

# DISEÑO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA FUNCIONAL PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES SOLARES CON DISPOSITIVOS DE BAJO COSTE

AIDAELENA SMITH-PERERA<sup>1</sup>

[asmith@unimet.edu.ve](mailto:asmith@unimet.edu.ve)

Universidad Metropolitana de Caracas. (Venezuela)

MARÍA GABRIELA VÁZQUEZ CARUCI<sup>2</sup>

[mgabrielav23@gmail.com](mailto:mgabrielav23@gmail.com)

Universidad Da Coruña (UDC) (España)

LAURA DANIELA BARRIOS GUERRERO<sup>3</sup>

[laurabarriosg.09@gmail.com](mailto:laurabarriosg.09@gmail.com)

Universidad Metropolitana de Caracas. (Venezuela)

RODRIGO RAMÍREZ<sup>4</sup>

[rramirez@nexttracker.com](mailto:rramirez@nexttracker.com)

## Resumen

Las energías renovables están en primera línea como solución parcial al problema del calentamiento global. La maximización del uso de los beneficios de los rayos solares depende de cuánto se conozcan las variables ambientales y del sol en el lugar donde se quiere aprovechar. Ahora bien, en términos económicos, una estación meteorológica comercial no es viable para proyectos pequeños como el que se podría implementar en UNIMET. En este trabajo de investigación se desarrolla el diseño de un sistema de información meteorológica capaz de medir automáticamente variables ambientales, además de almacenar la información y mostrar los resultados de las mediciones en tiempo real, económicamente viable, robusto y confiable. La integridad del diseño realizado se comprueba con el desarrollo de un prototipo con un conjunto de variables reducidas (temperatura, humedad, presión, precipitación, iluminación y velocidad del viento) que muestran la eficacia del sistema en pruebas de laboratorio. En este

1 Ingeniero electricista (USB), MSc en Ingeniería eléctrica (USB), Doctorado en Proyectos de Ingeniería e Innovación (UPV, Valencia España), Profesora Titular Universidad Metropolitana.

2 Ingeniero electricista UNIMET. Obtuvo mención honorífica por el desarrollo de esta investigación. Actualmente cursa maestría en la Universidad Da Coruña, España.

3 Ingeniero de sistemas UNIMET. Obtuvo mención honorífica por el desarrollo de esta investigación.

4 Ingeniero de sistemas UNIMET. Director Senior de Software, Nexttracker Inc., EE.UU.



## DISEÑO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA FUNCIONAL PARA LA MEDICIÓN DE VARIALES SOLARES CON DISPOSITIVOS BAJO COSTE

---

trabajo se muestra el diseño y los resultados de las pruebas del prototipo.

**Palabras clave:** sistema de información meteorológica; estación meteorológica; sensores; medición a distancia; mediciones en tiempo real; sistema de software; base de datos.

RECIBIDO: 09-03-2024 / ACEPTADO: 11-05-2024 / PUBLICADO: 15-12-2024

**Cómo citar:** Smith A. et. al. (2024). Diseño de una estación meteorológica funcional para la medición de variables con dispositivos bajo coste. *Anales*, 40, 57 - 78.  
<https://doi.org/10.58479/acbfn.2024.84>

## CONTENIDO

Introducción	61
Visión general de los conceptos pertinentes	61
Variables medioambientales y su impacto en la producción de energía	62
Estación meteorológica	64
Servicio de almacenamiento local de la información	65
Sistema de comunicaciones	66
Software system	66
Herramientas de desarrollo	66
Diseño detallado del sistema de información	68
Método de adquisición y procesamiento de la información	69
Arquitectura del sistema de servicio en la nube	69
Desarrollo del prototipo	70
Resultados y análisis	71
Análisis de estructura de costes	74
Conclusiones	75
Referencias	76



## Introducción

Partiendo de la necesidad de implantar tecnologías orientadas a la protección del medio ambiente y siguiendo la propuesta del desarrollo sostenible, es necesario desarrollar investigaciones y proyectos que nos ayuden a comprender e inclinarnos hacia el estudio, implantación y construcción de sistemas capaces de producir energía de forma limpia, sostenible y perdurable en el tiempo.

Siguiendo esta premisa, en esta investigación se propone el diseño de un sistema de información meteorológica para la medida de variables ambientales que afectan a la producción en sistemas de energías renovables. El diseño del sistema de información se ha basado en una estación remota y automática que utiliza dispositivos y elementos de bajo coste y fácil accesibilidad, integrada con un sistema software capaz de recibir, almacenar y visualizar remotamente los datos generados por la estación.

## Visión general de los conceptos pertinentes

### Sistema de información meteorológica

Rodríguez y Ronda (2006) definen sistema de información:

... al conjunto de elementos relacionados y ordenados, según determinadas reglas que proporciona al sistema objeto, es decir, a la organización a la que sirve y que marca sus pautas de funcionamiento, la información necesaria para el cumplimiento de sus fines; Para ello, debe recoger, procesar y almacenar datos, tanto de la organización como de fuentes externas, con el fin de facilitar su recuperación, tratamiento y presentación.

Un sistema de información meteorológica es el conjunto de elementos de medición, registro, entrega y almacenamiento de datos que permiten mantener una información fiable sobre las variables meteorológicas. La identificación de las variables y equipos de medida, así como de los mecanismos de recogida, entrega, almacenamiento y recuperación de datos para los usuarios forma parte del proceso de diseño. A partir de estas necesidades, es posible identificar los requisitos y el funcionamiento de un sistema de información meteorológica tal y como se describe en la figura 1.

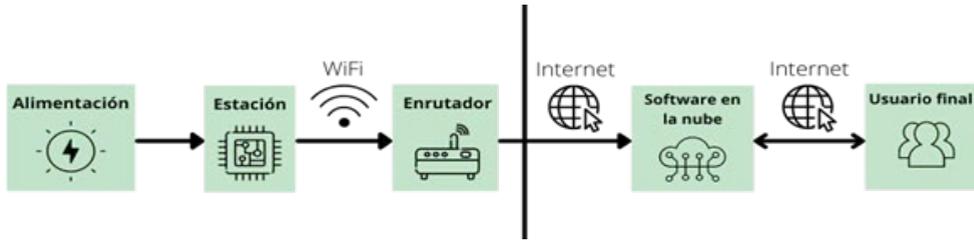


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema de información meteorológica

## Variables medioambientales y su impacto en la producción de energía

Las energías renovables proceden de fuentes naturales, limpias e inagotables. Una de las fuentes limpias e inagotables es el sol y de él dependen algunas de las fuentes de energía más importantes y, por tanto, elementos climáticos como: la temperatura, las precipitaciones, el viento, la humedad, la presión atmosférica y la nubosidad (Navarra.es, s.f.).

La figura 2 muestra la importancia del sol en algunas fuentes de energía, tanto renovables como no renovables.

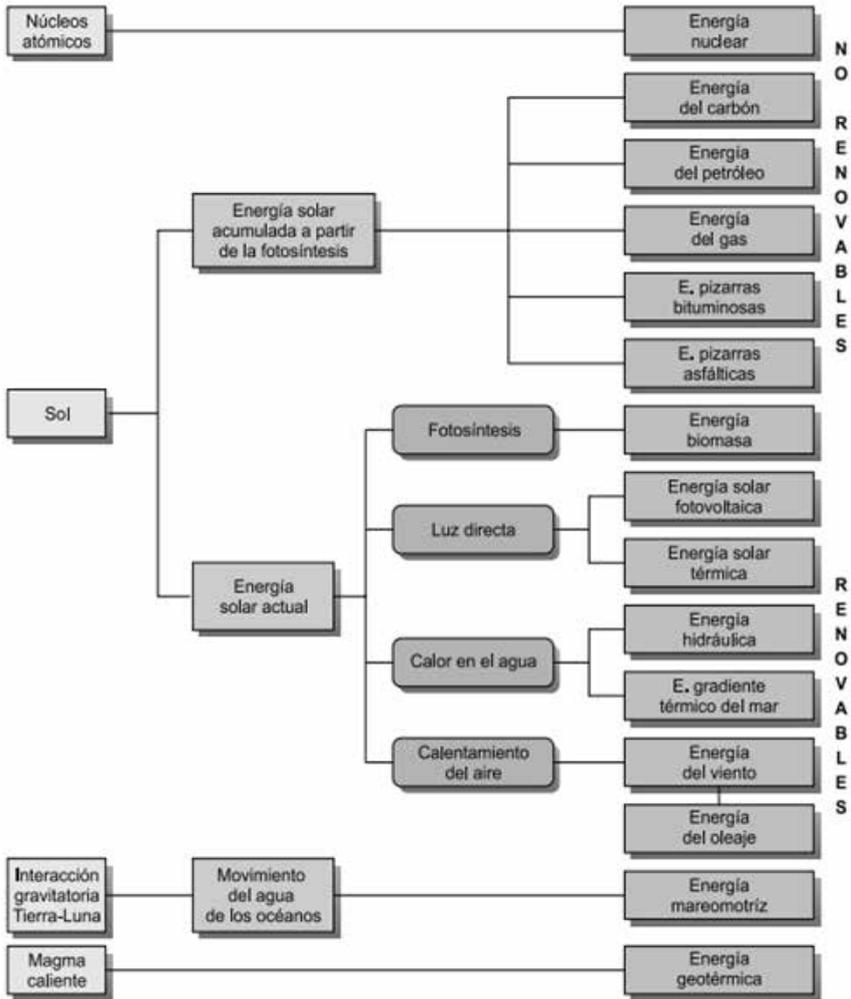


Figura 2: Clasificación de las fuentes de energía  
Fuente: González, Pérez y Santos (2009)

Basado en la información propuesta en la figura 2, es necesario destacar que dada la importancia del sol una buena parte de las energías tanto renovables como no renovables, se tiene una relación estrecha entre las variaciones climáticas y el proceso de producción de energía.

Para el 2020, la expansión de la capacidad de las energías renovables fue más de dos veces mayor que la de los combustibles fósiles en comparación con el año 2019. La energía basada en las fuentes solar y eólica han sido las de mayor expansión de la capacidad renovable (ONU, 2021).

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) en su informe Estadísticas de Capacidad Renovable 2020 indica que, de toda la expansión de la capacidad de producción de energías renovables, el 72% se reparte entre las fuentes de generación hidroeléctrica, eólica, solar, geotérmica y bioenergética (IRENA, 2020).

### Estación meteorológica

El concepto de estación meteorológica se define como “el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico” (PCE Instruments, s.f).

La interpretación del entorno se logra mediante el uso de sensores. Un sensor se define como “un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida” (Corona, Abarca, Mares, 2014, pg 17). Gracias a la transmisión y el procesamiento de las señales eléctricas producidas por los sensores, es posible medir y cuantificar el entorno físico.

En la siguiente tabla, se lista un conjunto de variables y los sensores correspondientes para interpretar las mismas.

Variable	Definición	Instrumento de medición
Temperatura ambiente	Nivel térmico de la atmósfera	- Termómetro - Sensor de temperatura
Precipitación	Caída sobre la superficie terrestre de humedad en forma líquida o sólida	- Sensor de lluvia
Radiación solar	Propagación de la energía emitida por el sol en forma de onda electromagnética	- Piranómetro
Velocidad de viento	Velocidad y dirección del flujo de aire en la atmósfera.	- Anemómetro
Iluminancia	Intensidad de luz que incide sobre una superficie	- Luxómetro - Sensor de luminosidad
Humedad relativa	Relación entre la cantidad de vapor que tiene el ambiente y la que debería tener	- Higrómetro - Sensor de temperatura y humedad
Presión atmosférica	Presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie terrestre	- Barómetro - Sensor piezorresistivo de presión

Tabla 1: Variables meteorológicas y el tipo de sensor para medirla.

Fuente: Elaboración propia a partir de las definiciones del diccionario de Oxford

Las señales enviadas por los sensores son interpretadas por un microcontrolador el cual es una computadora pequeña que permite realizar múltiples tareas, pero con funcionalidades y recursos limitados. (GSL Industrias, 2021)

Para que un microcontrolador logre entender las mediciones tomadas por los sensores, se necesitan protocolos de comunicación, que permitan el traspaso de datos entre ambos. Uno de los métodos utilizados para lograr esta correspondencia entre dispositivos es la comunicación serial, este tipo de comunicación permite el envío de datos continuo de un puerto a otro, tal y como lo muestra la figura 3 (SMELPRO, 2019):

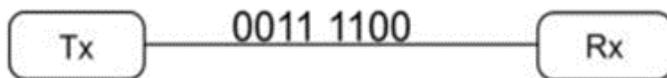


Figura 3: Diagrama de conexión serie.

Fuente: SMELPRO. (2019).

Para que posteriormente la data recopilada pueda ser desglosada e interpretada es necesario mantener un orden. IBM (s.f) concluye que “se puede asignar un formato a los datos de un informe con el fin de facilitar su lectura” de esta manera los datos tendrán gran flexibilidad y agilidad en todo el proceso del manejo, envío y recepción de la información.

Una manera de dar formato a los datos es mediante la estructura propuesta por *JavaScript Object Notation* (JSON) “un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje, pero utiliza convenciones que son familiares para los programadores de la familia de lenguajes C, incluido C, C ++, C #, Java, JavaScript, Perl, Python y muchos otros” (IBM, s. f.)

## Servicio de almacenamiento local de la información

Melo (2021) define el almacenamiento local como “el proceso de almacenar datos digitales en dispositivos de almacenamiento físico, como unidades de disco duro (HDD), unidades de estado sólido (SSD) o dispositivos de almacenamiento externo”.

Las tarjetas de memoria *flash*, también conocidas como tarjeta SD, microSD o nano SD siendo SD las siglas para *Secure Digital* son uno de los dispositivos de almacenamiento más usados en el mundo (Sierra, 2020). Ambos elementos permiten facilitar el respaldo, la protección, el traslado o el uso de determinada información digital, así la misma puede ser procesada a través de la utilización de otros periféricos de hardware como ordenadores o lectores de tarjetas.

## Sistema de comunicaciones

“... el objetivo fundamental de un sistema electrónico de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro” (Tomasi, 2003). Por lo tanto, se puede describir un sistema de comunicaciones como la transmisión, recepción y procesamiento de datos entre dos o más lugares.

Para llevar a cabo el envío de información desde la estación se recurre a la utilización de los protocolos de red. Estos se definen como un estándar formal y una política que consta de límites, procedimientos y formatos que definen el intercambio de paquetes de información para establecer la comunicación entre dos servidores o múltiples dispositivos en una red (KIO Networks, 2020).

Entonces, es posible realizar la comunicación entre la estación física y el sistema de software mediante el uso de varios de los protocolos que se ejecutan en las diferentes capas del modelo tcp/ip (IBM, s.f.), como lo son HTTP, TCP e IP (IPv6 e IPv4).

## Software system

Para lograr el funcionamiento del sistema de información es necesario implementar un software de aplicación el cual se define como una serie de “programas aislados que resuelven una necesidad específica de negocios. Las aplicaciones en esta área procesan datos comerciales o técnicos en una forma que facilita las operaciones de negocios o la toma de decisiones administrativas o técnicas.” (Pressman, 2010, p. 6).

## Herramientas de desarrollo

Para la construcción de un sistema de software se necesita un conjunto de herramientas que proporcionen un buen entorno de desarrollo y faciliten el uso de buenas prácticas, es por ello que es posible destacar un conjunto de herramientas necesarias para el desarrollo de software para un sistema de información entre ellas:

- Lenguajes de programación

El medio de comunicación entre un programador y una máquina es el lenguaje de programación, el cual se puede definir como “un lenguaje formal que, mediante una serie de instrucciones, le permite a un programador escribir un conjunto de órdenes, acciones consecutivas, datos y algoritmos para, de esa forma, crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina” (Rockcontent 2019).

- Gestor de base de datos

“Es un sistema que permite la creación, gestión y administración de bases de datos, así como la elección y manejo de las estructuras necesarias para el almacenamiento y búsqueda de información del modo más eficiente posible”. (Martin. 2019)

- Controlador de versiones

“Un controlador de versiones es un sistema que registra los cambios realizados en un archivo o conjunto de archivos a lo largo del tiempo, de modo que puedas recuperar versiones específicas más adelante” (Git, s.f.). Esta clase de sistemas son de suma importancia a la hora de desarrollar y probar el funcionamiento de un software puesto que, principalmente, permiten tener una buena administración de los cambios realizados y además mantiene el código dispuesto para su uso en versiones previas o actuales en el repositorio del sistema.

- Servidores

Cuando se trata del ámbito informático, existen dos definiciones diferentes de servidor. Primero, servidores basados en hardware los cuales definen como “una máquina física integrada en una red informática en la que, además del sistema operativo, funcionan uno o varios servidores basados en software.” (IONOS, 2020). Segundo, los servidores basados en software que corresponde a un programa que ofrece un servicio especial que otros programas denominados clientes pueden usar a nivel local o a través de una red.” (IONOS, 2020).

- Máquinas virtuales

Una máquina virtual o *Virtual Machine* (VM) consiste en la virtualización del funcionamiento de un equipo físico, es decir, “Mientras los componentes de su PC (denominados *hardware*) son físicos y tangibles, las máquinas virtuales suelen considerarse equipos virtuales o equipos definidos por software dentro de servidores físicos, donde solo existen como código.” (Azure, s.f.).

## Transmisión de datos al usuario

Partiendo de lo descrito por Testa (2020) se puede inferir que, los sistemas que incluyen tratamiento de la información deben cumplir principalmente con tres características. Primero, la entrada de la información, es decir, la toma de los datos. Seguidamente, el procesamiento de datos, que corresponde al tratamiento de la data. Finalmente se encuentra la salida, que se define como la transmisión de los datos en forma de información a los usuarios.

Entonces se puede afirmar que la transmisión de los datos, en el formato correcto al usuario, es el punto de salida del sistema de información que se plantea y corresponde a mostrar la información recolectada por la estación física en un formato compuesto por gráficos en tiempo real para cada medida variable.

## Diseño detallado del sistema de información

Para el diseño del sistema de información meteorológica se llevó a cabo un proceso de investigación y revisión bibliográfica de donde se extrajeron las características principales de funcionamiento para una estación meteorológica capaz de sensar y enviar la información obtenida, así como el desarrollo de un sistema de comunicación acompañado de un software apto para recibir, interpretar y mostrar la data medida. De esta manera se elaboró una propuesta de solución capacitada para cumplir con los requerimientos que amerita un sistema de información meteorológico. Este fue el punto de partida para ampliar la solución propuesta y así diseñar a detalle cada una de las partes que conforman dicho sistema. La figura 4 muestra la arquitectura del sistema de información de la estación meteorológica según diseño de esta investigación.

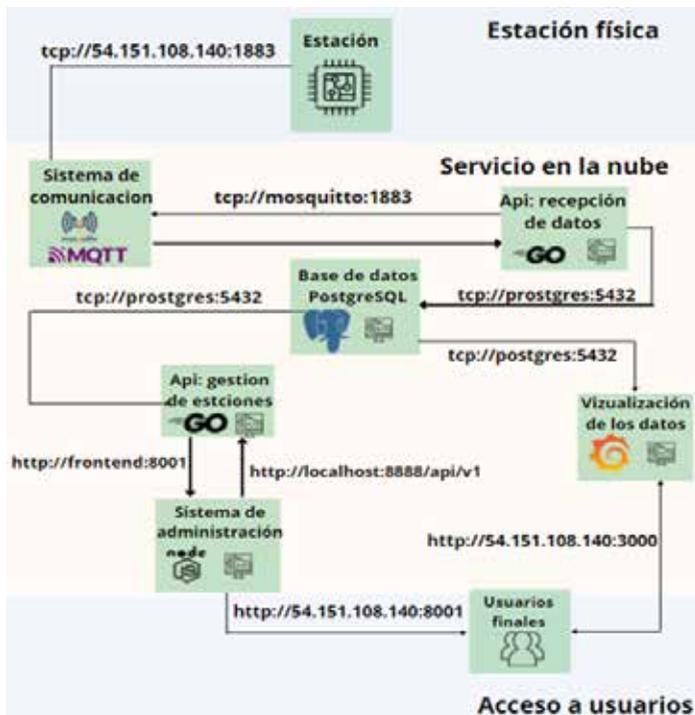


Figura 4: Arquitectura del sistema

Fuente: Elaboración propia

Como indican Nascimento, Huback, Schaeffer, et.al (2017), la potencia de salida de las centrales fotovoltaicas depende de la incidencia de radiación solar, que puede fluctuar con el paso de las nubes. Pero la producción de energía a partir de la energía solar también se ve afectada por otros factores climáticos como son: humedad, presión atmosférica, temperatura ambiente, entre otros.

## Método de adquisición y procesamiento de la información

Después de la investigación documental y, en función de las necesidades establecidas para el diseño, se logró establecer un diseño para la estación física y la programación encargada de crear una serie de instrucciones para que la estación fuera capaz de sensar las variables meteorológicas, guardarlas en un dato de tipo JSON, conectarse a internet vía *wifi* y realizar el envío de la información a través del uso del protocolo MQTT. El envío se realiza en intervalos parametrizables, preferiblemente entre 1 y 5 minutos, dado a que la medición de variables ambientales de este tipo no cambia abruptamente de estado, permitiendo así no forzar el núcleo del microcontrolador al realizar repeticiones con mayor holgura de tiempo. Además, en caso de existir algún fallo en la comunicación, la estación cuenta con un sistema de almacenamiento local, permitiendo guardar la información en una tarjeta de memoria SD.

La figura 5 muestra el diseño de conexión de una estación meteorológica que servirá para la construcción del prototipo a desarrollar para pruebas de integridad del sistema en laboratorio.

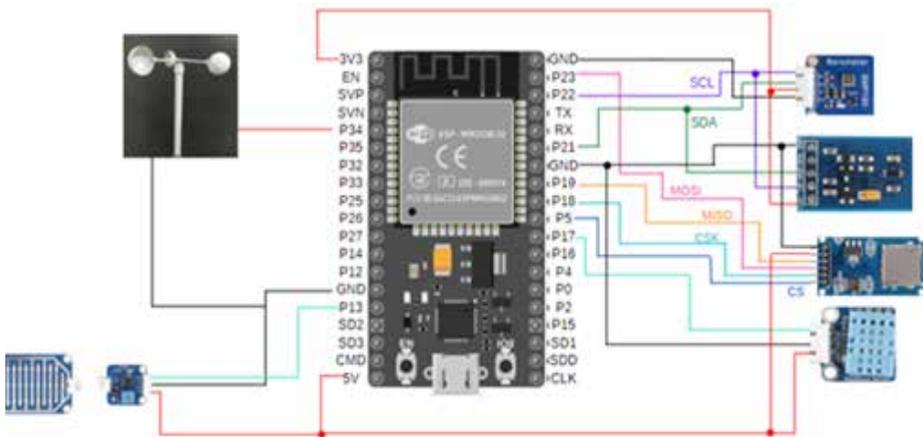


Figura 5: Diagrama de conexión de la estación física en base al diseño  
Fuente: elaboración propia

## Arquitectura del sistema de servicio en la nube

Para la realización de las apis que corresponden a la recepción de datos y el *backend* del sistema de monitoreo de estaciones, se seleccionó Go como lenguaje de programación. Por su parte, para el desarrollo del *frontend* del software de interacción con el usuario se eligió

Javascript, específicamente las bibliotecas ReactJS y Redux, diseñadas para la creación de interfaces de usuario con facilidades y sencillez.

De este modo, Con respecto al sistema de comunicación se seleccionó el protocolo de red MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), considerado como estándar “de facto” para comunicaciones en proyectos IoT (Internet de dispositivos). MQTT está construido y ejecutado sobre el modelo TCP/IP (IBM, 2017). El agente de mensajería Eclipse Mosquitto, fue seleccionado para la implementación de MQTT puesto que, “es liviano y adecuado para su uso en todos los dispositivos, desde ordenadores de placa única de baja potencia hasta servidores completos.” (Eclipse, 2021).

Por otra parte, PostgreSQL fue elegido como sistema de base de de datos relacional para la implementación de los datos en el sistema de software debido a que en unión con Go es posible manejar los datos de forma sencilla (PostgreSQL, 2021). Además, se seleccionó Grafana para la traducción de los datos en información valiosa para el usuario, ya que es un software que permite la creación de *dashboards* interactivos y controlados de manera eficiente y sencilla (Grafana, 2021).

Docker se seleccionó como herramienta de integración debido a que permite empaquetar software en unidades estandarizadas conocidas como contenedores, que se ejecutan sobre un sistema operativo virtualizado. Docker incluye bibliotecas y herramientas de integración y orquestación. (AWS, 2021). Para administrar los diferentes contenedores de Docker creados se utilizó Portainer, que es una herramienta de código abierto sencilla y de acceso público.

Finalmente, el sistema se integró sobre una máquina virtual de AWS, donde se instalaron Docker, Portainer y los diferentes contenedores que constituyen el sistema creado.

## Desarrollo del prototipo

En base a las estrategias y requerimientos del diseño propuesto y, como una forma de probar que los componentes del sistema de información meteorológica sea posible, se desarrolló un prototipo a menor escala para realizar pruebas de integridad a la solución propuesta.

El prototipo utiliza un microcontrolador ESP32, al cual se le colocaron sensores para obtener las mediciones de temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad de viento y presencia de lluvia.

Se utilizó un módulo de tarjetas micro SD como elemento periférico para tener almacenamiento local de la información. El microcontrolador está programado para adquirir las mediciones de los sensores, encapsular los datos en un formato tipo JSON y hacer uso del protocolo MQTT para que los mismos lleguen a una API de recepción donde se procesan para ser almacenados en una base de datos y traducidos en gráficos convirtiéndose en información valiosa para los usuarios quienes pueden observar las variables medidas en tiempo real.

Una vez construido el prototipo se realizaron pruebas a todo el sistema, incluyendo transmisión de datos y almacenamiento en la base de datos.

## Resultados y análisis

Se realizó una evaluación de las simulaciones aplicadas al desarrollo de la investigación tanto para la estación física como para la arquitectura del software. Además, se analizaron los resultados obtenidos utilizando el prototipo unificado del sistema de información meteorológica desarrollado.

### Evaluación de la estación física:

Se evaluaron los sensores y elementos periféricos de la estación física para elaborar el conexionado correcto de los mismos. A su vez, se realizaron pruebas de conexión a internet y establecimiento de la comunicación basado en MQTT con un manejador de mensajes instalado en un teléfono celular mediante el uso de la aplicación “MQTT Broker APP” de Anshul Katta. Con ello se corroboró la capacidad de conectividad de la estación y se establecieron las limitaciones existentes en la misma como la longitud máxima (bytes) del mensaje a enviar, el tiempo de respuesta entre publicador/suscriptor y, el tiempo de repetición entre el envío de mensajes y la toma de las mediciones para evitar lecturas erróneas.

### Evaluación del sistema de software:

Se realizó un simulador en una máquina local capaz de emular el envío de datos de 1000 estaciones que sensan cada minuto, cada una con 6 dispositivos. Comunicándose con el software en la nube a través del sistema de comunicación basado en MQTT previamente establecido, con el propósito de evaluar su integración con el sistema. Se corrió el simulador durante 3 horas y se midió una utilización de CPU promedio de 28.8%.

El resultado de las pruebas anteriores determinó los parámetros a utilizar para lograr la integración exitosa de la estación física y el sistema de software. De esta manera fue posible realizar las mediciones de las condiciones ambientales para la ubicación actual del prototipo de la estación y determinar el funcionamiento del sistema de información completo.

A continuación, se muestran en las figuras 6 a 9 los gráficos de las mediciones realizadas por la estación en tiempo real para las últimas 24 horas comprendidas entre los días 3 y 4 de noviembre del 2021. Es necesario acotar que la estación, aún en etapa de prototipo, no se encontraba apta para mantenerse en ambientes exteriores por lo que las pruebas fueron realizadas dentro de un entorno controlado. Para las mediciones de precipitación y velocidad de viento se recrearon las condiciones con agua y un ventilador.



Figura 6: Panel de temperatura en el dashboard de visualización de datos.  
Fuente: Elaboración propia (Grafana)

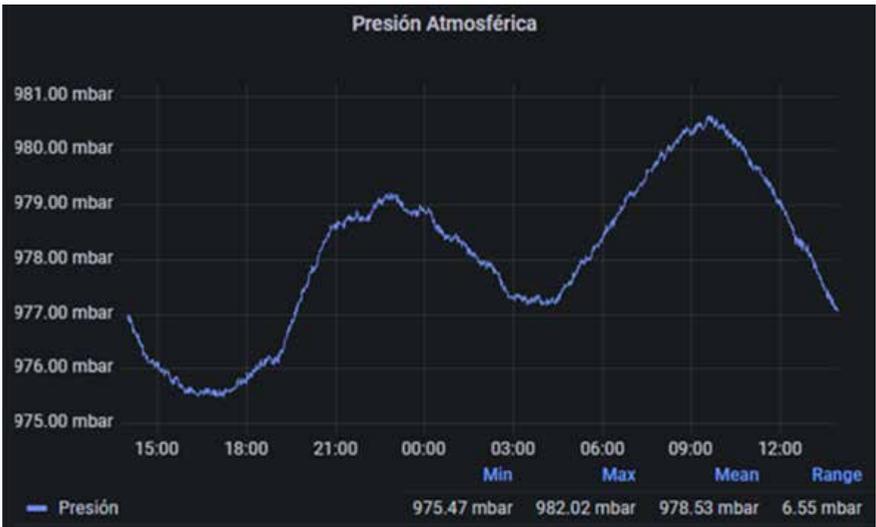


Figura 7: Panel de Presión Atmosférica en el dashboard de visualización de datos.  
Fuente: Elaboración propia (Grafana)



Figura 8: Panel de Humedad en el dashboard de visualización de datos.  
Fuente: Elaboración propia (Grafana)

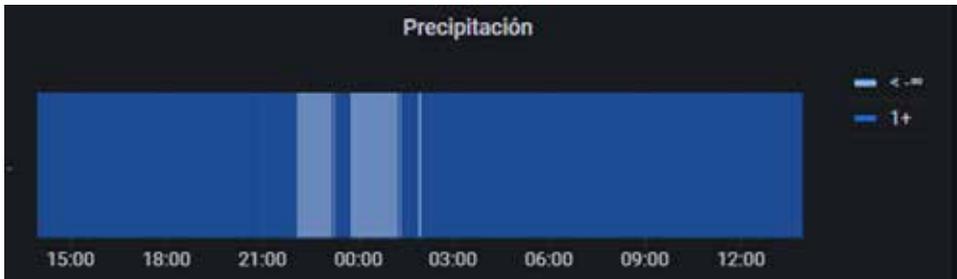


Figura 9: Panel de Precipitación en el dashboard de visualización de datos.  
Fuente: Elaboración propia (Grafana)

En la figura 9, la zona en azul oscuro la correspondiente a medidas de estado sin lluvia y la zona azul clara la correspondiente a momentos de lluvia.



Figura 10: Panel de Velocidad del viento en el dashboard de visualización de datos.  
Fuente: Elaboración propia (Grafana)

En la figura 10, realizando una comparativa entre los datos obtenidos y la escala de Beaufort, es posible catalogar la velocidad del viento como “brisa muy débil” o “brisa débil”, lo que concuerda con el aproximado de velocidad de viento para un ventilador casero (Barcelona world race, s. f.).

### Análisis de estructura de costes

A continuación, se presenta una evaluación de los costes de producción implícitos en el sistema de información meteorológica y se compara con un sistema comercial similar prefabricado.

- Comparación de costes de los dispositivos de sensado.

Variable a medir	Dispositivos utilizados	Precio aproximado en el mercado (\$)	Dispositivo comercial	Precio aproximado en el mercado (\$)
Humedad relativa	DHT11	2.00	Higrómetro	30.00
Temperatura	BMP180	3.00	Termómetro	25.00
Presión atmosférica			Barómetro	30.00
Precipitación	Sensor de lluvia Módulo	7.00	Colector de lluvia	75.00
Velocidad del viento	Motor DC (3V)	4.00	Anemómetro	50.00

Tabla 2: comparativa de costes de los sensores  
Fuente: elaboración propia a partir del precio referencial en el mercado.

Realizando la comparación anterior, es posible notar la diferencia de costos entre los elementos esenciales de la estación y dispositivos comerciales utilizados para medir las mismas variables. Básicamente el coste de los componentes utilizados es aproximadamente un orden de magnitud por debajo de componentes comerciales que miden las mismas variables. Esta diferencia de costes permitiría mejorar la estación manteniendo costes competitivos. La comparación anterior no considera la funcionalidad de conexión a internet de envío, almacén y despliegue de datos.

Por otra parte, el precio de una estación comercial con funcionalidad similar, como la Davis Instruments modelo 6120, oscila entre 300 US\$ y 500 US\$. En este caso vemos que el coste comercial es aproximadamente dos órdenes de magnitud mayor que la estación construida. Nuevamente existe amplio margen de costos para mejorar el prototipo construido.

## Conclusiones

- La medición de variables ambientales en tiempo real es fundamental para la producción de energías renovables, por lo que es primordial contar con sistemas de información meteorológicos en centros de generación de energía.
- Bajo las necesidades que demanda la implementación y funcionamiento de proyectos enfocados en la producción energética basados en energías renovables. Se realizó un diseño de un sistema de información meteorológica de bajo costo capaz de cumplir con la medición de las variables meteorológicas implicadas en dichos proyectos.
- Fue posible medir las variables ambientales específicas para una ubicación en tiempo real, mediante la implementación de un prototipo funcional de una estación meteorológica construida a partir de sensores de bajo costo.
- La adaptabilidad y robustez del sistema de información meteorológica permite flexibilidad en el diseño. Esto representa una característica importante ya que la solución planteada es capaz de ajustarse en función de las necesidades que se pretenda cubrir en un futuro, otorgándole a la misma sostenibilidad y perdurabilidad en el tiempo.
- La perdurabilidad de la estación y su bajo coste de producción se traduce en ganancias al momento de invertir en un proyecto enfocado a la generación de energías renovables.
- El diseño planteado para la implementación del sistema de información meteorológica proporciona una solución con suficiente validez y confiabilidad en sus mediciones.

## Referencias

- Acciona. (2021). Conoce todo el poder de las energías renovables. Sostenibilidad para todos. Obtenido de [https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?\\_adin=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?_adin=02021864894)
- Agencia Internacional de Energías Renovables. (2020). Estadísticas de Capacidad Renovable 2020. IRENA. <https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020-ES>
- Amazon Web Services (2021) ¿Qué es Docker?. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/docker/>
- Azur. (s/f). Qué es el almacenamiento en la nube y cómo se utiliza | Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-cloud-storage/>
- Azur. (s/f). Qué es una máquina virtual y cómo funciona |. Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-a-virtual-machine/>
- Carrera mundial de Barcelona. (s. f.). Escala de *Beaufort*. Escala de Beaufort. <http://www.barcelonaworldrace.org/es/educacion/programa-educativo/explora/planeta-mar/meteorologia/el-viento/escala-de-beaufort>
- Corona, L., Abarca, G., & Mares, J. (2014). Sensores y Actuadores (primera ed.). Grupo Editorial Patria. Obtenido de [https://issuu.com/elisvantop/docs/sensores\\_y\\_actuadores\\_aplicaciones](https://issuu.com/elisvantop/docs/sensores_y_actuadores_aplicaciones)
- Eclipse. (2020). Migrando de 1.x a 2.0. Eclipse Mosquitto. <https://mosquitto.org/documentation/migrating-to-2-0/>
- Git. (s/f). Git - Acerca del Control de Versiones. Recuperado de <https://git-scm.com/book/es/v2/Inicio---Sobre-el-Control-de-Versiones-Acerca-del-Control-de-Versiones>
- González, J. A. C., Pérez, R. C., Santos, A. C., & Gil, M.-A. C. (2009). Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Pearson educación, s.a
- Grafana. (2021). Grafana: La plataforma abierta de observabilidad. Grafana Labs. <https://grafana.com/>
- IBM. (s/f). Formatear datos [https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/11.0.0?topic=SEp7J11.0.0/com.ibm.swg.ba.cognos.ug\\_cr\\_rptstd.doc/t\\_cr\\_rptstd\\_wrkdat\\_format\\_data.html](https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/11.0.0?topic=SEp7J11.0.0/com.ibm.swg.ba.cognos.ug_cr_rptstd.doc/t_cr_rptstd_wrkdat_format_data.html)
- IBM. (s/f). Formato JSON (JavaScript Object Notation). <https://www.ibm.com/docs/es/baw/20.x?topic=formats-javascript-object-notation-json-format>
- IBM. (s/f). Protocolos TCP/IP. <https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.1?topic=protocol-tcpip-protocols>

- IONOS. (2021). ¿Qué es un servidor? IONOS Digitalguide. <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-servidor-un-concepto-dos-definiciones/>
- IONOS. (2020). TCP (Transmission Control Protocol): retrato del protocolo de transporte. IONOS Digitalguide. <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-tcp-transport-control-protocol/>
- Redes KIO. (2020). Protocolos de comunicación de redes. Obtenido de <https://www.kionetworks.com/blog/data-center/protocolos-de-comunicaci%C3%B3n-de-redes>
- Marín, R. (2019). Los gestores de bases de datos más usados en la actualidad. Canal Informática y TICS. <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>
- Melo, S. (2021). ¿Almacenamiento en la nube o almacenamiento local? DataScope. <https://datascope.io/es/blog/almacenamiento-en-la-nube-o-al-almacenamiento-local/>
- Nascimento G., Huback V., Schaeffer R., & et.al.(2017) Contribución de las energías renovables variables a la seguridad energética en América Latina. Banco Iberoamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17340/contribucion-de-las-energias-renovables-variables-la-seguridad-energetica-en>
- Navarra.es. (s. f.). Elementos y factores del clima - Meteo Navarra. Meteorología y climatología de Navarra. <http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm>
- ONU. (2020). ONU: Programa para el Medio Ambiente. Crece la generación de electricidad con fuentes renovables en 2019. Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/crece-la-generacion-de-electricidad-con-fuentes-renovables-en-2019>
- Oxford Languages. [página web en línea]. Obtenido de <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>
- Instrumentos PCE. (2020). Estación Meteorológica. <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>.<https://www.pce-iberica.es/>
- PostgreSQL. (2021). PostgreSQL: Acerca de. El Grupo de Desarrollo Global de PostgreSQL. <https://www.postgresql.org/about>
- Pressman, R. (2010). Ingeniería del software UN ENFOQUE PRÁCTICO (7.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Qué es un microcontrolador. (2021). Industrias GSL. [https://www.industriasmgs.com/blog/post/que\\_es\\_un\\_microcontrolador](https://www.industriasmgs.com/blog/post/que_es_un_microcontrolador)
- RockContent, R. R. (2021, 22 junio). ¿Qué es un lenguaje de programación y qué tipos existen? Rock Content - ES. <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-un-lenguaje-de-programacion/>

Ronda, R., & Rodríguez, K. (2006). El web como sistema de información. ACIMED. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352006000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352006000100008)

Sierra, Y. (2020). Almacenamiento externo: Dispositivos, tipos y características. #ADNCLLOUD. Obtenido de <https://blog.mdcloud.es/almacenamiento-externo-dispositivos/>

SMELPRO. (2019). Protocolos de comunicación en tarjetas y sensores. Smelpro. <https://smelpro.com/blog/protocolos-de-comunicacion-en-tarjetas-y-sensores/>

Testa, F. (2020). SISTEMAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS. UDT - San Francisco. [https://www.sanfrancisco.utn.edu.ar/documentos/archivos/cursillo\\_de\\_ingreso/apuntes/Cursillo%20Tecnica-tura-%20Sistemas%20de%20Procesamiento%20de%20datos%20%202020.pdf](https://www.sanfrancisco.utn.edu.ar/documentos/archivos/cursillo_de_ingreso/apuntes/Cursillo%20Tecnica-tura-%20Sistemas%20de%20Procesamiento%20de%20datos%20%202020.pdf)

Tomasi, W. (2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas (4.a ed.). Pear. <http://fernandocarcini.com/books/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>