ser éste un sistema preconfigurado y autónomo no necesita de configuraciones adicionales ni de cambios en su programación.

5.2 Solución de problemas en el funcionamiento del dispositivo.

Una vez realizada las pruebas de funcionamiento del dispositivo, se detectaron dos problemas que pueden afectar directamente a la monitorización de variables metodológicas, los cuales están relacionados con la caída del servidor web y con la ausencia de datos en la interfaz de monitoreo, como se presenta en la Figura 6.

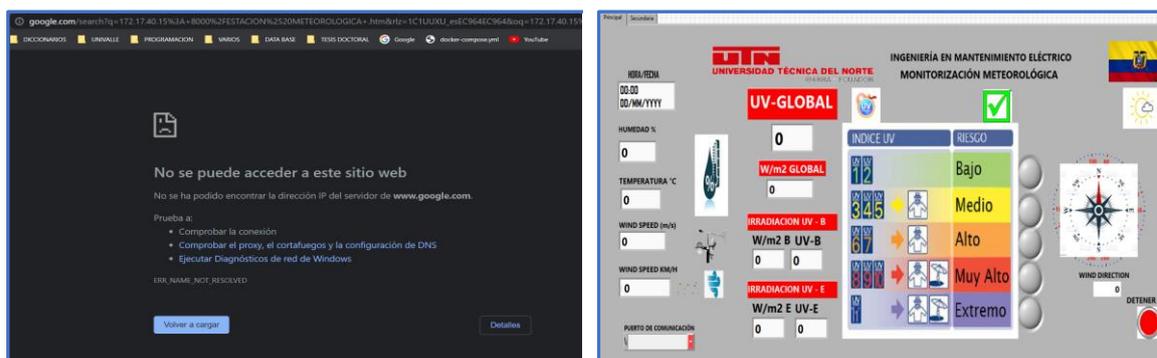


Figura 6. Caída de Servidor y Ausencia de Datos en la interfaz.
Fuente: Autor

A continuación, se presenta las diferentes soluciones en caso de existir caída del servidor web o ausencia de datos en la interfaz de monitoreo.

5.2.1 Caída del Servidor Web

Para solucionar este problema se realizan los siguientes pasos:

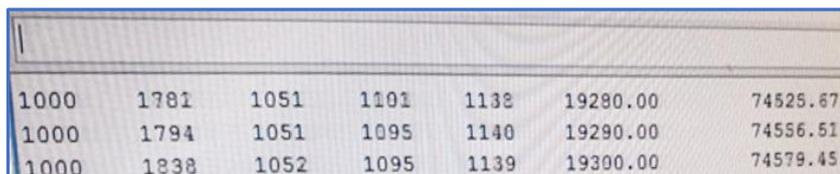
- Verificar que la señal de Internet en el campus UTN este funcional. Si no está funcional esperar a que el administrador de la red UTN solucione el problema.
- Si la red de internet del campus virtual está habilitada, ir hacia sitio donde se encuentra el computador con el software LabVIEW instalado y verificar que el Servidor WEB este activo. En caso, de que el servidor WEB no esté activo revisar la configuración de este y publicarlo nuevamente tal como se explica en el capítulo 2.6.2 literal g.
- En caso de que no exista electricidad en el campus UTN esperar a que esta se restaure y volver a encender el computador con LabVIEW instalado.

Importante: Con solo reiniciar el computador con LabVIEW instalado este volverá a levantar el Servidor WEB.

5.2.2 Ausencia de datos en la interfaz de monitoreo

Para solucionar este problema efectúan los siguientes pasos:

- a) Verificar que la placa de Arduino UNO se encuentre funcional a nivel de hardware y software, es decir, que no esté quemada y que se encuentre enviando datos por el puerto serie, respectivamente, tal como se observa en la Figura 7.



1000	1781	1051	1101	1138	19290.00	74525.67
1000	1794	1051	1095	1140	19290.00	74556.51
1000	1838	1052	1095	1139	19300.00	74579.45

Figura 7. Envío de datos de Arduino por el puerto serie

Fuente: Autor

- b) Si la tarjeta Arduino UNO se encuentra en buen estado y está enviando datos por el puerto serie se debe verificar que el módulo Xbee y sus antenas estén trabajando correctamente, caso contrario se tiene que realizar su reemplazo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

**MANUAL TÉCNICO DEL DISPOSITIVO PARA LA MONITORIZACIÓN DE
VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL CAMPUS UTN**

Autor:

Jhon Herví Gonzales Cuero

Director:

Ing. Eliana Carolina Ormeño Mejía M.Sc.

IBARRA-ECUADOR

2021

Contenido

1.Objetivo	General
.....	5
2.Objetivos	Específicos:
.....	5
3.	Introducción
.....	5
4.Equipos	y materiales
.....	5
5.	Desarrollo
.....	6
5.1 Descripción de la Estación Meteorológica	6
5.2 Equipos que conforman el dispositivo de medición de variables meteorológicas	8
5.2.1 Sensor Piranómetro de Radiación Global (RK200-03)	9
5.2.2 Sensor de Velocidad del viento (RK100-02)	12
5.2.3 Sensor de Dirección (RK110-02) del viento.	14
5.2.4 Sensor de Radiación Ultravioleta (UV-E y UV-B).	17
5.2.5 Sensor de Humedad y Temperatura (STH-10)	19
5.2.6 Datalogger (RK600-01)	21
5.2.7 Tarjeta Arduino UNO (R3)	24

5.2.8 Módulo de comunicación Xbee Pro (S3B).....	25
5.2.9 Conversor USB/SERIAL (UC232A1).....	27
6. Diagramas de conexión.....	29
6.1 Diagrama de conexión de los dispositivos a la placa Arduino UNO.....	29
6.2 Diagrama de conexión de la estación meteorológica.....	30
7..... Programaciones.....	31
7.1 Programación de Arduino de la estación meteorológica.....	29
7.2 Programación de la interfaz HMI en LabView.....	30

1. Objetivo General

Desarrollar un manual técnico en que se especifique conceptos, características, aplicaciones y especificaciones de cada equipo que conforma el dispositivo de medición de variables meteorológicas.

2. Objetivos Específicos:

- Resumir las principales características de cada equipo que conforma el dispositivo de medición de variables meteorológicas.
- Diseñar el diagrama de conexión de cada uno los dispositivos a la placa Arduino UNO.

3. Introducción

El desarrollo de un manual técnico es de gran importancia, ya que obtiene información rápida y detallada de las principales características físicas y técnicas de cada uno de los equipos que conforman el dispositivo de medición de variables meteorológicas.

4. Equipos y materiales

A continuación, se enumeran los equipos que conforman el dispositivo de medición de variables meteorológicas.

- Sensores de velocidad y dirección del viento, radiación global, radiación UV-E y UV-B, humedad y temperatura.

- Dataloggers.
- Tarjeta Arduino UNO.
- Módulo Xbee de transmisión y Recepción.
- Conversor USB/SERIAL

5. Desarrollo

5.1 Descripción de la Estación Meteorológica

Una estación meteorológica permite monitorear y realizar acciones preventivas en cuanto a las variaciones climáticas y atmosféricas, a través de la medición de factores como: la temperatura, la lluvia, la velocidad del viento entre otras, todas muy importantes para las comunidades y la industria alrededor del mundo (SensorGo, 2022).

La estación meteorológica implementada en la Universidad Técnica del Norte cuenta con los siguientes sensores:

- ✓ Sensor de dirección y velocidad del viento.
- ✓ Sensor de radiación global
- ✓ Radiómetros tipo E y tipo B
- ✓ Sensor para la adquisición de variables de temperatura y humedad. Como se puede observar en la Figura 1.

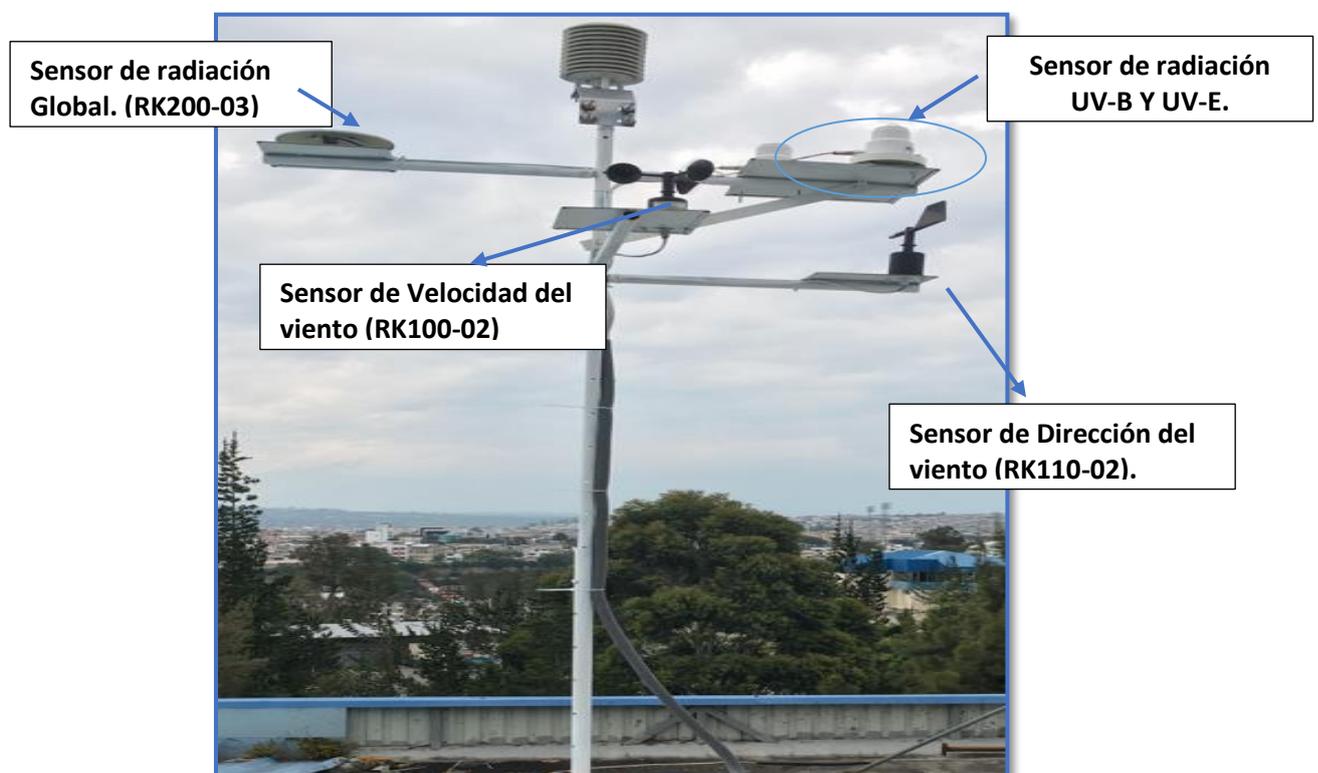


Figura 1. Estación Meteorológica implementada en UTN

Fuente: Autor

Las señales que reciben dichos sensores son enviadas a un tablero de control, en el cual se encuentran dos dataloggers y un módulo Arduino. Los dataloggers (RK600 y RK600-01) son utilizados para acondicionar, almacenar y enviar la información de los sensores de radiación global, velocidad y dirección del viento hacia las entradas del módulo Arduino. Como se puede observar en la Figura 2.

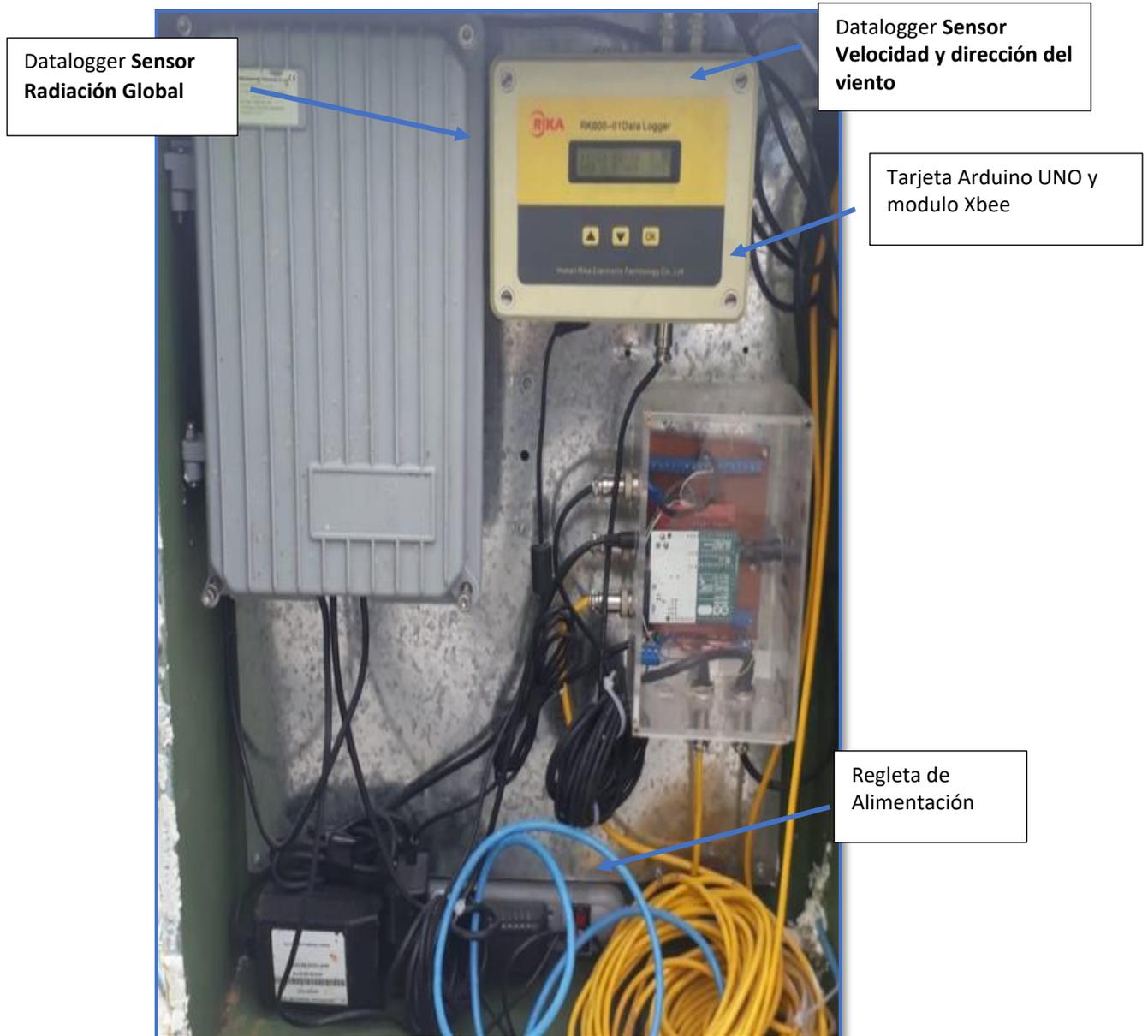


Figura 2. Tablero de Control

Fuente: Autor

Mientras, las señales de los sensores de radiación UV-B, UV-E, temperatura y humedad se conectan directamente a éstas, tal como observa en la Figura 3.

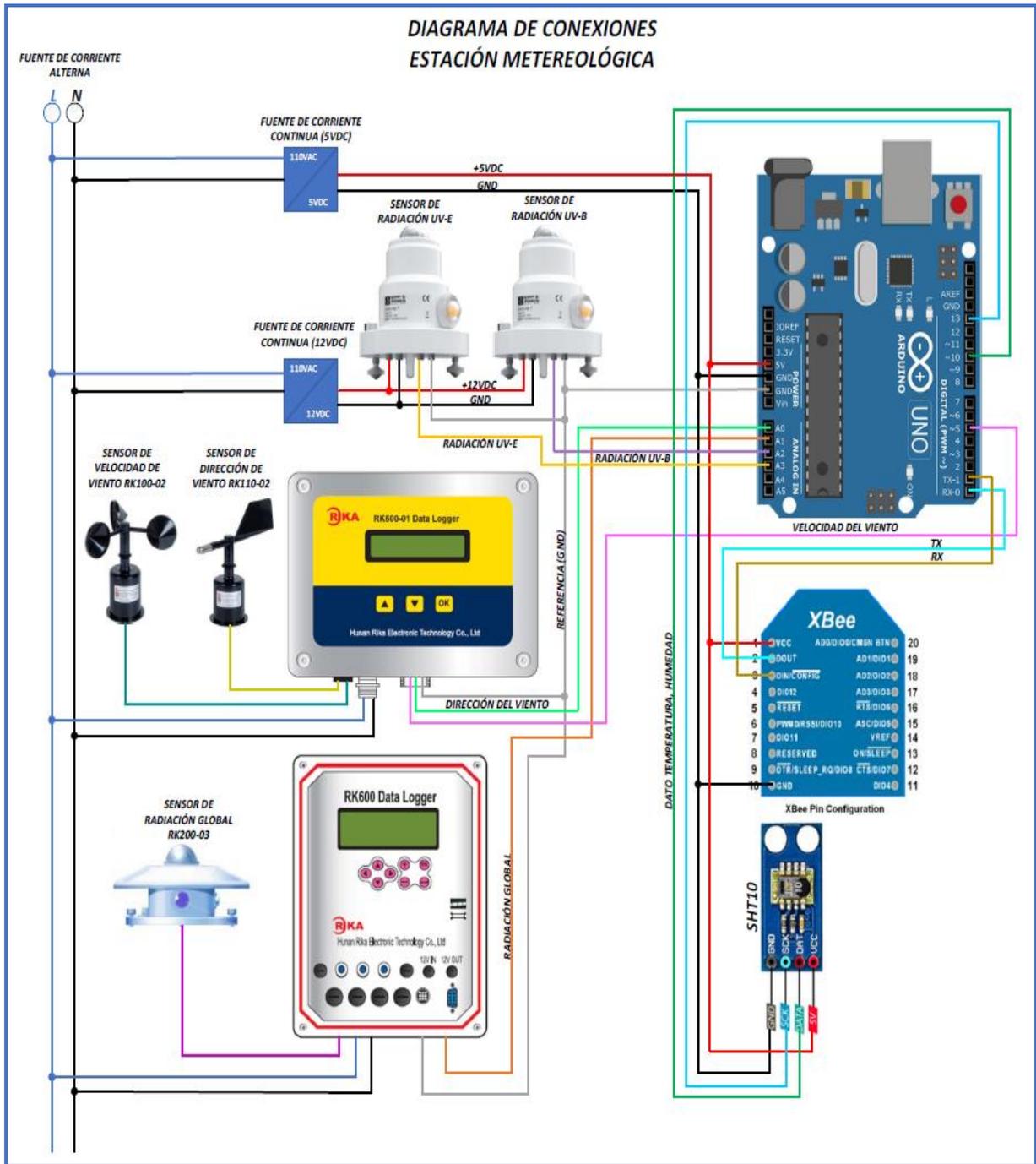


Figura 3. Tablero de Control

Fuente: Autor

5.2 Equipos que conforman el dispositivo de medición de variables meteorológicas

A continuación, se detallan los equipos utilizados para el diseño de la estación meteorológica.

Características del sensor RK200-03

5.2.1 Sensor Piranómetro de Radiación Global (RK200-03)

- Conforme a la norma de la OMM.
- Adecuado para entornos difíciles.
- Medición sin energía.
- Alta sensibilidad.
- Fácil instalación.

Descripción del Producto Piranómetro RK200-03



El sensor se fabrica en base al principio termoelectrico, el mismo que es proporcional a la radiación solar; los elementos de detección están formados por termopilas bobinadas y chapadas con múltiples contactos. Su superficie posee un revestimiento negro de alta tasa de absorción, los contactos calientes se encuentran en la superficie del sensor, mientras que la unión fría se encuentra dentro del cuerpo del sensor, la diferencia de temperatura entre la unión fría y caliente genera fuerza electromotriz. El circuito de compensación de temperatura está diseñado para reducir los efectos del ambiente en los productos.

Aplicaciones del sensor Piranómetro RK200-03

Este sensor se puede aplicarse en:

- Energía solar y generación de energía fotovoltaica
- Control de la agricultura y la silvicultura
- Control del crecimiento de los cultivos
- Turismo ecológico
- Estaciones meteorológicas

Especificaciones Técnicas

Item	Specification
Spectral range	300-3200nm
Supply	12-24VDC①
Range	0-2000W/m2
Output	0-20mV,0-5V,4-20mA,RS485②
Sensitivity	7-14μV*W-1*m2
Internal resistance	350 Ω
Non-linearity	<±2%
Measuring angle	2π solid angle
Response time	≤35s(99%)
Stability	±2%/year
Cosine correction	≤±7%(Solar elevation angle=10°)
Temperature effect	±2%(-10℃-+40℃)
Operating temperature	-40℃-+60℃
Weight(unpacked)	2.5kg
Dimension	∅165*120mm
Ingress Protection	IP65
Storage Condition	10℃-60℃@20%-90%RH

Características de Salida

- **0-20 mV**

Valores de radiación solar (W / m2) = Valor de salida de voltaje (μV) / coeficiente de sensibilidad (μV * W-1 * m2),

Cada producto tiene un coeficiente de sensibilidad respectivamente (se menciona en la etiqueta del producto)

- **0-5 V**

Valores de radiación solar (W / m2) = (V / 5) * 2000 (donde V es el valor del voltaje de salida, unidad: V)

- **4-20 mA**

Valores de radiación solar (W / m2) = ((I-4) / 16) * 2000 (donde I es el valor de corriente de salida, unidad: mA)

- **RS485**

MODBUS-RTU

Montaje & Mantenimiento

- El sensor debe instalarse al aire libre sin ningún escudo sobre la superficie de detección.
 - El conector del sensor debe estar orientado hacia el norte, fíjelo después de que la posición horizontal esté bien ajustada.
 - Compruebe la tapa del filtro con regularidad & asegúrese de que esté limpio.
 - No retire ni suelte la tapa del filtro, de lo contrario, la precisión se verá afectada.
 - Asegúrese de que el desecante esté seco. (Si el color del desecante cambia de azul a rojo o blanco, debe ser reemplazado, se recomienda reemplazar el desecante cada 6 meses.)
 - La cubierta de protección no es necesaria en caso de lluvia general, pero si lluvias fuertes prolongadas o granizo, se recomienda instalar la cubierta protectora.
- Se recomienda volver a calibrar la sensibilidad después de dos años de uso.

Fuente: (Catálogo Hunan Rika Electronic., 2021)

Características del sensor RK100-02
➤ Bajo umbral de arranque.
➤ Material general de fibra de carbono.
➤ Gran capacidad de resistencia a la corrosión.
➤ Estructura ligera.
➤ Varias señales de salida opcionales.
➤ Fácil instalación.

5.2.2 Sensor de Velocidad del viento (RK100-02)

Descripción del Producto Sensor de Velocidad del viento (RK100-02)



El sensor de velocidad del viento RK100-02 utiliza un anemómetro sensible de 3 cazoletas diseñado para medir la velocidad y la carrera del viento. Las copas están hechas de material de fibra de carbono, con alta intensidad y bajo umbral de arranque. Las unidades de procesamiento de la señal están integradas en la carcasa. Puede ser ampliamente utilizado en meteorología, marina, monitoreo ambiental aeropuerto, puerto, laboratorio, áreas industriales y agrícolas.

Aplicaciones del sensor RK100-02

Este sensor se puede aplicarse en:

- Estaciones de control meteorológico.
- En vigilancia de la seguridad de los equipos de altura.
- Puertos.
- Generación de energía solar y eólica.
- Vehículos móviles de vigilancia meteorológica.
- Buques marinos.
- Aeropuertos remotos y helipuertos.
- Túneles de carretera y ferrocarril.

Especificaciones Técnicas

Output	Pulses(5V)①	4-20mA	0-5V	RS485
Supply Voltage	5V,12V,24V	5V,12V,24V	5V,12V,24V	5V,12V,24V
Load Capacity	>1kΩ	<500Ω(typ 250Ω)	>1kΩ	
Range	0-45m/s	0-45m/s	0-45m/s	0-45m/s
Accuracy	$\pm(0.3+0.03V)m/s$; (V is the current wind speed)			
Starting Threshold	<0.5m/s			
Ingress Protection	IP55			
Operating Temperature	-40°C ~ +50°C			
Cable Grade	Nominal voltage:300V , Temperature grade:80°C			
Weight(unpacked)	170g			
Dimension	Cup rotor:ø179mm,Height:160mm			
Main material	Carbon fiber			
Storage Condition	10°C-50°C @20%-90%RH			

Características de Salida

- **Pulses**

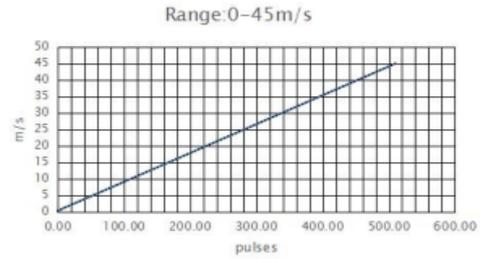
Characteristic transfer function:

$$F=0, V=0;$$

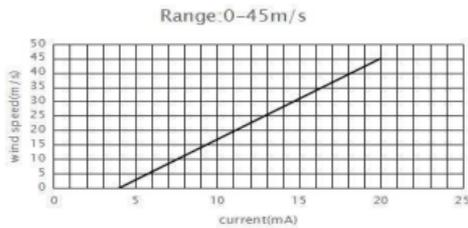
$$F \neq 0, V = 0.3 + 0.0877 \times F$$

(where V = wind speed (m/s),

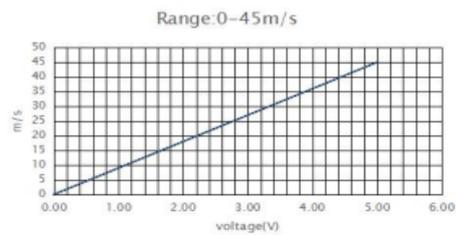
F = output frequency(Hz))



- **Current**



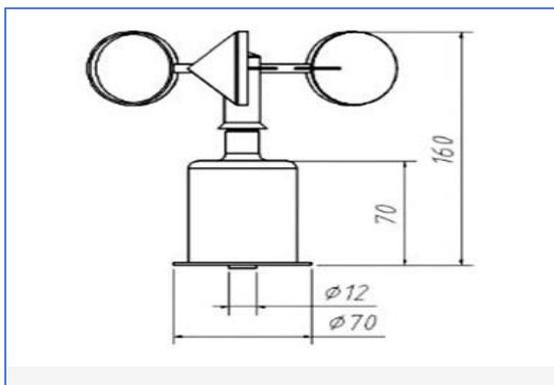
- **Voltage**



- **RS485**

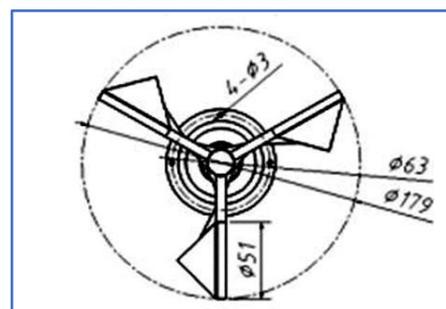
If the transmission distance is over 100m, please add a 120Ω terminal matching resistances on the front end and back end of bus interface respectively. See the modbus communication protocol specification.

Montaje en Brida



Fuente: (Catálogo Hunan Rika Electronic., 2019)

Dimensión del Conector



5.2.3 Sensor de Dirección (RK110-02) del viento.

Características del sensor RK110-02

- Bajo umbral de arranque.
- Grandes características dinámicas

- Material general de fibra de carbono.
- Gran capacidad de resistencia a la corrosión.
- Estructura ligera.
- Varias señales de salida opcionales.
- Fácil instalación.

Descripción del Producto Sensor de Dirección del Viento (RK110-02)



El sensor de dirección del viento RK110-02 es un indicador sensible de la dirección del viento que proporciona una indicación visual de dirección del viento. Los chips sensibles magnéticos de alta precisión están incorporados en la carcasa. La veleta está construida de un metal ligero de baja inercia para mostrar las direcciones del viento. El producto tiene un amplio rango, buena linealidad, fuerte anti-relámpagos, de buen rendimiento.

Aplicaciones del sensor RK110-02

Este sensor se puede aplicarse en:

- Estaciones de control meteorológico.
- En vigilancia de la seguridad de los equipos de altura.
- Puertos.
- Generación de energía solar y eólica.
- Vehículos móviles de vigilancia meteorológica.
- Buques marinos.

- Aeropuertos remotos y helipuertos.
- Túneles de carretera y ferrocarril.

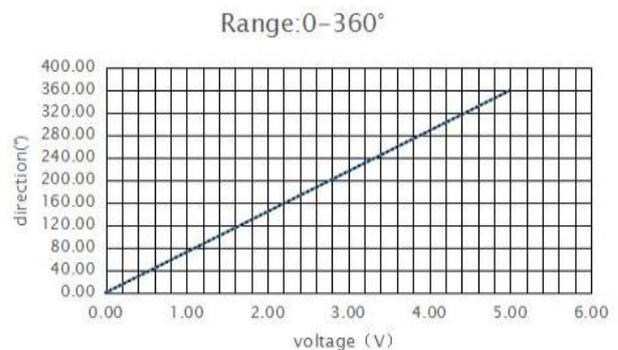
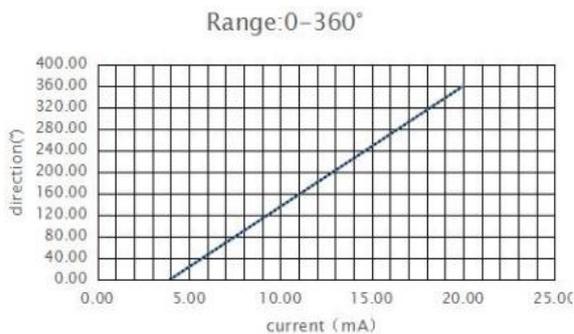
Especificaciones Técnicas

Output	4-20mA	0-5V	RS485
Supply Voltage	5V,12V-24V	5V,12V,24V	5V,12V-24V
Load Capacity	<500Ω(typ 250Ω)	>1kΩ	
Range	0~360°		
Accuracy	±3°		
Resolution	1°		
Starting Threshold	<0.5m/s		
Limit wind speed	50m/s		
Ingress Protection	IP65		
Operating Temperature	-40℃~+50℃		
Cable Grade	Nominal voltage:300V ,Temperature grade:80℃		
Weight(unpacked)	195g		
Dimension	Turning Radius:147mm,Height:199mm		
Main material	Carbon fiber		
Storage Condition	10℃-50℃@20%-90%RH		

Características de Salida

● Current (4-20mA)

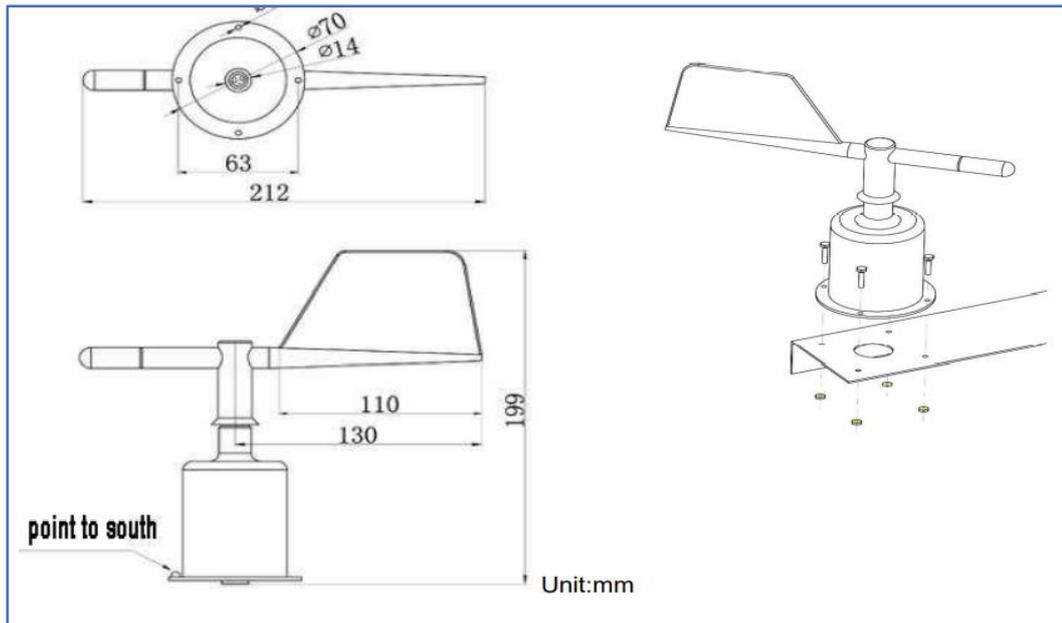
Voltage (0-5V)



Montaje en Brida

Fije los cuatro tornillos en el soporte y mantenga el producto en posición horizontal. Hay un marcador de flecha en la etiqueta. Por favor, asegúrese de que el marcador está apuntando al sur durante la instalación (puede utilizar una brújula para el posicionamiento).

Dimensión del conector : $\varnothing 15\text{mm}$ (se recomienda reservar $\varnothing 25\text{mm}$ para el cableado)



Fuente: (Catálogo Hunan Rika Electronic, 2021)

5.2.4 Sensor de Radiación Ultravioleta (UV-E y UV-B).

Descripción del Producto Radiómetros UV de banda ancha



El sensor de radiación es un instrumento de precisión que se utiliza para medir la atmósfera de la radiación ultravioleta del sol, recolectando información con respecto: al índice UV; Las respuestas espectrales de medición son: UVA, UVB y UVE. El software que posee el fabricante es exclusivo UVIATOR. Además, para detectar UVS tiene mejor precisión. Para la medición de

la irradiación UV total, el CUV 5.

Características del Tipo de Radiómetro UV

- **El radiómetro UVS-A-T:** tiene una amplia respuesta espectral optimizada para mediciones precisas de la radiación UVA atmosférica. La salida de 0-3 V representa 0-90 W/m² de radiación.
- **El radiómetro UVS-B-T:** tiene una amplia respuesta espectral optimizada para mediciones precisas de la irradiación UVB atmosférica. La salida de 0-3 V representa 0-6 W/m² de radiación
- **El radiómetro UVS-E-T,** tiene una respuesta espectral que es cercana a la acción Erythema (quemadura solar) en la piel humana. Por esta razón, un radiómetro UVB no debería utilizarse para medir la UVE, ni para calcular el índice UV solar global.

- **Los radiómetros de doble banda UVS-AB-T y UVS-AE-T;** son rentables combinando dos mediciones independientes en un solo instrumento. El rendimiento de cada banda es el mismo que el de los radiómetros de banda única

Aplicaciones del Radiómetro UV

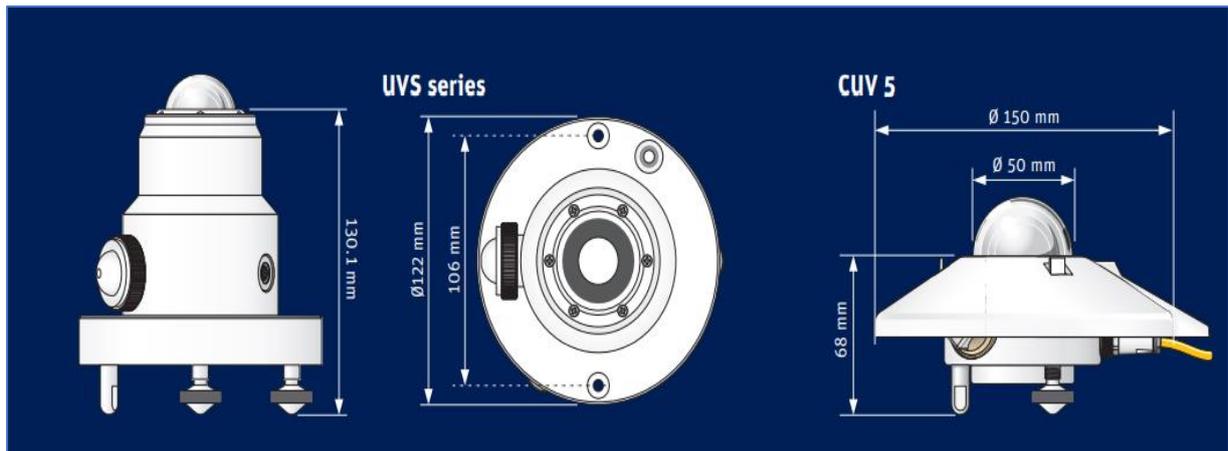
Este sensor se puede aplicar en:

- Se utiliza para comprobar fuentes de luz y simuladores solares para la investigación
- Las mediciones de UVA y UVB se utilizan para controlar e investigar los efectos de la radiación UV solar en plantas y animales.
- Ensayos de los efectos del envejecimiento por la exposición a los rayos UV en el exterior que causan degradación, como fragilidad y decoloración.
- Pruebas ambientales controladas utilizando fuentes de luz Uv artificial.
- Se utilizan a menudo para calcular el índice UV para la información de salud pública.
- Se mide en el desarrollo de cosméticos bloqueadores y cremas solares, y materiales de protección para la piel.
- Informes meteorológicos y del cambio climático.

Especificaciones Técnicas

Specifications	UVS-A-T	UVS-B-T	UVS-E-T	CUV 5
Spectral response (see graphs)	315 to 400 nm	280 to 315 nm	ISO 17166:1999 CIE S 007/E-1998	280 to 400 nm
Typical calibration factor	30 W/m ² /V	2 W/m ² /V	0.2 W/m ² /V	N/A
Typical sensitivity	N/A	N/A	N/A	300 to 500 μV/W/m ²
Output range	0 to 90 W/m ²	0 to 6 W/m ²	0 to 0.6 W/m ²	0 to 400 W/m ²
Zero offset (in darkness)	< 10 mV			N/A
Response time (95%)	< 1.5 s			< 1 s
Non-stability (change/year)	< 5 %			< 5 %
Non-linearity (over full range)	< 1 %			< 1 %
Directional error	< 2.5 % (up to 70 ° zenith angle)			< 5 % (up to 80 ° zenith angle)
Temperature dependence of sensitivity	Temperature stabilized internally at +25 °C, ±2 °C			-0.1 %/°C
Impedance (nominal)	500 Ω			10 KΩ
Operating temperature	-40 to +50 °C			-40 to +80 °C
Expected daily uncertainty	< 5 %			< 5 %
Internal temperature output	2.5 V at +25 °C			N/A
Power supply	7 to 18 VDC / 8 W			N/A
Calibration data supplied	Nominal sensitivity, spectral response, solar zenith angle corrections, Ozone column corrections			Sensitivity
UVIATOR software	Included, corrects for solar zenith angle and Ozone column concentration			N/A
Specifications for dual-band UVS-AB-T and UVS-AE-T are for each band the same as for the single-band UVS-A-T, -B-T and -E-T models				
UVS has a standard cable length of 10 m, optional cable length 25 m				
CUV 5 has a standard cable length of 10 m, optional cable lengths 25 m and 50 m				
N/A means that the specification is not applicable				
Note: The performance specifications quoted are worst-case and/or maximum values				

Montaje



Fuente: (Catálogo Kipp & Zonen, 2020)

5.2.5 Sensor de Humedad y Temperatura (STH-10).

Características del sensor de Humedad y Temperatura

- Consumo eléctrico: 0,15mW (Promedio).
- Tipo de interface: interfaz two wire (Digital).
- Rango de medición 0-100% RH
- Rango de temperatura -10°C – 80°C.
- Precisión de humedad: ±5.0%RH.
- Precisión de Temperatura: ±0.5°C.
- Tamaño: 49mm x 14mm.

Descripción del Producto Sensor de Humedad y Temperatura.



El sensor de humedad y temperatura SHT10 es robusto y resistente al oxido, Además está construido a base de metal, lo cual le permite funcionar en condiciones de mucho polvo y su habilidad para poder ser colgado de una pared lo hace muy fácil de instalar.

La malla metálica que cubre el sensor esta imbuida con cobre, lo que aumenta tanto su resistencia a la temperatura, presión y desgaste mecánico. La interfaz serial de dos cables y regulación de voltaje interna, permiten una integración sencilla y rápida para tus proyectos.

Este producto es totalmente compatible con Arduino.

Aplicaciones del sensor Humedad y Temperatura

Este sensor se puede aplicarse en:

- Estaciones de monitoreo.
- Gabinetes de control electrónico.
- Sitios de producción; Bodegas.
- Cuartos de maquinaria.
- Viveros.
- Granjas de animales.
- Medicina, etc.

Especificaciones Técnicas

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time ³ τ (63%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶ τ (63%)		5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

Fuente: (Sensirion Company, 2015)

5.2.6 Datalogger (RK600-01)

Características del Sensor de Datalogger (RK600-01)

- Visualización en tiempo real
- Interfaz de múltiples sensores
- Gran capacidad de almacenamiento
- Tipos de interfaz de comunicación
- Almacenamiento externo en disco U opcional.
- Inalámbrico opcional
- Fuente de alimentación solar opcional

Descripción del Producto Dispositivo de Datalogger (RK600-01)



Dispositivo de registro y adquisición de datos; almacenamiento, transmisión y gestión, y otras funciones. Data Logger puede conectar 2 a 3 sensores al mismo tiempo, posee botones para configuración y una pantalla LCD para visualización de los datos. También puede comunicarse con PC a través de cable o conexión inalámbrica, y puede trabajar con el sensor de velocidad del viento, el sensor de dirección del viento, el sensor de radiación, sensores de lluvia, sensor de nivel de líquido, etc.

Aplicaciones del sensor Datalogger RK600-01

Este dispositivo se puede aplicar en:

- Monitorear procesos de fabricación de todo tipo.
- Monitorear las condiciones de cultivo en invernaderos y granjas.
- Monitorear las condiciones ambientales de productos farmacéuticos durante la fabricación y el almacenamiento.
- Industria aeroespacial.
- Industria automovilística.
- Industria química.
- Industria Textil.

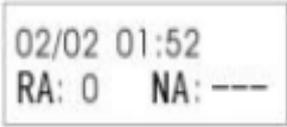
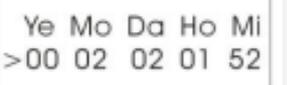
Especificaciones Técnicas

Item	Details
LCD	64 * 14
Internal storage	4M (If set to store every 4 hours can store data for more than 1 years)
External storage	Use special U disk to store data (optional function)
Data interface	RS232, RS485, USB(optional)
Communication mode	Ethernet(add RS232 to Ethernet converter); GPRS(add RS232 to GPRS converter),data flow consumption: <70MB/month WIFI(add RS232 to WIFI converter)
Supply	12VDC, AC110V, AC220V, solar power supply system optional
Record interval	1min-240min adjustable
Power consumption	2W
Operating temperature	-40-+75°C
Sensor connection	Match RIKA wind speed sensor, wind direction sensor, radiation sensor, rainfall sensors, liquid level sensor, etc.
Shell material	ABS(installed in the protective box);
Meteorological monitoring software(free)	Use to display, analysis and storage data on the PC

Instrucciones Clave

	Modificar el parámetro
	Mover el cursor
OK	Los cambios en los parámetros serán efectivos después de que todos los parámetros sean modificados y la interfaz cambie a la pantalla principal). los parámetros se modifican y la interfaz pasa a la pantalla principal)

Funcionamiento

	Cuando la fuente de alimentación está encendida, la pantalla muestra: La fecha actual, la hora y los datos en tiempo real del sensor.
	Pulse OK para entrar en la "Interfaz de ajuste de fecha y hora", Año (Ye) Mes (Mo) Fecha (Da) Hora (Ho) Minutos (Mi); Cursor (>)

Interval: 10	Pulse "OK" para entrar en la "Interfaz de ajuste del intervalo de tiempo de grabación de datos", se puede ajustar en 1-240, unidad: minutos.
Address: 1	Pulse "OK" para acceder a la "Interfaz de ajuste de la dirección de correo", puede ajustarse entre 0 y 255.
Load Default: Yes > No	Presione "OK" para ingresar a la "Interfaz de configuración del conjunto del sistema": Seleccione "Sí" para realizar un comando de reinicio; "No" para cancelar el reinicio. Todos los ajustes están completados, presione "OK" para volver a la pantalla principal.

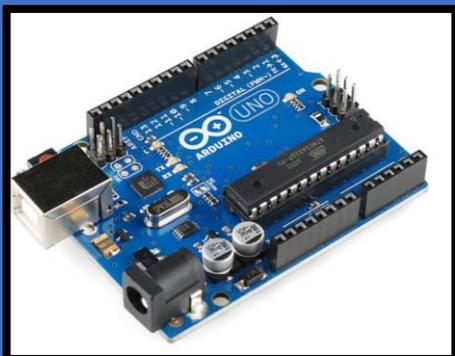
Fuente:(Hunan Rika Electronic, 2021)

5.2.7 Tarjeta Arduino UNO (R3).

Características de la Tarjeta Arduino

- Microcontrolador ATmega 328 P.
- Voltaje de funcionamiento: 5V. Rango de entrada entre 7-12 V. L. máx. 6 y 20 V.
- Pines de E/S digitales: 14(6 salida PWM). Pines de entrada analógica: 6 Pines. Corriente continua por pin: 20 mA. Corriente CC para 3.3 V por pin: 50 mA
- Memoria Flash: 32KB (ATmega 328 P) de la cual 0.5 KB utilizada por el gestor de arranque (bootloader).
- SRAM:2KB. / EEPROM: 1KB.
- Velocidad del reloj: 16 MHZ.
- Longitud: 68.6 mm y Ancho: 53.4 mm

Descripción del Producto ARDUINO UNO R3



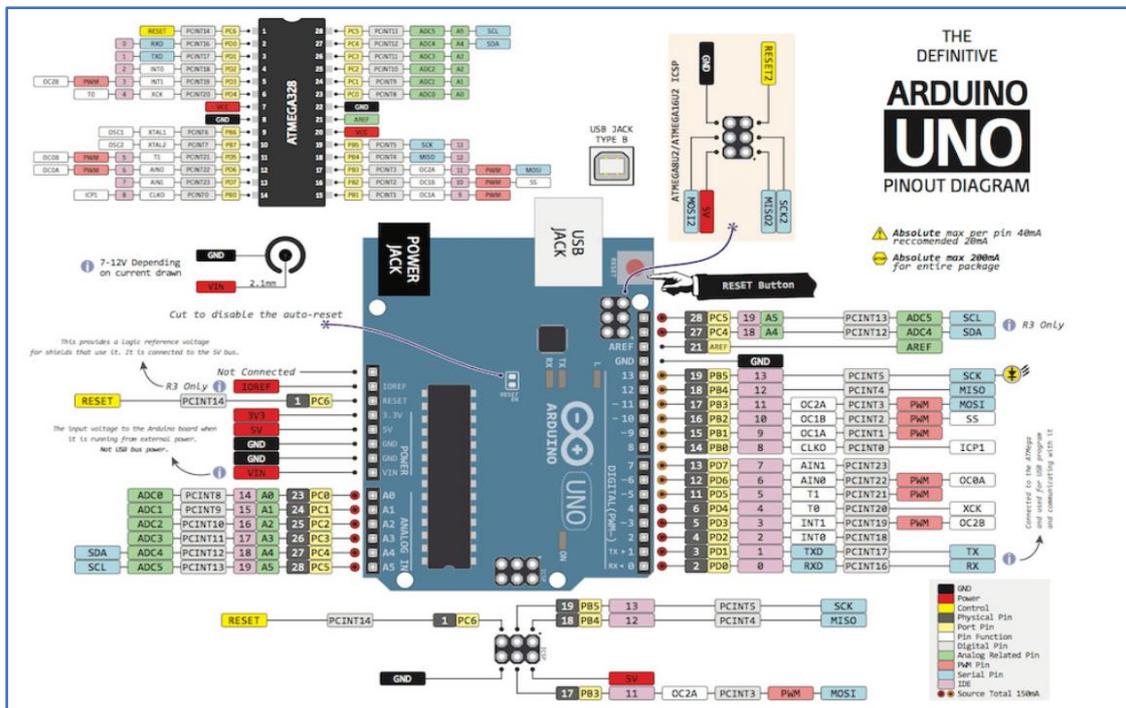
La tarjeta electrónica Arduino es un microcontrolador de fácil acceso, este dispositivo usa una plataforma de software y hardware libre, el mismo que sirve para desarrollar un sinnúmero de proyectos identificando y transmitiendo diferentes señales sean estas Analógicas o Digitales. (Arduino, 2021).

Aplicaciones de Arduino UNO

Esta tarjeta electrónica y se puede aplicar en:

- Automatización industrial.
- Domótica.
- Herramienta de prototipado.
- Plataforma de entrenamiento para aprendizaje de electrónica.
- Tecnología para artistas.
- Proyectos de eficiencia energética, monitorización, adquisición de datos.
- Aprendizaje de habilidades tecnológicas y programación.
- En la educación en formación profesional y la universitaria.

Diagrama de Conexiones



Fuente: (Arduino, 2021)

5.2.8 Módulo de comunicación Xbee Pro (S3B).

Características de la Xbee

- Es compatible con otros ZigBee.
- 15 pines I/O de propósito general.
- Bajo consumo de corriente (1uA en modo sleep)
- Módulo de costo accesible.
- De fácil instalación.



Es un módulo de bajo costo que permite realizar conexiones inalámbricas entre dispositivos electrónicos. Trabaja con una frecuencia de 2.4Ghz y te permitirá crear redes de conexión punto a punto, punto a multipunto, broadcast y mesh. Además, se incorpora a la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) que provee un intercambio de datos con una alta velocidad entre dispositivos, optimizando la conexión con microcontroladores.

Este modelo posee un alcance de hasta 60 metros en lugares cerrados y hasta 1200 metros en lugares exteriores, línea vista y en las mejores condiciones.

Aplicaciones del módulo Xbee

Este módulo Xbee se puede aplicarse en:

- Para aplicaciones de comunicación a larga distancia.
- Aplicaciones en robótica, electrónica, automatización, industria Alimenticia, etc.
- En la educación en formación profesional y la universitaria. Ejemplo:



Especificaciones Técnicas

HARDWARE		
PROCESSOR	ADF7023 transceiver, Cortex-M3 EFM32G230 @ 28 MHz; Programmable includes: Freescale MC9S08QE32	
FREQUENCY BAND	902 to 928 MHz, software selectable channel mask for interference immunity	
ANTENNA OPTIONS	Wire, U.FL and RPSMSA	
PERFORMANCE		
RF DATA RATE	10 Kbps or 200 Kbps	
INDOOR/URBAN RANGE*	10 Kbps: up to 2000 ft (610 m); 200 Kbps: up to 1000 ft (305 m)	
OUTDOOR/ LINE-OF-SIGHT RANGE*	10 Kbps: up to 9 miles (15.5 km); 200 Kbps: up to 4 miles (6.5 km) (with 2.1dB dipole antennas)	
TRANSMIT POWER	Up to 24 dBm (250 mW) software selectable	
RECEIVER SENSITIVITY	-101 dBm @ 200 Kbps, -110 dBm @ 10 Kbps	
FEATURES		
DATA INTERFACE	UART (3V), SPI	
GPIO	Up to 15 Digital I/O, 4 10-bit ADC inputs, 2 PWM outputs	
NETWORKING TOPOLOGIES	DigiMesh, Repeater, Point-to-Point, Point-to-Multipoint, Peer-to-Peer	
SPREAD SPECTRUM	FHSS (Software Selectable Channels)	
PROGRAMMABILITY		
MEMORY	N/A	32 KB Flash / 2 KB RAM
CPU/CLOCK SPEED	N/A	HCS08 / Up to 50.33 MHz
POWER		
SUPPLY VOLTAGE	2.1 to 3.6 VDC	2.4 to 3.6 VDC
TRANSMIT CURRENT	215 mA	229 mA
RECEIVE CURRENT	29 mA	44 mA
SLEEP CURRENT	2.5 uA	3 uA
REGULATORY APPROVALS		
FCC (USA)	MCQ-XB900HP	
IC (CANADA)	1846A-XB900HP	
C-TICK (AUSTRALIA)	Yes	
ANATEL (BRAZIL)	Yes	
IDA (SINGAPORE)	Yes	

Fuente:(DIGI Service & support, 2021)

5.2.9 Conversor USB/SERIAL (UC232A1).

Características del USB/SERIAL (UC232A1).

- Soporta interface RS232
- Totalmente compatible con las especificación USB.
- Hasta 921.6 Kbps de transferencia.
- Trabaja con teléfonos celulares, PDA, cámaras digitales, módems y terminales ISDN.

Descripción del Producto USB/SERIAL (UC232A1).



El convertor de puerto serie UC232A1 USB a RS232 es el accesorio ideal para ordenadores portátiles y de sobremesa que no tienen un puerto serie COM o DB9. Es compatible con sistemas PC y Mac, con velocidades en baudios de hasta 921.6 Kbps para una transmisión rápida. Ofrece una solución de conectividad cómoda para sistemas de automatización industrial, instrumentos científicos, sistemas de punto de venta y otras aplicaciones y otras aplicaciones industriales especializadas y de consumo.

Aplicaciones del convertidor USB a 232

Este dispositivo se puede aplicar en:

- Si usted necesita comunicar un microcontrolador, por medio del puerto serie, es necesario contar con un módulo como este, ya que el formato de tensiones entre el conector DB9 del PC son distintas a las TTL Seriales de 5V de los microcontroladores.
- Es aplicable a una variedad de plataformas, incluyendo Arduino, PIC, AVR, ARM, Raspberry Pi, etc.
- Para transferencia de datos.
- Para impresoras.

Especificaciones Técnicas

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ideal para aquellos dispositivos con USB que no disponen de puerto serie RS-232, tales como Ordenadores portátiles, PDA, Módem, • Compatible con USB 2.0 • Velocidad de transmisión de hasta 1 Mbps • Dispositivo plug & play (reconocimiento automático) • Incluye CD con <i>drivers</i> y manual de instalación • Compatible con Windows 98, 2000 , XP y MAC OS • Longitud del cable: 1.5m • Empaquetado blister individual. | <ul style="list-style-type: none"> • <i>This product is intended to those devices with USB port but not RS-232 serial port integrated, such as Laptop, PDA, modem ...</i> • <i>USB 2.0 compatible</i> • <i>Up to 1 Mbps of transmission speed</i> • <i>Plug & Play</i> • <i>CD included with drivers and installation guide.</i> • <i>Supports Windows 98, 2000 , XP & MAC OS</i> • <i>Cable length: 1.5m</i> • <i>Individual blister packing</i> |
|--|---|

Fuente: (ATEN-Internacional, 2021)

6. Diagramas de conexión.

6.1 Diagrama de conexión de los dispositivos a la placa Arduino UNO.

A continuación, en la Figura 4, se presenta el diagrama de conexión de cada uno de los dispositivos a la placa Arduino UNO.

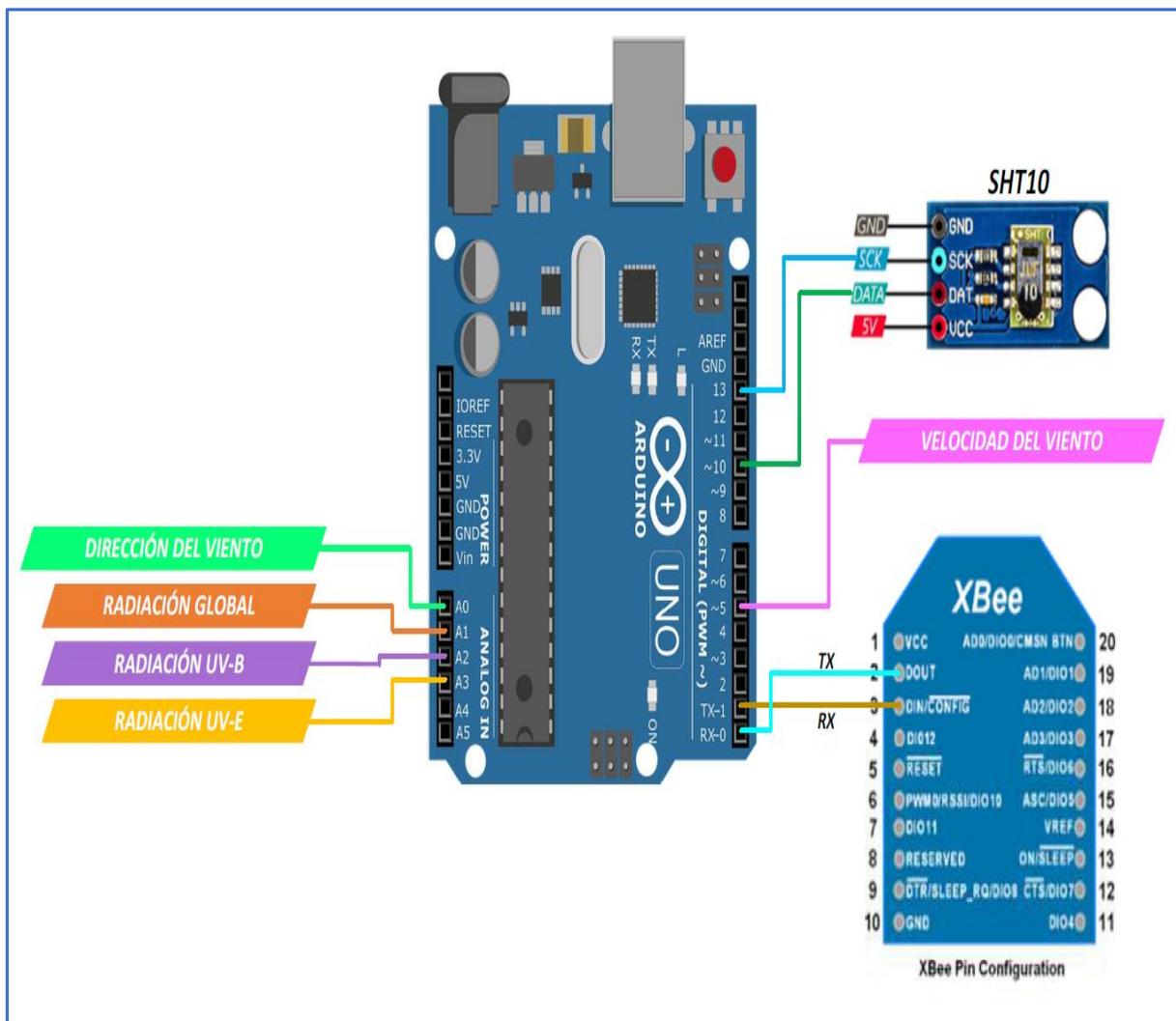


Figura 4. Diagrama de conexiones, sensores, Arduino y Xbee

Fuente: Autor

6.2 Diagrama de conexión de la estación meteorológica.

En la Figura 5, se observa las conexiones de la estación meteorológica completa, que fue instalada en la UTN.

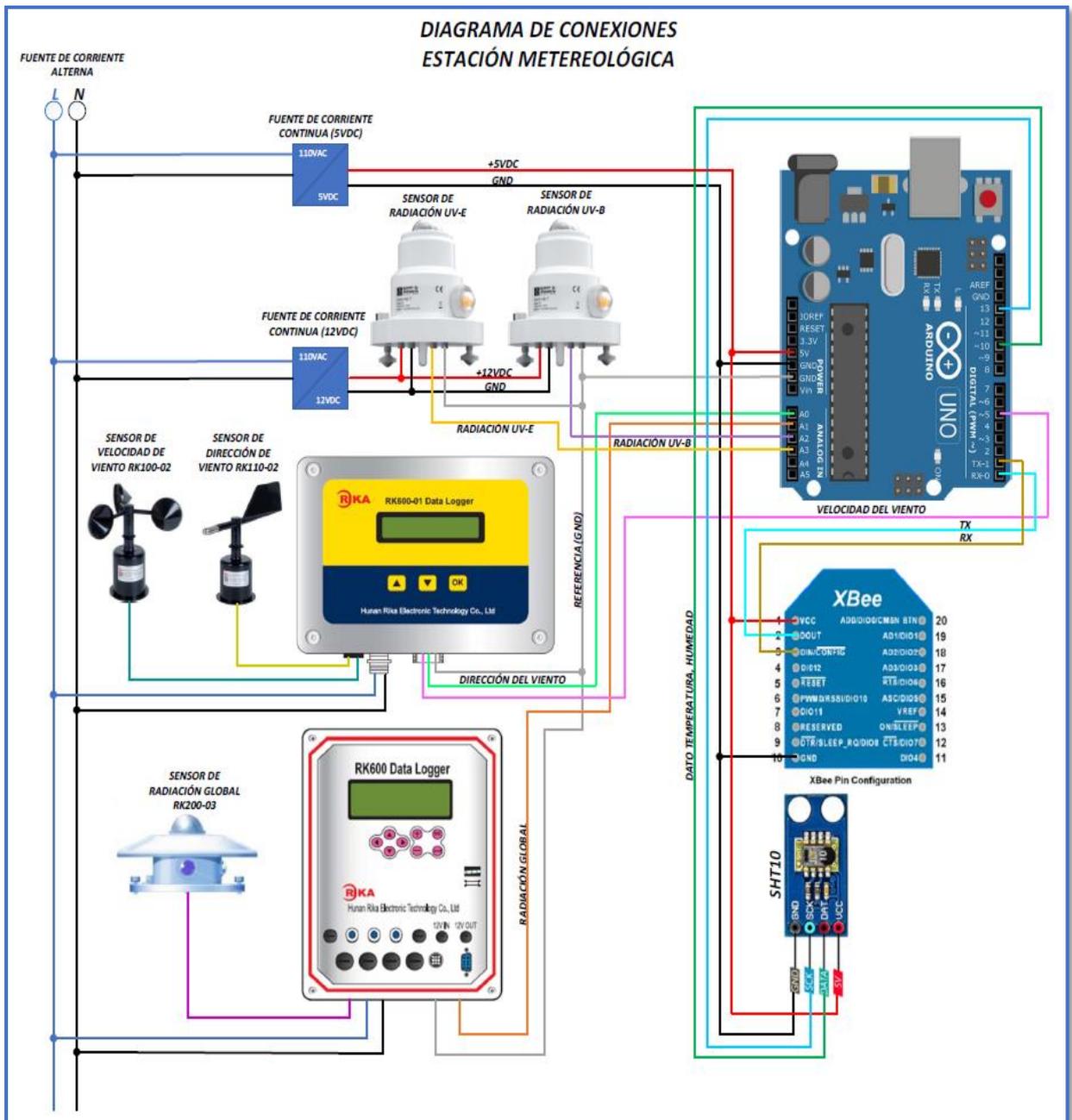


Figura 5. Diagrama de conexión de la estación meteorológica.

Fuente: Autor

7. Programaciones.

7.1 Programación de Arduino de la estación meteorológica.

A continuación, se describe la programación en Arduino realizada para la estación meteorológica.

```
#include <Arduino.h>

#include <SHT1x.h> // LIBRERÍA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

#include <SoftwareSerial.h> // LIBRERÍA PUERTO SERIAL

#include <FreqCount.h> //LIBRERIA DEL SENSOR ANEMÓMETRO

#define pin_sensor A0 //PIN SENSOR ANALOGO DIRECCION DEL VIENTO

#define pin_sensor2 A1 //PIN SENSOR DE RADIACION GLOBAL

#define pin_sensor3 A2 //PIN SENSOR UV 1

#define pin_sensor4 A3 //PIN SENSOR UV 2

// PINES DE CONEXIÓN SENSOR HUMEDAD Y TEMPERATURA

#define dataPin 10 // 'PIN CABLE AMARILLO

#define clockPin 13 // PIN cable azul ; cable CAFE- ROJO=VCC 5+; cable negro -verde =GND

SHT1x sht1x(dataPin, clockPin); // VARIABLE DONDE SE ALMACENA LOS DATOS

int adc; //Variable para obtener los valores en el 1 paso

int voltaje; //Variable para obtener el voltaje en el 2 paso

int adc1; //Variable para obtener los valores en el 3 paso

int voltaje2; //Variable para obtener el voltaje en el 4 paso

int adc3; //Variable para obtener los valores en el 5 paso

int voltaje3; //Variable para obtener el voltaje en el 6 paso

int adc4; //Variable para obtener los valores en el 7 paso

int voltaje4; //Variable para obtener el voltaje en el 8 paso

void setup() {

    Serial.begin(9600); //VELOCIDAD DEL PUERTO DE COMUNICACIÓN

    FreqCount.begin(1000); // ASIGANA 1000ms PARA OBTENER LA FRECUENCIA DEL

    PULSOS DEL ANEMOMETRO

    pinMode(A0, INPUT); // PUERTO ANALOGO DEL SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO

    pinMode(A1, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO SENSOR DE UV - GLOBAL

    pinMode(A2, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO DEL SENSOR DE RADIACIÓN UV1 KIPZONEN

    pinMode(A3, INPUT); // PUERTO ANÁLOGO DEL SENSOR DE RADIACIÓN UV2

    KIPZONNEN

}

void loop() // LAZO CERRADO DEL PROGRAMA
```

```

{
// EL PROGRAMA SE EJECUTA DE MANERA CÍCLICA TODO EL TIEMPO SIN INTERRUPCIÓN
// COMO EN LA LECTURA DE DATOS EL PROGRAMA ENVIA UNA CADENA DE DATOS DE X DIGITOS
// EL PROGRAMA EN LABVIEW NO VA A SABER QUE DIGITO LE PERTENECE A - X SENSOR
// POR ELLO SE ASIGNA UN VALOR DE 1000 A CADA LECTURA DE LOS SENSORES DE TAL FORMA
// QUE ASEGURE SIEMPRE TENER 4 DIGITOS EN TODOS LOS SENSORES DE ESTA MANERA LABVIEW
// RECONOCE EL NUMERO DE DIGITOS Y ASIGNA SU VALOR DE LECTURA A CADA SENSOR ASÍ
// SE ASEGURA LA LECTURA Y NO PIERDE LECTURA EN LA CANTIDAD DE DATOS

    unsigned long count = 1000 + FreqCount.read(); // CREACION DE LA VARIABLE COUNT PARA
    ALMACENAR EN ELLA

    //EL CONTEO DE LA FRECUENCIA DE PULSOS DEL ANEMOMETRO

    adc = analogRead(pin_sensor); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN0), DIRECCIÓN DEL VIENTO

    voltaje = (1000 + adc); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN0), SE SUMA 1000 PARA
    FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

    adc1 = analogRead(pin_sensor2); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN1), RADICACIÓN GLOBAL

    voltaje2 = ((1000 + adc1) ); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN1), SE SUMA 1000
    PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

    adc3 = analogRead(pin_sensor3); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN2), RADICACIÓN UV-B

    voltaje3 = (1000 + adc3); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN2), SE SUMA 1000 PARA
    FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

    adc4 = analogRead(pin_sensor4); //LECTURA DEL PIN ANALÓGICO (AN3), RADIACIÓN UV-E

    voltaje4 = ((1000 + adc4)); // ALMACENAMIENTO DEL VALOR OBTENIDO EN (AN3), SE SUMA 1000
    PARA FACILITAR SU LECTURA EN LA INTERFAZ DE LABVIEW

    float temp_c;

    float humidity;

    //LECTURA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

    temp_c = sht1x.readTemperatureC();

    humidity = sht1x.readHumidity();

//ENVIO DE DATOS POR EL PUERTO SERIE

//Paso1, Envio de la velocidad del viento

Serial.print(count);

Serial.print("\t");

//Paso 2, Envio de dirección del Viento

Serial.print(voltaje);//

Serial.print("\t");

```

```

//Paso 3, Envió de la radiación UV
Serial.print(voltaje2);
Serial.print("\t");
//Paso 4, Envió de la radiación UV-B y UV-E
Serial.print(voltaje3);
Serial.print("\t");
Serial.print(voltaje4);
Serial.print("\t");

//Envio de los datos de temperatura y humedad
Serial.print(temp_c * 1000);
// Se multiplica por 1000 para obtener un número más preciso con todos sus decimales
Serial.print("\t");
Serial.print(humidity * 1000);
// Se multiplica por 1000 para obtener un número más preciso con todos sus decimales
Serial.print("\t");
Serial.println( );
delay(5);
}

```

7.2 Programación de la interfaz HMI de la estación meteorológica

A continuación, se muestra la programación de la estación meteorológica en el software LabView, a través de la interfaz HMI.

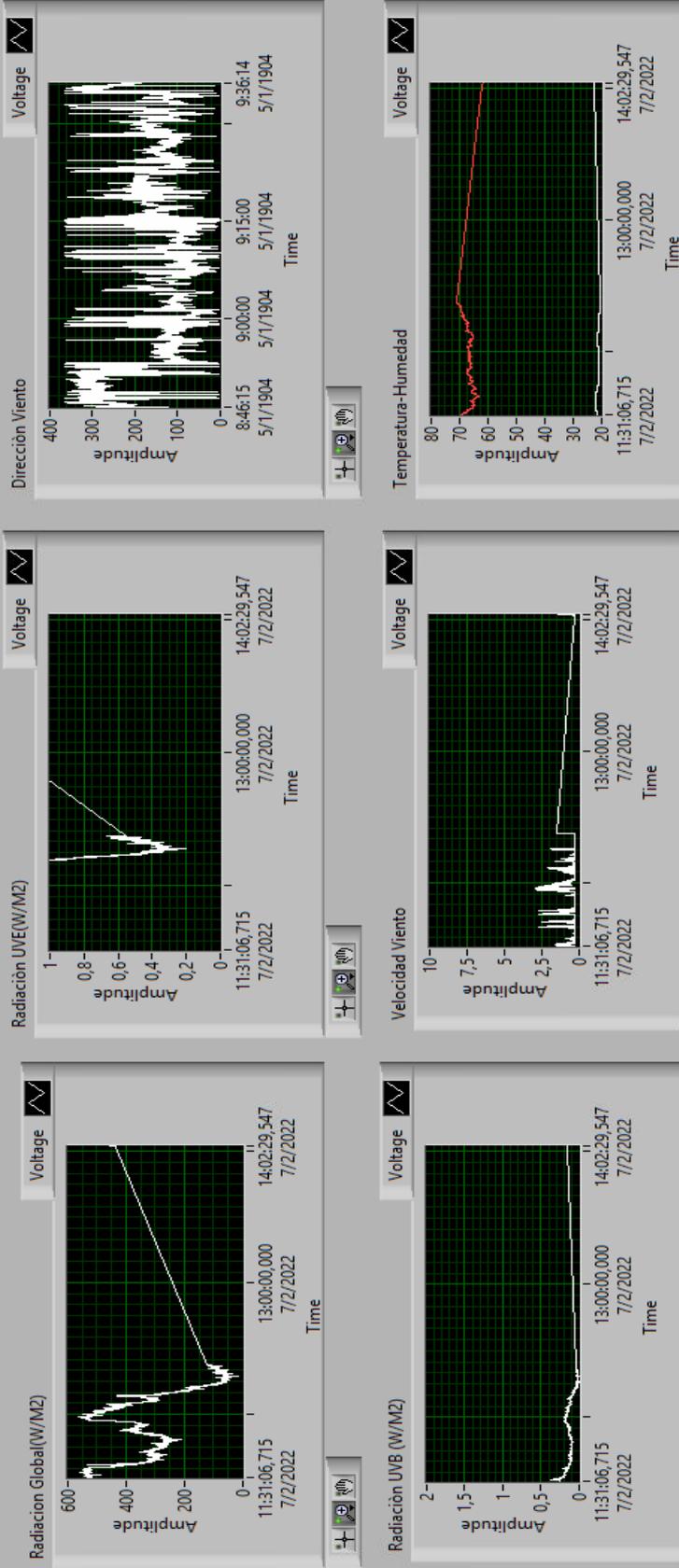


Panel Frontal

HORA/FECHA 2
14:02
7/2/2022



MONITORIZACIÓN METEOROLÓGICA INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



Grabar datos
Grabando...

Filename
g C:\Users\SUPERVISOR\Desktop\FINAL UTN - 2\Datos_Excel\backup50.xlsx

Panel Frontal

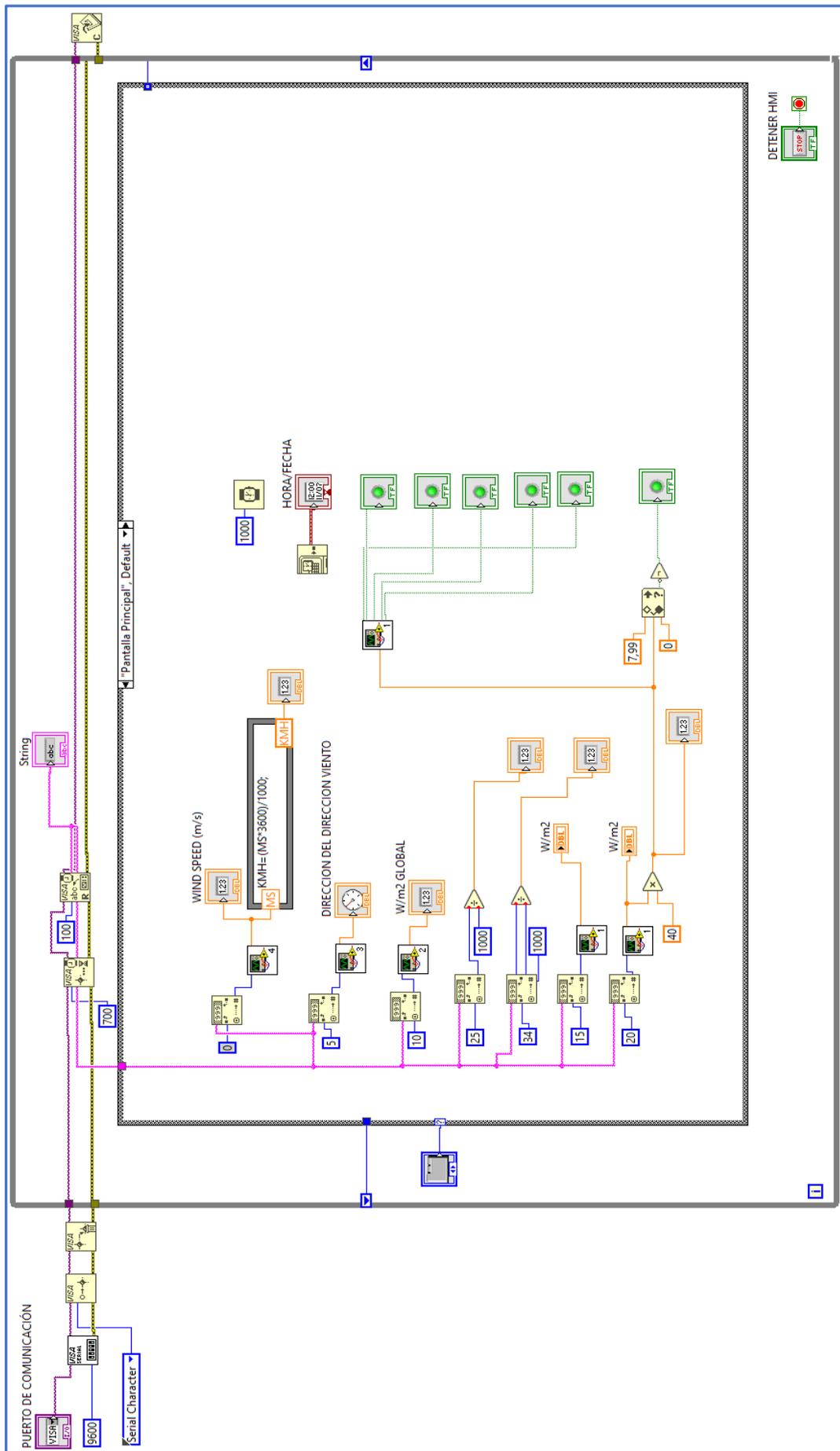


Diagrama de Bloques

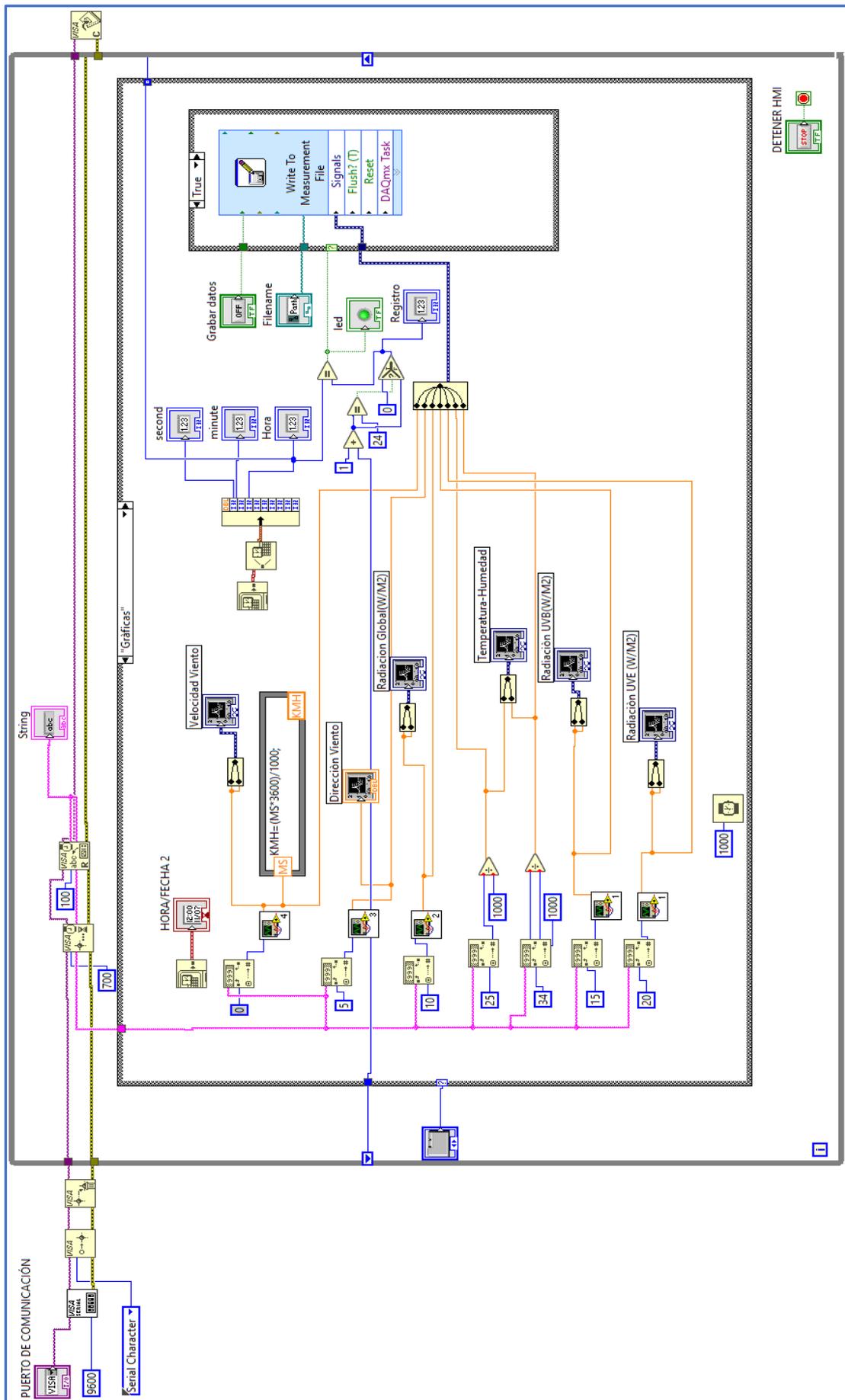


Diagrama de Bloques

Bibliografía

- Arduino. (2021). *Arduino UNO*. <https://arduino.cl/categoria-producto/arduino/tarjetas-arduino/>
- ATEN-Internacional. (2021). *Convertidor USB-R232*.
<https://www.aten.com/es/es/products/usb-&-thunderbolt/conversores-usb/uc232b/>
- Catálogo Hunan Rika Electronic. (2019). *RK100-02 Wind Speed Sensor*. 24–26.
http://www.rikasensor.com.cn/products_detail/productId=30.html
- Catálogo Hunan Rika Electronic. (2021). *Pyranometer RK200-03*. 3.
<https://es.rikasensor.com/rk200-03-pyranometer-radiation-monitor.html>
- Catálogo Hunan Rika Electronic. (2021). *Sensor RK110-02 para la dirección del viento*. 24–26.
- Catálogo Kipp & Zonen. (2020). *Broadband UV Radiometers*.
- DIGI Service & support. (2021). Digi XBee Zigbee. *Data Sheet*.
- Hunan Rika Electronic. (2021). *Datalogger*.
- Sensirion Company. (2015). *Sensor de humedad y temperatura IC. December*, 1–12.
- SensorGo. (2022). *Estación Meteorológica*. <https://sensorgo.mx/estaciones-meteorologicas/>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DEL DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL CAMPUS UTN

Autor:

Jhon Herví Gonzales Cuero

Director:

IBARRA-ECUADOR

2022

Contenido

1.Objetivo	General
.....	41
2.Objetivos	Específicos:
.....	41
3.	Introducción
.....	41
4.Aspectos generales para el mantenimiento	
.....	43
5. Desarrollo del Manual de Mantenimiento	44
5.1 Planillas de visita	44
5.2 Calidad de los registros	48
5.3 Estructura Principal	49
5.4 Gabinete	49
5.5 Mantenimiento de las unidades sensoriales	50
5.5 Mantenimiento de las fuentes de alimentación	51
5.6 Mantenimiento del sistema de adquisición de datos	51
5.7 Visita correctiva	52
5.	Conclusiones
.....	52

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA UTN

8. Objetivo General

Definir el conjunto de actividades necesarias para mantener un buen estado de los equipos e instalaciones de la estación meteorológica en el campus de la UTN. Además, reducir los daños que pueden ocasionarse por el ambiente, el desgaste del tiempo, y el uso continuo de dichos equipos.

9. Objetivos Específicos:

- Garantizar la operatividad de la estación meteorológica.
- Conservar la fiabilidad de medición de las variables en los dispositivos y equipos.
- Mitigar las consecuencias por fallos de los dispositivos y equipos para prevenir incidencias en la estación meteorológica.

10. Introducción

El mantenimiento de cualquier dispositivo electrónico o instalación eléctrica es indispensable para conservar un buen estado de los equipos, por lo que, es importante tener estos procedimientos en un Manual que resuma las actividades necesarias para el mantenimiento de dispositivos que mitiguen los daños del ambiente y de uso.

La estación meteorológica está expuesta a la intemperie por lo cual es importante reducir errores en la medición de las variables, para obtener datos con exactitud, y mantener el equipo en perfectas condiciones que permita monitorear las variables climáticas y atmosféricas en tiempo real.

Sin embargo, para estos problemas se puede dar soporte a través de una serie de comprobaciones, calibraciones y rutinarias que permitirán que los equipos estén en óptimas condiciones.

En la Tabla 1, se cita los equipos que conforman el dispositivo de medición de variables meteorológicas.

Tabla 1. Equipos y Dispositivos que componen la Estación Meteorológica.

Equipos y Dispositivos de la Estación Meteorológica
• Sensor de velocidad y dirección del viento.
• Radiación global.
• Radiación UV-E y UV-B.
• Humedad y temperatura.
• Dataloggers.
• Tarjeta Arduino UNO.
• Módulo Xbee de Transmisión y Recepción.
• Gabinete.
• Estructura.
• CPU.

Fuente: Autor

Para identificar de forma visual los componentes que forman parte del dispositivo de medición de variables meteorológicas instalada en el campus de la UTN, se observa en la Figura 1.



Figura 1. Vista frontal del dispositivo meteorológico

Fuente: Autor

11. Aspectos generales para el mantenimiento

Los mantenimientos periódicos de sistemas meteorológicos son muy importante como se mencionaba anteriormente para garantizar una buena calidad de los datos. La estación meteorológica se compone de distintos equipos que requieren de revisiones de rutinarias y pruebas de calibración.

La visita de rutina de la persona responsable del proyecto consiste en la concurrencia al sitio en donde se encuentra ubicada el dispositivo meteorológico, con el propósito de inspeccionar y realizar un mantenimiento preventivo de los instrumentos e instalaciones.

Estas visitas deberán realizarse regularmente con un lapso no superior a los 6 meses entre visita. Durante cada visita programada, el responsable del proyecto debe informar el estado de la estación mediante planillas de registros propuestas en este manual u otras similares. El registro por escrito a través de las planillas de visita informa de cualquier anomalía o deterioro de algún componente del dispositivo. Si es posible se debe solucionar el desperfecto durante la misma visita, en caso contrario se deberá realizar una segunda visita de carácter correctivo.

En caso de que sea necesario realizar una nueva visita para corregir un desperfecto no solucionado, se debe registrar detalladamente la información del componente defectuoso o dañado en la planilla de visita. Esta información se utilizará para planificar el trabajo y el suministro de materiales o instrumentos que deben ser reemplazados.

5. Desarrollo del Manual de Mantenimiento

5.1 Planillas de visita

En cada visita de rutina se debe incluir la limpieza del sitio, limpieza y chequeo de los sensores (el polvo, los insectos, y las deposiciones de aves, suelen constituir un problema). Hay que asegurar que los cables que están a nivel del suelo estén protegidos dentro de un tubo de material duro; chequear las fuentes de alimentación y las conexiones a tierra; comprobar el estado e impermeabilidad del gabinete; chequear el estado y la firmeza de la estructura; verificar las conexiones y el estado del datalogger.

De manera general, se deberá solucionar cualquier desperfecto que pudiera afectar la durabilidad de los instrumentos e instalaciones o que interfiera con el registro, procesamiento y transmisión de los datos. En la Figura 2, 3, 4 se puede observar el Modelo de planilla de visita de rutina para realizar el mantenimiento de la Estación meteorológica.

PLANILLA DE VISITA DE RUTINA

A. Información general		
1.- Nombre de la estación:		Número de visita:
2.- Fecha de la visita:		
3.- Datos personales del visitante:		
Nombre completo:		
Telefono celular:		
Correo electrónico:		
B. Estructura de la estación		
Componente	Condición	Comentario
Estructura	<input type="radio"/> Buen estado	
	<input type="radio"/> Mal estado	
Gabinete	<input type="radio"/> Buen estado	
	<input type="radio"/> Mal estado	
Registro fotográfico		

Figura 2. Modelo Planilla de Visita de Rutina

Fuente: (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010)

PLANILLA DE VISITA DE RUTINA

C. Sensores		
Sensor	Condición	Comentario
Sensor de velocidad y dirección del viento	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Radiación global	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Radiación UV-E y UV-B	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Humedad y temperatura	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Registro fotográfico		

Figura 3. Modelo Planilla de Visita de Rutina

Fuente: (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010)

PLANILLA DE VISITA DE RUTINA

D. Unidad central y sistema de alimentación		
Sensor	Condición	Comentario
Datalogger	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Tarjeta Arduino Uno	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Módulo Xbee	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Fuente de alimentación	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Conexión a tierra	<input type="radio"/> Buen estado <input type="radio"/> Mal estado	
Registro fotográfico		
Observaciones Generales:		
Firma de responsabilidad _____		Recibido/autorizado _____

Figura 4. Modelo Planilla de Visita de Rutina

Fuente: (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010)

En la Figura 5 se presenta el Modelo de plantilla de visita correctiva para realizar mantenimiento en la estación meteorológica.

PLANILLA DE VISITA CORRECTIVA

A. Información general		
1.- Nombre de la estación:		Número de visita:
2.- Fecha de la visita:		
3.- Prósito de la visita		
3.- Datos personales del visitante:		
Nombre completo:		
Telefono celular:		
Correo electrónico:		
B. Especificaciones técnicas del equipo dañado		
Componente	Especificaciones	Daño
Registro fotográfico		
Observaciones Generales:		
Firma de responsabilidad		Recibido/autorizado

Figura 5. Modelo Planilla de Visita Correctiva

Fuente: (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010)

5.2 Calidad de los registros

Una vez al año se deberá chequear la calidad de los registros entregados por los sensores de la estación meteorológica. Para esto se realizará una medición en paralelo con un quipo de chequeo previamente calibrado, durante un período de tiempo prudente.

Estos datos servirán para comprobar la fiabilidad e integridad de los datos que arrojan los sensores y se determinará si es necesario enviarlos a un centro de calibración o a su vez cambiarlos por nuevos quipos (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010).

5.3 Estructura Principal

En el caso de la estructura principal (que soporta los sensores y el gabinete) se deberá verificar que los adaptadores de acero galvanizado (uniones en T, codos, reductores, etc.) estén firmemente unidos a los brazos y pilares de la estructura. Se examinará también la conexión de las bases de la estructura con el pilar principal. El pilar de la estructura deberá estar completamente nivelado, para esto deberá disponer de un nivel portátil para la verificación (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010).

5.4 Gabinete

Se debe verificar que el gabinete está firmemente unido al pilar de la estructura, para esto se debe ajustar las tuercas de las abrazaderas y pernos. Si se observa un desgaste o rodamiento de las piezas se deberá anotar en la panilla de control de visita y reemplazar a la brevedad.

Las personas encargadas de la visita deben asegurarse de que el gabinete esté herméticamente sellado, para esto deberán revisar las salidas de los sensores y las perforaciones. En el caso que se observe alguna abertura se procederá a realizar su sellado con silicona líquida. Si el gabinete presentara fisuras u orificios extraños que no hayan sido perforador en la etapa de la instalación se procederá a reemplazar la caja por una de características similares, como se observa en la Figura 2 (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010).



Figura 2. Verificación del estado de la tapa

Fuente: (Focus Technology, 2021)

El sistema de cierre de la caja debe quedar completamente sellado. En el caso que el cierre sea metálico deberá lubricarse periódicamente entre visitas.

Se debe verificar el correcto funcionamiento del cierre del gabinete de la estación, si se debe aplicar mucha fuerza para lograr el completo cierre, la caja deberá ser reparada.

En el caso que el cierre muestre indicios de vandalismo, se deberá tomar nota e informar a la persona responsable del dispositivo meteorológico.

5.5 Mantenimiento de las unidades sensoriales

Los sensores son una de las partes más importantes de un sistema meteorológico, ya que su función es la de transmitir los datos de las variables meteorológicas a la consola. Se deben llevar a cabo la revisión de los siguientes componentes:

- Verificación de la orientación de sensor dirección del viento.
- Comprobación de salida analógica de cada uno de los sensores.
- Comprobación de limpieza de los sensores de radiación.
- Revisión de rodamientos del sensor de viento.
- Realizar una limpieza general de los sensores.
- Chequeo de temperatura y humedad dentro del gabinete.
- Calibración de sensores.

Se recomienda calibrar el sensor al menos una vez al año. Como se observa en la Figura 3 y 4.



Figura 3. Calibración al sensor de viento
Fuente: (Meteocultura, 2021)



Figura 4. Mantenimiento al sensor de viento

Fuente: (Vaisala, 2022)

5.5 Mantenimiento de las fuentes de alimentación

El suministro de energía es imprescindible en toda estación meteorológica. En las revisiones periódicas se comprueba la ausencia de humedades próximas y el estado de las fuentes. Realizar mediciones eléctricas como:

- Voltaje.
- Corriente.

Además, se debe verificar el estado de los elementos de protección, como breaker, fusible, entre otros. Y sustituirlos si fuera el caso.

El mantenimiento de las fuentes de alimentación de los sensores de un sistema meteorológico es determinante para que no se produzca una interrupción en la recopilación de datos para la estación.

5.6 Mantenimiento del sistema de adquisición de datos

En el mantenimiento preventivo del dispositivo meteorológico se debe comprobar el estado de:

- Reemplazo de baterías internas de los datalogger de viento y radiación.
- Verificación de funciones de comunicación del transmisor y receptor Xbee.
- Verificación del estado de funcionamiento de la tarjeta Arduino UNO.

Se debe realizar un ajuste de las borneras de conexión de cada uno de los puntos de conexión. También se puede limpiar los dispositivos con limpia contactos. Estas acciones deberán ser realizadas sin ningún tipo de alimentación.

5.7 Visita correctiva

Ciertas modificaciones, como la sustitución de sensores, la reubicación o el emplazamiento de instrumentos, forman parte de la evolución natural de los programas de meteorología, y son esencialmente para su longevidad. Así, por ejemplo, la necesidad de mejorar o sustituir un sensor o toda una serie de sensores en determinado lugar puede estar prevista (por ejemplo, si se va a emprender una modernización introduciendo nuevas tecnologías o sensores más apropiados) o puede ser imprevista, si el sensor ha experimentado roturas o daños, si ha envejecido prematuramente o si ha sido robado.

En caso de que se deba reemplazar un sensor, si el modelo utilizado no está ya obsoleto, se recomienda utilizar el mismo modelo, para evitar cambios en la programación del datalogger. El nuevo sensor deberá ser conectado al datalogger y montado en la estructura de la misma forma que su predecesor. (Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, 2010).

6. Conclusiones

Una estación meteorológica automática es un sistema complejo, que requiere de soporte y mantenimiento permanente. Los componentes que forman el hardware y los dispositivos periféricos (procesadores, sensores, dispositivos de transmisión y almacenamiento de datos, alimentación y conexiones), así como la estructura, el gabinete, pueden presentar algún tipo de deterioros causados por el uso, la corrosión, el desgaste, los factores medioambientales o el vandalismo.

Realizar el mantenimiento e inspección de los componentes del dispositivo meteorológico, son clave para generar bases de datos confiables que permitan conocer y visualizar la información actual de dichas variables a la comunidad universitaria, por lo que es recomendable que al menos cada seis meses se realice un mantenimiento general, limpieza de equipos, revisión del módulo y del computador; y cada año, la calibración de los sensores.

Bibliografía

- Focus Technology. (2021). *Gabinete de Control*. https://es.made-in-china.com/co_eabel-enclosure/product_Outdoor-Use-Industrial-IP65-Electric-Battery-Enclosure-Solar-Panel-Control-Box_uouuhursgg.html
- Maldonado I, Isaac; Ruiz M, Ruben; Fuentes B, M. (2010). *Manual de mantenimiento de estaciones meteorológicas*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7387>
- Meteocultura. (2021). *Mantenimiento de sensores meteorológicos*. <https://estaciondemeteorologia.com/consejos-mantenimiento-una-estacion-meteorologica/>
- Vaisala. (2022). *Mantenimiento sensores meteorológicas*. <https://www.vaisala.com/es/blog/2020-02/errores-comunes-al-instalar-sensores-de-exteriores-de-hvac>