



UNR Universidad
Nacional de Rosario

**ESPECIALIZACION EN GESTION DE LA INNOVACION
Y LA VINCULACION TECNOLOGICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

**MONITOREO DEL CLIMA EN EL OESTE CHAQUEÑO
BASADO EN TECNOLOGIA IOT 4.0**

LUIS ALBERTO ANIS

DIRECTOR: Dr. Elian Augusto Wolfram

Tabla de Contenido

I.	TABLA DE CONTENIDO FIGURAS	4
II.	RESUMEN	6
III.	ABSTRACT	7
IV.	INTRODUCCION	8
V.	JUSTIFICACION	10
VI.	RELEVAMIENTO DE ANTECEDENTES	14
VII.	PLANTEO DEL PROBLEMA	17
VIII.	OBJETIVOS	22
	8.1. Objetivos generales	22
	8.2. Objetivos específicos	22
IX.	ASPECTOS TEORICOS	23
	9.1. Internet of Things (IoT)	23
	9.2. Meteorología	26
	9.3. Observación Meteorológica	30
	9.3.1. Observación sinóptica:	31
	9.3.2. Observación aeronáutica:	31
	9.3.3. Observación climatológica:	32
	9.3.4. Observación agro-meteorológica:	32
	9.4. Temperatura	33
	9.5. Presión atmosférica	34
	9.6. Humedad Relativa	36
	9.7. Viento de superficie	37

9.8.	Precipitación.....	37
9.9.	Heliofanía	38
9.10.	Microcontrolador.....	39
9.11.	Raspberry Pi.....	40
9.12.	Arduino.....	42
X.	ASPECTOS METODOLOGICOS	44
10.1.	ETAPA 1: Evaluación	44
10.2.	ETAPA 2: Diseño	45
10.3.	ETAPA 3: Desarrollo	46
XI.	PLAN DE TRABAJO: Cronograma	49
XII.	ANEXO I	50
XIII.	ANEXO II	54
XIV.	ANEXO III	61
XV.	ANEXO IV.....	63
XVI.	BIBLIOGRAFIA.....	66

I. TABLA DE CONTENIDO FIGURAS

Figura 1. Aporte de las Cadenas Agroindustriales al PBI.....	12
Figura 2. Estructura y Funcionamiento de los Ecosistemas	19
Figura 3. El Calentamiento Global	20
Figura 4. Características de una Smart City.....	26
Figura 5. Sistema Global de Observacion.....	33
Figura 6. Abrigo Meteorológico.....	34
Figura 7. Variación de la Presión Atmosférica con la altura.....	35
Figura 8. Barómetro Digital Vaisala PTB330.....	35
Figura 9. Barómetro de Torricelli.....	36
Figura 10. Rosa de los Vientos.....	37
Figura 11. Heliofanografo y distintos tipos de Fajas de Heliofanía.....	39
Figura 12. Microcontroladores de la Empresa Microchip.....	40
Figura 13. Partes de un Raspberry Pi B+.....	41
Figura 14. Partes de un Arduino.....	43
Figura 15. Estación Vial Multipropósito.....	45
Figura 16. Principales Variables Meteorológicas.....	46
Figura 17. Diseño General del Sistema Propuesto.....	47
Figura 18. Imagen Sensor WS601-UMB.....	51
Figura 19. Esquema de la Estación WS601 – UMB.....	52
Figura 20: Fijación al Mástil.....	55
Figura 21. Señalización al Norte.....	56
Figura 22. Alineación al Norte.....	57

Figura 23. Esquema de Instalaci3n para un Sensor WS600-UMB.....	59
Figura 24. Conectores.....	60

MONITOREO DEL CLIMA EN EL OESTE CHAQUEÑO BASADO EN TECNOLOGIA IOT 4.0

AUTOR: ANIS, Luis Alberto

DIRECTOR: Dr. WOLFRAN, Elian Augusto

II. RESUMEN

Hoy en día el concepto IoT (Internet of Things) tiene cada vez mayor importancia en el mundo que nos rodea ya sea cambiando o innovándolo. El término IoT se refiere a la interconexión de objetos, dispositivos y máquinas a través de internet permitiéndoles recopilar y compartir datos sin una interacción directa con los humanos. Esto nos indica que en un futuro no muy lejano cualquier cosa podría estar conectado a internet como ser un reloj (Smartwatch), que ya existen actualmente, una heladera o una Smart Home.

El objetivo de este proyecto es utilizar esta tecnología para la instalación de una Estación Meteorológica Automática (EMA) en una zona del país donde la información meteorológica es prácticamente nula. Para ello utilizaremos una serie de sensores para la recolección de la información atmosférica (temperatura, humedad, precipitación, viento, presión) en tiempo real, necesario para la realización de pronósticos y análisis de datos climáticos. Esto puede tener un impacto muy significativo en la toma de decisiones en los sectores como la agricultura o la aviación.

III. ABSTRACT

Today, the concept of the Internet of Things (IoT) is becoming increasingly important in the world around us, whether it is changing it or innovating it. The term IoT refers to the interconnection of objects, devices and machines through the Internet, allowing them to collect and share data without direct human interaction. This means that in the not too distant future, anything could be connected to the Internet, such as a smartwatch, which already exists today, a refrigerator or a smart home.

The objective of this project is to use this technology to install an automatic weather station (EMA) in an area of the country where meteorological information is practically non-existent. To do this, we will use a series of sensors to collect atmospheric information (temperature, humidity, precipitation, wind, pressure) in real time, which is necessary for forecasting and analyzing climate data. This can have a very significant impact on decision making in sectors such as agriculture or aviation.

IV. INTRODUCCION

Podemos decir que el clima es el estado promedio de la atmósfera en lapsos de tiempo muy grandes y es modulado por un conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio atmosférico de un lugar (CCPY – 2021).

El cambio climático se produce cuando estas condiciones promedio empiezan a cambiar, y las causas de este cambio pueden ser naturales o provocadas por las actividades humanas. El aumento de las temperaturas, las variaciones en las precipitaciones, el incremento de los eventos meteorológicos extremos, son ejemplos de cambios en el clima, aunque hay muchos más (IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Spanish.pdf).

El último informe del IPCC, publicado en 2021, destaca que el cambio climático es más que un calentamiento global y que estamos experimentando cambios en la atmósfera, la superficie terrestre, el océano y los mantos de hielo y se centra en elaborar un resumen exhaustivo de lo que se sabe sobre los factores que impulsan estos cambios, sus impactos y futuros riesgos, y sobre la forma de reducir dichos riesgos mediante la adaptación y la mitigación.

Entre los principales mensajes clave del AR6 WG1 se encuentran:

- Desde hace décadas el mundo se está calentando. Los cambios climáticos recientes son generalizados, rápidos y cada vez más intensos. No tienen precedentes en miles de años.

- Es indiscutible que las actividades humanas están provocando el cambio climático. La influencia humana está haciendo que los eventos climáticos extremos, incluidas las olas de calor, las lluvias torrenciales y las sequías, sean más frecuentes y severas.

- El cambio climático ya está afectando a todas las regiones del planeta de múltiples formas. Los cambios que experimentamos aumentarán con un mayor calentamiento.

- No hay vuelta atrás de algunos cambios en el sistema climático (en cientos o miles de años al menos). Sin embargo, algunos de estos cambios podrían ralentizarse y otros podrían detenerse limitando el calentamiento.

- A menos que haya reducciones inmediatas, rápidas y a gran escala de las emisiones de gases de efecto invernadero, limitar el calentamiento a 1,5 ° C estará más allá de nuestro alcance.

- Para limitar el calentamiento global, son necesarias reducciones fuertes, rápidas y sostenidas de CO₂, metano y otros gases de efecto invernadero. Esto no solo reduciría las consecuencias del cambio climático, sino que también mejoraría la calidad del aire. (Informe IPCC – Argentina- 2021)

El presente proyecto es una intervención profesional para la realización de un prototipo funcional de un sistema cuya finalidad es monitorear el comportamiento climático según las principales variables ambientales, esencialmente temperatura, humedad, lluvia, viento, presión atmosférica y, de ser posible, heliofanía, aprovechando las ventajas inmersas en la teoría de software y hardware libre.

Este monitoreo se llevaría a cabo en la zona Oeste de la provincia del Chaco con la instalación de Estaciones Meteorológicas Autónomas (EMA) aprovechando

de las Estaciones Viales Inteligentes Multipropósito (EVIM) a lo largo de las rutas de esa zona instaladas por el gobierno de la provincia del Chaco las cuales poseen zonas con conectividad (Wi-Fi), lo que permitiría la transmisión de datos en tiempo real (Vialidad Nacional - EVIM sobre ruta nacional 16). También se podría realizar convenios con las instalaciones del INTA que se encuentran en la zona para que también realicen dichas transmisiones.

El mantenimiento de estas estaciones estaría a cargo de las Intendencias cercanas a su lugar de instalación, ya que sería de una gran utilidad para la zona de influencia y el SMN se haría cargo de la instalación y calibración periódica de los instrumentales con el personal de inspectores que posee en la zona.

Internet of Things (IoT) está agregando valor a los productos y aplicaciones en los últimos años. La conectividad de los dispositivos IoT a través de la red ha reducido ampliamente el consumo de energía, la robustez y la conectividad para acceder a los datos a través de la red

V. JUSTIFICACION

La CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) define en su artículo 2 el cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (ONU - Nueva York 09-05-92)

Los cambios climáticos y meteorológicos se observan desde hace siglos. La observación de las variaciones meteorológicas es esencial para determinar los

cambios del medio ambiente. Siempre ha habido una enorme importancia de la influencia del clima en la vida humana, lo que ha motivado el desarrollo de áreas científicas sobre el clima y la observación meteorológica. Al principio se utilizaban instrumentos simples e inexactos, que eran inadecuados para una fácil lectura y almacenamiento de los parámetros medidos. Hoy en día, hay muchos observatorios y sistemas de predicción meteorológica automatizados en todo el mundo que recogen los parámetros medioambientales continuamente para unas u otras aplicaciones, lo que demuestra la importancia de tiempo en la vida cotidiana día a día.

Los datos de los parámetros medidos no son útiles si no se transmiten de forma rápida y precisa a los usuarios. Por lo tanto, la transmisión y el procesamiento de los datos medidos es un aspecto muy importante del moderno pronóstico meteorológico. La transmisión de datos los medidos puede realizarse por varios medios: enlace Wi-Fi, GSM/GPRS, por satélite, por cable, etc. (Babu et al., 2017).

Los pronósticos meteorológicos deben ser fiables y precisos, independientemente de su aplicación. Además, debe facilitar el acceso a todos los parámetros medidos. La calidad de los sensores y la precisión de las mediciones puede variar, y la ubicación de la estación puede determinar la exactitud y fiabilidad de la recolección de datos meteorológicos (Babu et al., 2017).

La Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina (FADA) estimó que, en 2022, el aporte del campo y la agroindustria al Producto Bruto Interno (PBI) fueron de un 23,5 %.

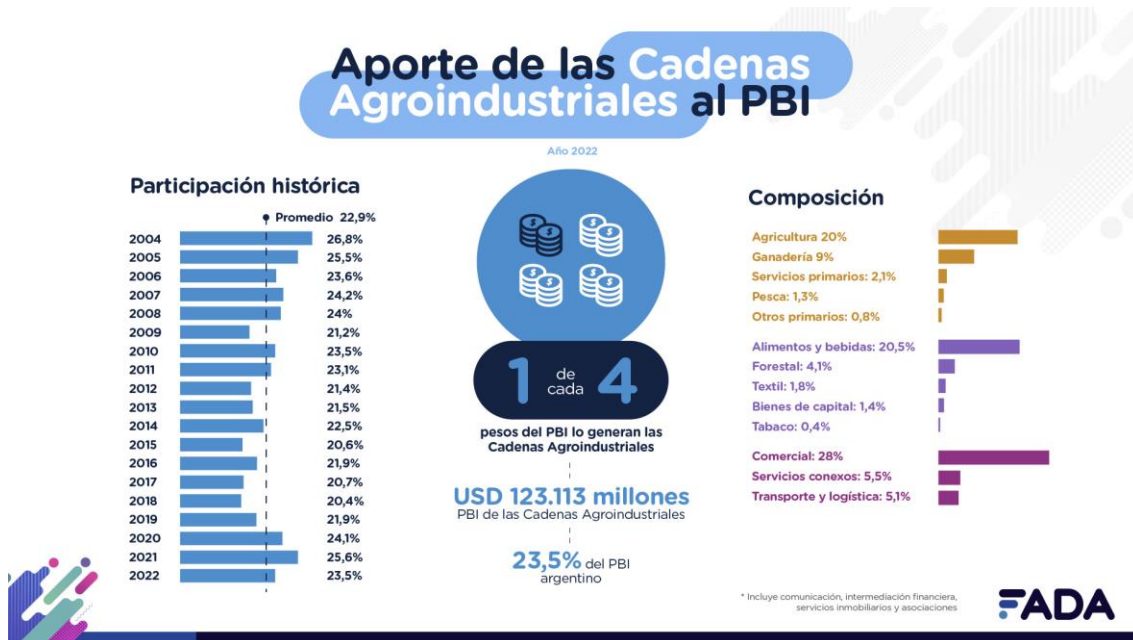


Figura 1. Aporte de las Cadenas Agroindustriales al PBI. (Fuente: FADA)

Como es sabido la agricultura es la actividad humana más dependiente de las condiciones climáticas, por lo que es vital que los agricultores tengan la mejor información climática para la toma de decisiones y no sobre la incertidumbre generada por la variabilidad y el cambio climático.

Las causas de este problema se pueden resumir en tres situaciones:

- a) los agricultores no tienen acceso a información agrometeorológica y a previsiones agroclimáticas a nivel local;
- b) los agricultores no tienen la competencia para tomar decisiones basadas en la información;
- c) los agricultores no tienen el recurso económico para respaldar sus decisiones. (Culman Forero, María A. -2018)

Este proyecto propone el desarrollo de un sistema de IoT para la monitorización de variables de interés climatológica (temperatura, presión,

humedad, heliofanía, viento, precipitación) que nos permitiría realizar un seguimiento a un nivel más local de las condiciones medioambientales lo que nos permitiría hacer pronósticos más confiables y poder realizar alerta tempranos (por ej., heladas lo que permitiría a los pequeños productores tapar sus tomates u hortalizas. Lo mismo ocurriría si hay pronósticos de sequía retrasando la siembra).

También se cubriría una demanda de la Aviación Civil relacionada a la falta de datos meteorológicos en toda la zona ya que entre Presidencia Roque Sáenz Peña (Chaco) y Santiago del Estero (capital) (400 km aproximadamente) no hay ninguna Estación Meteorológica que les proporcione información importantísima para la programación y realización de vuelos seguros por el área.

Se evidencia notables necesidades del estudio de las variables ambientales, teniendo en cuenta el impacto del cambio climático que ha afectado diferentes sectores de la región que podrían ser alertados con el fin de minimizar el impacto negativo, implementando este tipo de tecnologías para la medición de variables, predicción de eventos atmosféricos y climáticos.

La tecnología ha sido de vital importancia a la hora de optimizar el sistema de comunicaciones que permite transmitir las alertas a tiempo, así como recibir los aportes de los pobladores para ajustar la información generada por los sensores remotos. El acceso a la telefonía móvil, a Internet y el uso extendido de aplicaciones de mensajería y redes sociales han permitido extender la red a más personas y abarcar mayores distancias en menor tiempo.

VI. RELEVAMIENTO DE ANTECEDENTES

La Industria 4.0 es un proceso derivado de la cuarta revolución industrial que conduce a una producción industrial totalmente automatizada e interconectada. De acuerdo con Luciana Maci las nuevas tecnologías digitales tendrán un profundo impacto en cuatro direcciones de desarrollo:

- El primero se refiere al uso de los datos, la potencia de cálculo y la conectividad, y adopta la forma de big data, datos abiertos, Internet de las cosas, máquina a máquina y computación en nube para la centralización de la información y su almacenamiento.
- La segunda es la analítica, una vez recogidos los datos, hay que obtener valor de ellos. En la actualidad, las empresas solo utilizan el 1% de los datos recogidos, que podrían beneficiarse del “aprendizaje automático”, es decir, de máquinas que mejoran su rendimiento “aprendiendo” de los datos que recogen y analizan.
- La tercera línea de desarrollo es la interacción entre el hombre y la máquina, que implica las cada vez más populares interfaces “táctiles” y la realidad aumentada.
- Por último, está todo el ámbito que se ocupa de la transición de lo digital a lo “real” y que incluye la fabricación aditiva, la impresión 3D, la robótica, las comunicaciones, las interacciones entre máquinas y las nuevas tecnologías para almacenar y utilizar la energía de forma selectiva, racionalizando los costes y optimizando el rendimiento.

El término Industria 4.0 se utilizó por primera vez en la Feria de Hannover de 2011 en Alemania. En octubre de 2012, un grupo de trabajo dedicado a la Industria 4.0, presidido por Siegfried Dais, de la multinacional de ingeniería y electrónica Robert Bosch GmbH, y Henning Kagermann, de Acatech (Academia Alemana de Ciencia e Ingeniería), presentó al gobierno federal alemán una serie de recomendaciones para su implantación. El 8 de abril de 2013 se publicó el informe final del grupo de trabajo en la feria anual de Hannover. (Luciana Maci – Innovación digital 360).

La siguiente tabla nos muestra algunos de los trabajos relacionados con las tecnologías e implementación de los monitoreos del clima por IoT4.

PUBLICACION	AUTOR	PRINCIPAL APORTE
Mobile weather station based on ATmega2560 microprocessor	E. S. Semenov, G. S. Ivanchenko, A. V. Kharchenko R. V. Kolobanov	Desarrollo de una Estación móvil capaz de enviar datos de condiciones meteorológicas por SMS.
IoT Based Weather Monitoring System for Effective Analytics	Ferdin, Joe John Joseph	Muestra la implementación y visualización de los datos recogidos utilizando Raspberry Pi como servidor y accediendo a los datos a través de la intranet o internet en una subred especificada o en la World Wide Web
Weather forecasting using Raspberry PI with Internet of Thing (IOT)	K. Vivek Babu, K. Anudeep Reddy, C. M. Vidhyapathi and B. Karthikeyan	Muestra un sistema de pronóstico del tiempo a través de la red Wi-Fi, usando los componentes más económicos y lograr un sistema de máxima precisión, que pudiera monitorear el clima en tiempo real, también, utilizó un servidor que puede mostrar y almacenar los datos recopilados. El servidor fue proporcionado por data.sparkfun.com

Efficient IoT based Weather Station	Abu Saleh Bin Shahadat, Safial Islam Ayon, Most.Rokeya Khatun	Desarrollo de una estación meteorológica basada en la tecnología NodeMCUBoard y Blynk – IoT, que mide los datos meteorológicos, incluida la presión, la temperatura, la humedad y las precipitaciones.
Low-Cost Weather Station for Climate Smart Agriculture	Sonam Tenzin, Satetha S., Theerapat Pobkrut, Teerakiat Kerdcharoen	Desarrollo y validación una estación meteorológica automática de bajo costo para una agricultura climáticamente inteligente. La estación está diseñada para ser fácil de usar y rentable. Los datos obtenidos fueron comparados con una estación conocida comercialmente como Davis Vantage Pro2, instalada en la misma granja. Los resultados muestran que el sistema de monitoreo del clima hecho en laboratorio son equivalentes al medir varios parámetros climáticos.
3D – PAWS (3D-Printed Automatic Weather Station)	Kucera, Paul A. Steinson Martin	Creación de una Estación Meteorológica automática de bajo costo a través de impresión 3D. El sistema emplea una computadora de placa única Raspberry Pi para la adquisición, el procesamiento y la comunicación de los datos
The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises.	Lee, I., & Lee, K. (2015)	Los autores ofrecen una visión general de la IoT y sus posibles beneficios para las empresas, como la mejora de la eficiencia, el ahorro de costes y nuevas fuentes de ingresos.
Desarrollo de un sistema IoT para el control y monitoreo de las variables temperatura y humedad -2019	Rivera Valenzuela, Erinson –	El proyecto de los autores consiste en el desarrollo de un sistema IoT para el control y monitorización de variables de temperatura y humedad, con especial atención a la monitorización en tiempo real, el análisis de datos y la arquitectura de gestión de la seguridad.
Solución tecnológica basada en tecnologías IoT para el monitoreo	Silva Pinzon Omar, Rincón Muñoz Cesar, et al	Prototipo funcional de un sistema cuya finalidad es monitorear el comportamiento climático según las principales variables ambientales,

del clima en Bucaramanga – 2020-		esencialmente temperatura, humedad y presión atmosférica, tomando como base análisis y revisión de artículos sobre diseños e implementaciones de estaciones meteorológicas, aprovechando las ventajas inmersas en la teoría de software y hardware libre
Low-Cost Weather Station for Climate-Smart Agriculture	Sonam Tenzin, Satetha S., Theerapat Pobkrut, Teerakiat Kerdcharoen	Diseño de un sistema de monitoreo Meteorológico para granjas

VII. PLANTEO DEL PROBLEMA

Podemos decir que el clima es el estado promedio de la atmósfera en lapsos de tiempo muy grandes y es modulado por un conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio atmosférico de un lugar.

El cambio climático se produce cuando estas condiciones promedio empiezan a cambiar, y las causas de este cambio pueden ser naturales o provocadas por las actividades humanas. El aumento de las temperaturas, las variaciones en las precipitaciones, el incremento de los eventos meteorológicos extremos, son ejemplos de cambios en el clima, aunque hay muchos más.

El último informe del IPCC (por sus siglas en inglés, Intergovernmental Panel on Climate Change), publicado en 2021, destaca que el cambio climático es más que un calentamiento global y que estamos experimentando cambios en la atmósfera, la superficie terrestre, el océano y los mantos de hielo.

Entre los principales mensajes clave del AR6 WG1 (Sixth Assessment Report - Working Group I) se encuentran:

- Desde hace décadas el mundo se está calentando. Los cambios climáticos recientes son generalizados, rápidos y cada vez más intensos. No tienen precedentes en miles de años.

- Es indiscutible que las actividades humanas están provocando el cambio climático. La influencia humana está haciendo que los eventos climáticos extremos, incluidas las olas de calor, las lluvias torrenciales y las sequías, sean más frecuentes y severas.

- El cambio climático ya está afectando a todas las regiones del planeta de múltiples formas. Los cambios que experimentamos aumentarán con un mayor calentamiento.

- No hay vuelta atrás de algunos cambios en el sistema climático (en cientos o miles de años al menos). Sin embargo, algunos de estos cambios podrían ralentizarse y otros podrían detenerse limitando el calentamiento.

- A menos que haya reducciones inmediatas, rápidas y a gran escala de las emisiones de gases de efecto invernadero, limitar el calentamiento a 1,5 ° C estará más allá de nuestro alcance.

- Para limitar el calentamiento global, son necesarias reducciones fuertes, rápidas y sostenidas de CO₂, metano y otros gases de efecto invernadero. Esto no solo reduciría las consecuencias del cambio climático, sino que también mejoraría la calidad del aire.

El cambio climático puede alterar potencialmente economías nacionales enteras, con consecuencias dramáticas para la vida y el sustento de todos los seres

humanos en este mundo. Los patrones climáticos están cambiando, el nivel del mar está aumentando, mientras que los fenómenos meteorológicos excepcionales se están volviendo cada vez más extremos. La acción climática representa uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) del informe 2020 de las Naciones Unidas (*The Sustainable Development Goals Report 2020*. United Nations; New York, NY, USA: 2020. Technical Report.)

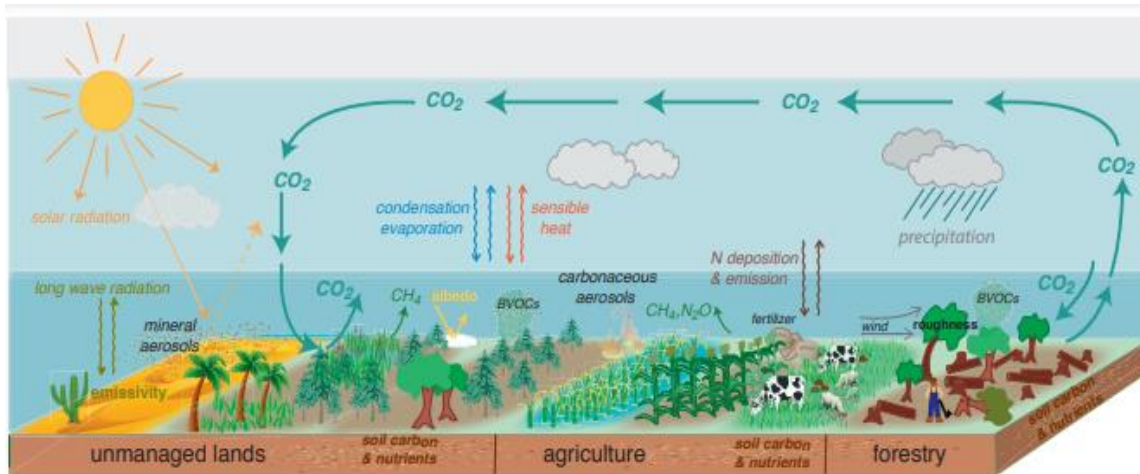


Figura 2. Estructura y Funcionamiento de los Ecosistemas gestionados y no gestionados que afectan al clima local, regional y mundial. Las características como el albedo y la emisividad determinan la cantidad de radiación solar y de onda larga absorbida por la tierra y reflejada o emitida a la atmósfera. La rugosidad de la superficie influye en los intercambios turbulentos de momento, energía, agua y trazadores biogeoquímicos. Los ecosistemas terrestres modulan la composición atmosférica mediante emisiones y absorciones de muchos gases de efecto invernadero (greenhouse gases - GHGs) y precursores de los contaminantes de corta duración (short-lived climate pollutants - SLCP), incluidos los compuestos orgánicos volátiles biogénicos (COVB) y el polvo mineral. Los aerosoles atmosféricos formados de estos precursores afectan al clima regional al alterar las cantidades de precipitación y radiación que llegan a las superficies terrestres a través de su papel en la física de las nubes. (Fuente: IPCC - Technical-Summary)

La figura 2 explica, en parte, la modificación de los regímenes de precipitaciones, el tiempo desestacionalizado, el aumento de las temperaturas y los fenómenos climáticos extremos produciendo un gran impacto en la producción del sector agrícola, principalmente. Esto se debe a que las modificaciones de

temperatura y lluvias, así como otros fenómenos meteorológicos (granizos, heladas, etc.) afecta el rendimiento de los cultivos produciéndoles una gran presión financiera.

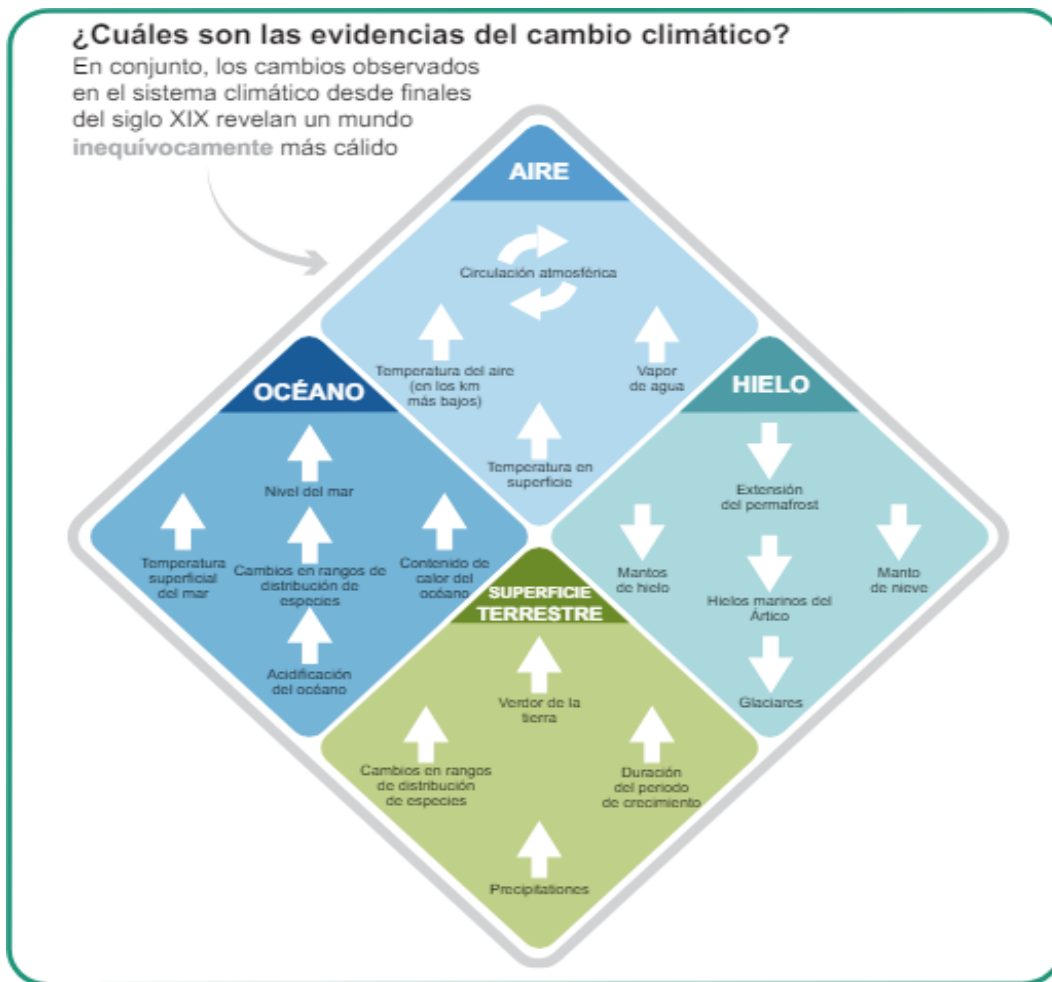


Figura 3. El Calentamiento Global ha desencadenado cambios generalizados en todo el sistema climático. Las cuatro partes principales del sistema climático (el aire, el océano, la tierra y las áreas de hielo) están experimentando cambios generalizados. Síntesis de los cambios significativos observados en el sistema climático en las últimas décadas. Las flechas hacia arriba, hacia abajo y en círculo indican aumentos, disminuciones y cambios, respectivamente. Los análisis independientes de muchos componentes del sistema climático que se esperaba que cambiaran en un mundo que se calienta muestran tendencias coherentes con el calentamiento. Esta lista no es exhaustiva.

Gráfico adaptado de IPCC AR6 Working Group I FAQ 2.2, Figura 1 en el Capítulo 2.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-2/>

La vigilancia meteorológica, y a través de esta la realización de pronósticos y alertas, se ha convertido en algo esencial e imprescindible en la vida cotidiana

debido a sus numerosas aplicaciones en la agricultura, la ganadería, navegación aérea, operaciones militares, etc.

La recolección de datos meteorológicos a través de estaciones convencionales requiere de personal calificado para tal tarea, así como para el mantenimiento de las mismas, lo cual es oneroso. Por lo que muchas veces hace que sea imposible la instalación de las mismas en zonas alejadas.

Esto repercute sobre todo en zonas no muy pobladas, pero con importante producción agrícola-ganadera, donde no existen cantidades necesarias de estaciones meteorológicas y por ende datos precisos para la realización de pronósticos y alertas, por ej., de heladas, inundaciones, sequías, que permitiría a los productores tomar medidas ante esto fenómenos.

Julia Bedoya-Mashuth y Melva Salazar de Cardona (2014) publicaron un escrito donde se plantean lo siguiente: ¿cuál es la capacidad de adaptación de las diversas regiones para afrontar las situaciones derivadas del cambio climático y cuáles son las posibilidades de adaptación de las regiones al cambio climático? En donde destacan el rol de los gobiernos en tener planes y destinar recursos para ser destinados a estrategias para la adaptación de las regiones a los cambios climáticos.

Para poder diagramar estas estrategias por parte de los gobiernos se necesitan tener datos precisos de las características y evolución del clima en todo el territorio argentino. Cosa que actualmente no ocurre y se encuentran áreas, como la propuesta en este trabajo, en las cuales las estadísticas son nulas o escasas ya que no existe un sistema de tecnología que proporcione datos para obtenerlas.

Por ese motivo es muy tener un plan de acción contra el cambio climático que garantice su constante monitoreo para poder tomar acciones cuando sean necesarias con tecnología cuyos costos de implementación no sean muy altos.

Es en este punto donde el presente proyecto propone una solución IoT4 para establecer en estas áreas una estación meteorológica automática moderna cuyos datos se transmitirían por Wi Fi

VIII. OBJETIVOS

Los objetivos del monitoreo del clima por una red de sensores inalámbricos es medir las variables microclimáticas como temperatura, presión atmosférica, humedad, viento y precipitación, así como vigilar los cambios climáticos.

Estas redes también permiten controlar estos parámetros con el fin de mejorar y facilitar el manejo de cualquier actividad a la que sean aplicadas. Además, los sensores inalámbricos ofrecen ventajas como ser fáciles de instalar, versátiles y con opciones para monitoreo remoto. Estas redes también permiten monitorear múltiples ubicaciones en campos y hacerlo con bajo costo

8.1. Objetivos generales

Desarrollar una solución tecnológica basada en tecnologías IoT para el monitoreo del clima en tiempo real en esta región

Reducir riesgos meteorológicos mediante alertas tempranas

8.2. Objetivos específicos

Realizar el sistema de instrumentación digital para el manejo de las variables atmosféricas (temperatura, presión, humedad, viento y precipitación)

Establecer el protocolo de comunicación para definir las características de la red inalámbrica que permita la conexión de los dispositivos IoT a la nube

Crear almacenamiento de las variables en la base de datos MySQL y Visualizar en la página web.

Desarrollar una estación meteorológica autónoma y funcional que se adecue a las necesidades de la región haciendo uso de tecnologías IoT.

IX. ASPECTOS TEORICOS

9.1. Internet of Things (IoT)

El término Internet of Things, también conocido como internet de las cosas se refiere a la red de dispositivos físicos conectados que llevan sensores, software y otras tecnologías para recibir y transferir datos a través de redes inalámbricas. Esto permite que los objetos físicos interactúen entre sí y su entorno (Artículo publicado por María García en Deloitte.com).

Aunque hay muchas formas complejas de definir el Internet de las Cosas (IoT), una de las descripciones más simples es que "conecta cosas a Internet". Sin embargo, la siguiente pregunta es, ¿qué «cosas» conecta y por qué se conectan a Internet?

Las «cosas» son objetos físicos que están integrados en la tecnología, como sensores y accionadores, así como software y conexiones de red. El hecho de conectar «cosas» a Internet permite que interactúen e intercambien datos con otros

dispositivos y sistemas, además, se pueden controlar a distancia (Alcatel-Lucent Enterprise – Libro Blanco)

El Internet de las Cosas tiene los siguientes componentes:

Las cosas en sí, que pueden ser un electrodoméstico, un automóvil, una máquina de ensamblaje, etc.

Un hardware y un software básico que permite la conexión de cada cosa a Internet. Son los denominados microcontroladores SoC (del inglés “system on chip”) que podríamos traducir como Sistema en Chip.

Sensores: Los SoC son los encargados de recabar información de los sensores de las cosas y enviarlos a Internet. Existen sensores de muy diverso tipo (de movimiento, de temperatura, de presión, de presencia, etc.).

Actuadores: En función de la información recibida por un SoC, éste se encarga de “disparar” una acción en un actuador (por ejemplo, de acelerar una máquina, de encender una luz, de permitir el paso de corriente por un circuito, de abrir o cerrar un grifo).

Un protocolo de comunicaciones específico para que las cosas envíen y reciban información de Internet. Existen multitud de protocolos en función del tipo de solución.

Una capa de Aplicación que es responsable de proporcionar servicios al usuario final y entre dispositivos. (Fundación Innovación Bankinter – 27/01/20)

Para la implementación de productos y servicios exitosos basados en IoT, se utilizan varias tecnologías, como Big Data, Inteligencia Artificial, Blockchain, Cloud y Edge Computing, Realidad Aumentada, 5G y Mobile IoT. Estas herramientas

permiten la recopilación, el procesamiento, la visualización y la gestión de datos para dispositivos IoT.

IoT se ha vuelto más relevante para el mundo debido en gran parte al aumento del uso de dispositivos móviles, comunicación integrada, computación en la nube y analítica de datos (Patel et al., 2016), así como también, es una de las áreas más importantes de la tecnología futura y está recibiendo una gran atención de una amplia gama de industrias (Lee & Lee, 2015).

Esta tecnología se está usando en el diseño de las denominadas Smart Cities o ciudades inteligentes. Una ciudad inteligente, o smart city, es un concepto que se refiere a la integración de tecnologías digitales en las redes, servicios e infraestructuras de una ciudad para hacerla más eficiente, habitable y sostenible en beneficio de sus habitantes. Estas ciudades aplican la innovación y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a la gestión urbana, interconectando diferentes áreas como gobernanza, economía, movilidad, medio ambiente, energía, sanidad y seguridad para prestar mejores y nuevos servicios (Enel X - ¿Qué es una Smart City?)

Seis tecnologías son esenciales para ayudar a que una ciudad inteligente funcione, Smart Energy, Smart Transportation, Smart Data, Smart Infrastructure, Smart Mobility y Smart IoT Devices, las cuales trabajan en conjunto para poder obtener los datos suficientes para catalogar a una ciudad inteligente como tal. (Maddox, 2016)

B.N. Silva et al. en su documento “Towards sustainable Smart cities” muestra que una ciudad inteligente se compone de cuatro atributos fundamentales:

sostenibilidad, calidad de vida, urbanización e inteligencia como se muestra en la gráfica.



Figura 4. Características de una Smart City. Fuente B.N. Silva et al.

9.2. Meteorología

Es la ciencia que estudia la atmósfera, comprende el estudio del tiempo y el clima y se ocupa del estudio físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre (definición del glosario de la Organización Meteorológica Mundial)

En la actualidad la OMM gestiona más de 10.000 estaciones meteorológicas convencionales y automáticas de superficie, 1.000 estaciones de altura, 7.000 buques, 100 boyas fijas y 1.000 a la deriva, cientos de radares meteorológicos y

3.000 aeronaves comerciales especialmente equipadas miden cada día parámetros clave de la atmósfera, la tierra y la superficie del océano. A esto se añaden unos 16 satélites meteorológicos y 50 satélites de investigación. Esto es un ejemplo del tamaño de la red mundial de observaciones meteorológicas, hidrológicas y otras observaciones geofísicas. Una vez recogidas, las observaciones se someten a un control de calidad, sobre la base de las normas técnicas definidas por el Programa de Instrumentos y Métodos de Observación (IMOP) de la OMM, y luego se ponen gratuitamente a disposición de todos los países del mundo a través del Sistema de Información de la OMM (SIO) (Julián Báez -2019)

El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo (Jiménez et al., 2004)

Una estación meteorológica es el lugar donde se recogen y registran observaciones puntuales de las distintas variables meteorológicas utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico. Estas variables pueden ser temperatura, humedad, viento, precipitación, presión, radiación, etc.

Se pueden clasificar de distintas maneras:

SINÓPTICAS	<i>Superficie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Terrestres</i> • <i>Marítimas</i> 			
	<i>Atmósfera libre</i>	<table border="1"> <tr> <td><i>Terrestres</i></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Globo piloto</i> • <i>Radioviento</i> • <i>Radiosonda</i> • <i>Radiovientosonda</i> </td> </tr> <tr> <td><i>Marítimas</i></td> <td></td> </tr> </table>	<i>Terrestres</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Globo piloto</i> • <i>Radioviento</i> • <i>Radiosonda</i> • <i>Radiovientosonda</i> 	<i>Marítimas</i>
<i>Terrestres</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Globo piloto</i> • <i>Radioviento</i> • <i>Radiosonda</i> • <i>Radiovientosonda</i> 				
<i>Marítimas</i>					
SATELITALES					
CLIMÁTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Principales</i> • <i>Secundarias</i> • <i>Pluviométricas</i> 				
AGROMETEOROLÓGICAS					
AERONÁUTICAS					
ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Electricidad atmosférica</i> • <i>Radar</i> • <i>Freatrimétricas</i> • <i>Hidrométricas</i> • <i>Evaporimétricas</i> • <i>Radiométricas</i> • <i>Contaminación del aire</i> • <i>Química atmosférica</i> • <i>Etc.</i> 				

Fuente del Gráfico: Nuñez y Gentile

Las estaciones meteorológicas también se clasifican en dos grupos según el tipo de instrumentos en manuales y automáticas. Las manuales son las de toda la vida, donde los ejes centrales de la estación son la jaula meteorológica y el pluviómetro. Las EMA (Estación Meteorológica Automática) es un sistema autónomo y automático formado por un conjunto de sensores de medición, dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, montados sobre una estructura de soporte, en donde son distribuidos, orientados y conectados al Sistema de adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos (SAPAD) de la estación, con el objetivo de realizar la medición y registro de las variables meteorológicas que imperan en el lugar, y transmitir los datos obtenidos a la oficina central, en donde serán utilizados y almacenados a una base de datos (CONAGUA – SMN México). Esta última es la que nos interesa en el presente proyecto.

Los instrumentales meteorológicos que usualmente se usan son:

- Anemómetro (Mide la Velocidad del viento)
- Veleta (Señala la dirección del viento)
- Barómetro (Mide la presión atmosférica)
- Heliógrafo (Mide la insolación recibida en la superficie terrestre)
- Higrómetro (Mide la Humedad)
- Piranómetro (Mide la Radiación Solar)
- Pluviómetro (Mide el agua caída)
- Termómetro (Mide la temperatura)

Los requisitos más importantes que han de satisfacer los instrumentos meteorológicos son los siguientes:

- a) incertidumbre, según el requisito especificado para la variable de que se trate;
- b) fiabilidad y estabilidad;
- c) facilidad de funcionamiento, calibración y mantenimiento; d) sencillez de diseño que sea coherente con los requisitos;
- e) durabilidad;
- f) nivel de costo aceptable de los instrumentos, los bienes fungibles y las piezas de recambio;
- g) condiciones de seguridad para el personal y el entorno.

Con respecto a los dos primeros requisitos, es importante que un instrumento pueda mantener la incertidumbre conocida durante un largo período. Esto es mucho

mejor que tener un alto nivel de confianza inicial (es decir, incertidumbre baja) que no puede mantenerse durante mucho tiempo en condiciones operativas.

Las calibraciones iniciales de los instrumentos revelarán, en general, desviaciones del resultado ideal, por lo que será preciso efectuar correcciones en los datos observados durante las operaciones normales.

Es importante conservar las correcciones con los instrumentos en el emplazamiento de observación y dar a los observadores indicaciones claras sobre su uso.

La sencillez, la robustez y la facilidad de funcionamiento y mantenimiento son importantes, ya que la mayoría de los instrumentos meteorológicos se utilizan continuamente, año tras año, y pueden estar situados lejos de las instalaciones de reparación adecuadas. Una construcción robusta resulta especialmente conveniente en los instrumentos que están total o parcialmente expuestos a la intemperie. A menudo, si se reúnen estas características, será posible reducir los gastos generales para proporcionar buenas observaciones, compensándose así el costo inicial (Guía de Instrumentos y métodos de Observación–vol1 – OMM – 2021)

9.3. Observación Meteorológica

La observación meteorológica incluye la observación, registro y evaluación del estado físico de la atmósfera en general o de un elemento aislado de la misma, como la temperatura, humedad, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, entre otros, en un momento y lugar determinado. La observación tipo se

denomina observación sinóptica de superficie, que es la destinada a elaborar el mapa del tiempo.

Las observaciones deben hacerse invariablemente en las horas indicadas y su ejecución tendrá lugar en el menor tiempo posible. Es de vital importancia prestar preferente atención a estas dos indicaciones pues el descuido de las mismas da lugar, por las constantes variaciones de los elementos, a la obtención de datos que, por ser tomados a distintas horas, no pueden ser comparables.

La veracidad y exactitud de las observaciones es imprescindible ya que el no cumplimiento de esas condiciones lesiona los intereses no sólo de la Meteorología, sino de todas las actividades humanas que se sirven de ella. En este sentido, la responsabilidad del observador es mucho mayor de lo que normalmente se supone (Núñez y Gentile).

Existen distintos tipos de observaciones que en general están clasificadas según la clasificación de la estación:

9.3.1. Observación sinóptica:

Recolección de diferentes parámetros atmosféricos en general en forma horaria destinada a la comprensión del estado actual y local del tiempo, así como de la elaboración de pronósticos locales.

9.3.2. Observación aeronáutica:

La observación aeronáutica es un proceso mediante el cual se recopila información meteorológica en aeropuertos y otros lugares para apoyar la navegación aérea. Esta información incluye datos sobre la visibilidad, la

temperatura, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, entre otros. La observación aeronáutica es esencial para garantizar la seguridad de los vuelos y se realiza mediante sistemas automáticos y observadores meteorológicos capacitados (AEMET).

9.3.3. Observación climatológica:

Se obtienen datos atmosféricos para el estudio del clima de tal manera que se tenga una representación de las características climáticas para todos los tipos de terrenos del país.

9.3.4. Observación agro-meteorológica:

La observación agro meteorológica es la medición y determinación, utilizando instrumental adecuado o valiéndose sólo de la vista, de todos los elementos que, en su conjunto, representan las condiciones meteorológicas en un momento dado y en un determinado lugar, con el fin de conocer las condiciones climáticas y su influencia en la agricultura y la ganadería. Esta observación es fundamental para el desarrollo de la actividad agropecuaria, ya que permite conocer las condiciones climáticas y su influencia en los cultivos y la producción ganadera, y así tomar decisiones en consecuencia. La observación agro meteorológica se realiza en estaciones meteorológicas ubicadas en zonas rurales y se registran variables como la temperatura, la humedad, la precipitación, la velocidad del viento, entre otras (AEMET)



Figura 5. Sistema Global de Observación. Las observaciones se transmiten en tiempo casi real y son utilizadas por los modelos para hacer una estimación del estado de la atmósfera (análisis). Fuente: Organización Meteorológica Mundial (<https://wmo.int/>)

9.4. Temperatura

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define la temperatura como la magnitud física que expresa el estado de agitación de las moléculas que componen un cuerpo, y que está relacionada con la energía interna del mismo.

También establece, para obtener una cierta uniformidad de los datos obtenidos, que la temperatura del aire cerca de la superficie se mida en una caseta de madera llamada abrigo meteorológico, cuyas paredes y techo están pintados de blanco, a una altura de entre 1,25 y 2 metros sobre el suelo, para evitar la irradiación del mismo. El objetivo es evitar la exposición directa al sol, que no absorba la humedad cuando llueva y que el aire circule libremente en el interior. (Glosario meteorológico – OMM)



Figura 6. Abrigo Meteorológico de la Estación Meteorológica de Presidencia Roque Sáenz Peña. (Imagen propia)

9.5. Presión atmosférica

El aire es una mezcla de gases que presenta una distribución vertical que varía en su contenido a medida que nos alejamos de la superficie terrestre, como podemos ver en la figura. También en la figura se destaca que el 50% del aire está entre la superficie y los 5.5 km, mientras que el 99% está por debajo de los 32 km.

Como la presión atmosférica es la fuerza que ejerce el peso de la columna de aire sobre la superficie del planeta, cerca del suelo toda la columna de aire ejerce una fuerza proporcional a su peso, a medida que ascendemos dejamos aire por debajo, por lo cual es sencillo interpretar que la presión disminuye con la altura (Claudia Campetella et al)

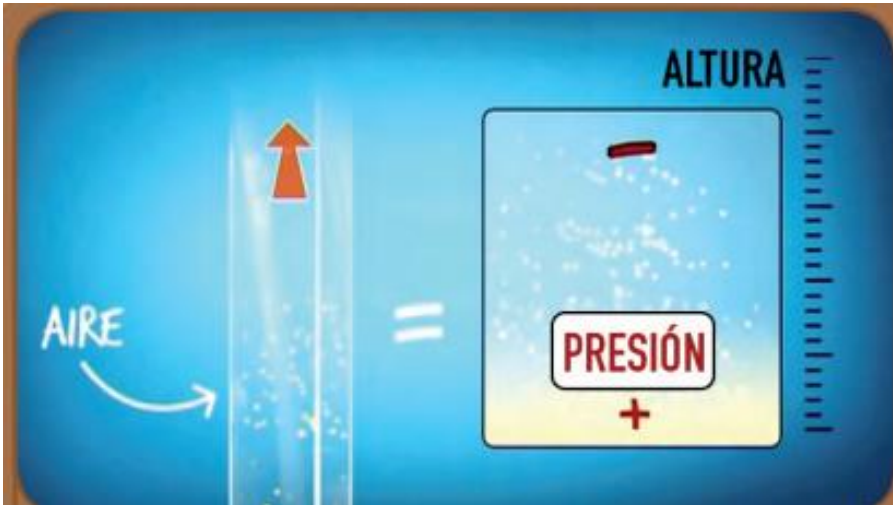


Figura 7. Variación de la Presión Atmosférica con la altura. Fuente: Campetella et al.

La presión atmosférica es definida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como "el peso por unidad de superficie ejercido por la atmósfera en cualquier punto de la superficie terrestre como resultado de la acción de la gravedad sobre las moléculas de aire que la componen" (Glosario meteorológico – OMM)

"Para medir la presión atmosférica existen diferentes tipos de barómetros. La unidad medida es el milibar o hectopascal." (AEMET, 2017)



Figura 8. Barómetro Digital Vaisala PTB330 en uso en la Estación Meteorológica de Presidencia Roque Sáenz Peña. (Imagen propia)



Figura 9. Barómetro de Torricelli en Museo de la Estación Meteorológica de Presidencia Roque Sáenz Peña. (Imagen propia)

9.6. Humedad Relativa

“Es el vapor de agua que existe en una masa de aire, expresado como un porcentaje de la cantidad total que existiría si el aire estuviese saturado a esta temperatura. Se expresa en unidades enteras que van de cero (0) hasta el 100%”

(Glosario meteorológico – OMM)

Esta variable nos indica cuan cerca está el aire de alcanzar la saturación, sin modificar su temperatura y presión.

9.7. Viento de superficie

“Viento que sopla cerca de la superficie de la Tierra. Se mide, por convención, a una altura de 10 m por encima del suelo, en un lugar en donde la distancia entre el anemómetro y cualquier obstáculo es por la menos igual a 10 veces la altura de ese obstáculo” (Glosario meteorológico – OMM).

Para determinar la dirección del viento en la actualidad se utiliza internacionalmente la Rosa de los vientos (diagrama en forma de estrella) dividida en 360°. Se toma como origen el norte y se divide en grados contando en el sentido de giro de las agujas del reloj (por ej. un viento del SSE equivale a 160° o uno del S a 180°)

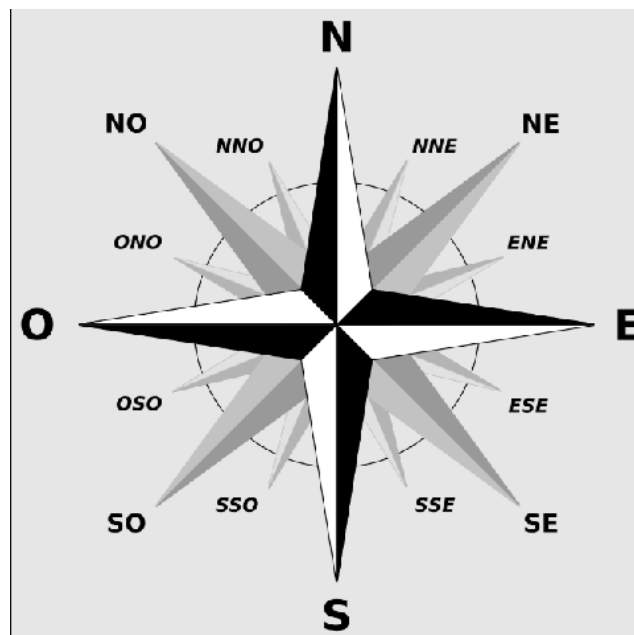


Figura 10. Rosa de los Vientos – Fuente: Sicily Sailing Experience

9.8. Precipitación

Hidrometeoro consistente en la caída de un conjunto de partículas. Las formas de precipitación son: lluvia, llovizna, nieve, cinarra, nieve granulada, polvo diamante, granizo y gránulos de hielo (Glosario meteorológico – OMM).

La precipitación es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado (IDEAM – Glosario Meteorológico)

9.9. Heliofanía

La heliofanía se puede definir como la duración de la acción directa de la radiación solar, por día o año sobre una parte de la Tierra. Solo se considera la radiación directa ya que la ocurrencia de nubosidad hace que la radiación recibida por el instrumento sea radiación difusa y que, aunque es energía incidente, ni su concentración ni su densidad son los suficientes como para que puedan ser registrados. La heliofanía tiene dimensiones de tiempo y se miden en horas o segundos también es frecuente el uso de la heliofanía relativa que es el cociente entre la heliofanía real y la máxima posible.

La medición de las horas con brillo solar se realiza mediante el uso del heliofanógrafo. Este instrumento consiste en una esfera de cristal que, ante los rayos solares, actúa como una lente "lupa" y permite el quemado de una faja de papel graduada en horas y minutos, que es cambiada diariamente. Este tipo de heliofanógrafos no puede ser usado en latitudes altas donde el sol es débil y se eleva poco sobre el horizonte.

En agricultura, la heliofanía es importante para la caracterización agroclimática de una zona geográfica.



Figura 11. Heliografógrafo y distintos tipos de Fajas de Heliofanía (Imagen propia)

9.10. Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado digital que puede ser usado para muy diversos propósitos debido a que es *programable*. Está compuesto por una unidad central de proceso (CPU), memorias (ROM y RAM) y líneas de entrada y salida (periféricos). Se utiliza para automatizar procesos, controlar elementos de entrada/salida y procesar información en una amplia gama de aplicaciones, como electrónica, robótica, biomedicina, mecatrónica y ciencias computacionales (SHERLIN.XBOT.ES).

Como el hardware ya viene integrado en un solo chip, para usar un microcontrolador se debe especificar su funcionamiento por software a través de programas que indiquen las instrucciones que el microcontrolador debe realizar. En una memoria se guardan los programas y un elemento llamado CPU se encarga de procesar paso por paso las instrucciones del programa.

Para diseñar programas es necesario conocer los bloques funcionales básicos del microcontrolador, estos bloques son:

- **CPU** (Unidad central de proceso)
- **Memoria ROM** (Memoria de solo lectura)
- **Memoria RAM** (Memoria de acceso aleatorio)
- **Líneas de entrada y salida** (Periféricos)

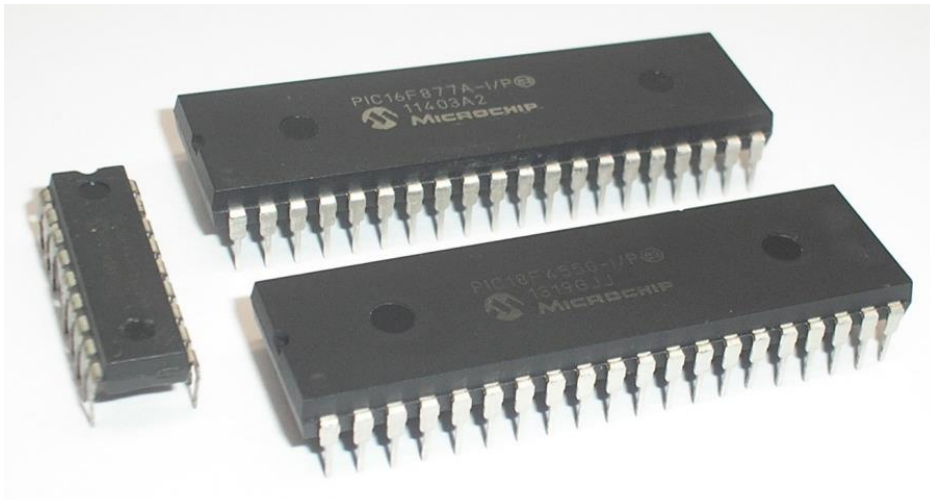


Figura 12. Microcontroladores de la Empresa Microchip. Fuente: SHERLIN.XBOT.ES

9.11. Raspberry Pi

Raspberry Pi es una computadora de bajo costo y tamaño compacto, del porte de una tarjeta de crédito, que puede ser conectada a un monitor, un televisor y usarse con un mouse y teclado estándar. Fue creada en 2012 por la Raspberry Pi

Foundation con el fin de promover y enseñar las ciencias básicas de la computación en las escuelas (MCI Electronics).

La Raspberry Pi tiene una amplia variedad de aplicaciones, desde proyectos educativos hasta proyectos de electrónica y programación. Algunas de las aplicaciones más comunes incluyen: reproductores de música y video, estaciones meteorológicas, proyectos de domótica, centros de medios, servidores web, consolas de juegos retro, proyectos de robótica, entre otros. La Raspberry Pi también se utiliza en la enseñanza de la informática en las escuelas y universidades. Además, la Raspberry Pi tiene la habilidad de interactuar con el mundo exterior, lo que la hace ideal para proyectos de automatización y control de dispositivos. En resumen, la Raspberry Pi es una herramienta versátil y económica que puede ser utilizada en una amplia variedad de proyectos digitales y educativos (All3dp)

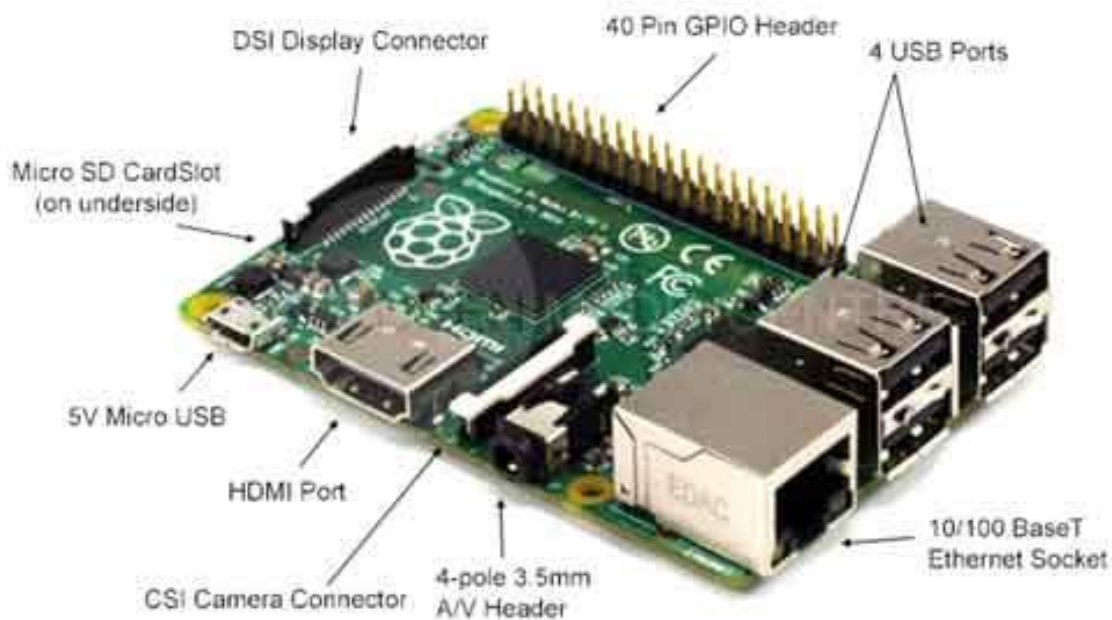


Figura 13. Partes de un Raspberry Pi B+. Fuente Luis Llamas

9.12. Arduino

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores.

Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la gente puede añadir sensores, actuadores y otros componentes electrónicos para crear proyectos interactivos. Arduino se utiliza para interactuar tanto con el hardware como con el software y sirve tanto para controlar un elemento como para transformar la información de una fuente.

La mayoría de las placas Arduino pueden ser alimentadas por un puerto USB o un puerto Barrel Jack de alimentación y pueden ser programadas a través del puerto serie que incorporan. El software de Arduino consiste de dos elementos: un entorno de desarrollo (IDE) y un cargador de arranque (bootloader) que es ejecutado de forma automática dentro del microcontrolador en la placa (Yúbal Fernández - 2022).

El funcionamiento de un sistema Arduino se basa en tres pilares:

* Por un lado, tenemos una interfaz de entrada que se corresponderá con los diferentes periféricos o sensores que conectemos a los puertos que dispone la placa Arduino. Existen infinidad de periféricos o sensores que podemos usar y encontrar en el mercado y que nos permitirán desarrollar diversos proyectos.

* El segundo paso es tratar las entradas generadas y de eso se va a encargar el microcontrolador con la programación que hagamos de este. Para programar el microcontrolador usaremos el entorno de desarrollo de Arduino.

Este entorno y el lenguaje de programación usado es bastante intuitivo y cualquier persona sin conocimientos técnicos elevados es capaz de poder desarrollar un programa en muy poco tiempo. A través del puerto USB de la placa Arduino, traspasaremos la programación al microcontrolador. El programa gestionará las entradas para proporcionar las salidas que queramos.

* Aquí es donde entra el tercer pilar, la interfaz de salida. Una vez procesada la entrada en base a la programación del microcontrolador, se producirá una salida.

De la misma forma que tenemos sensores o periféricos de entrada podemos conectar diversos periféricos de salida como displays, altavoces, etc.... (Carlos Yañes- CEAC- 2021)

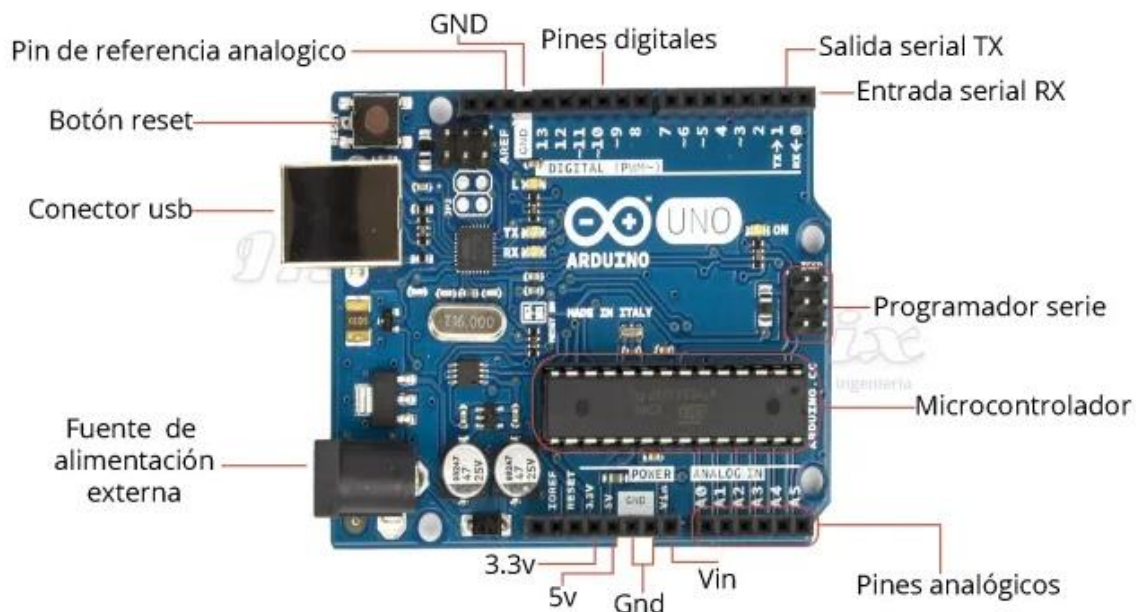


Figura 14. Partes de un Arduino – Fuente: Ingeniería Mecafenix

X. ASPECTOS METODOLOGICOS

Este proyecto lo podemos dividir en 3 etapas que nos permitirán realizar los objetivos específicos, pudiendo así cumplir con el objetivo planteado.

10.1. ETAPA 1: Evaluación

Realización de una evaluación de las EVIM ((Estaciones Viales Inteligentes Multipropósito) que se encuentran en la zona proyectada para la ubicación de las EMAs (Estaciones Meteorológicas Automáticas).

En esta etapa se deberá que realizar lo siguiente:

- Contactar y firmar acta de acuerdo con los organismos o instituciones encargadas del control de las EVIM
- Revisar el estado de las instalaciones en las que se encuentran, así como su capacidad de utilización
- Elaborar un documento donde se detalle el estado de los paneles solares, conectividad inalámbrica (WI-FI), puerto USB, cámaras de seguridad, capacidad para integrar otras funciones, etc.



Figura 15. Estación Vial Multipropósito ubicada en las inmediaciones de la ciudad de Napenay (Chaco) a la vera de la Ruta Nacional 16 en KM 200. (Imagen Propia)

10.2. ETAPA 2: Diseño

El diseño de una solución IoT para el control de las variables meteorológicas implica el análisis, diseño y elaboración de una solución tecnológica (hardware y software) basada en tecnologías IoT.

Para ello se realizarán las siguientes actividades:

- Elaborar el estado del arte sobre Estaciones Automáticas desarrolladas con sistemas embebidos o microcontroladores. Para este proyecto se propone la Estación Automática WS601 – UMB de la empresa Lufft, cuyas especificaciones y características de instalación se detallan en el Anexo I, Anexo II, Anexo III y Anexo IV.
- Seleccionar un protocolo de comunicación entre los sensores y el microcontrolador
- Seleccionar un sistema de cliente-servidor para el monitoreo
- seleccionar un Hardware para la recolección y procesamiento de datos obtenidos por los diferentes sensores utilizados.



Figura 16. Principales Variables Meteorológicas. Fuente: Prezi

10.3. ETAPA 3: Desarrollo

Desarrollar una solución para el monitoreo de las variables meteorológicas en el oeste chaqueño a través de una EMA funcional para lo cual se deberá realizar las siguientes actividades:

- Preparar e instalar la EMA en el entorno elegido para tal fin. Para la EMA propuesta ver Anexo II
- Configurar todas las aplicaciones de hardware y software para la conexión de la EMA a la EVIM. Para la EMA propuesta ver Anexo II y III.
- Probar el hardware para comprobar el adecuado funcionamiento y sincronización de los elementos y las variables involucradas.
- Comparar los datos obtenidos con una Estación Meteorológica Móvil del SMN para corroborar su correcto funcionamiento

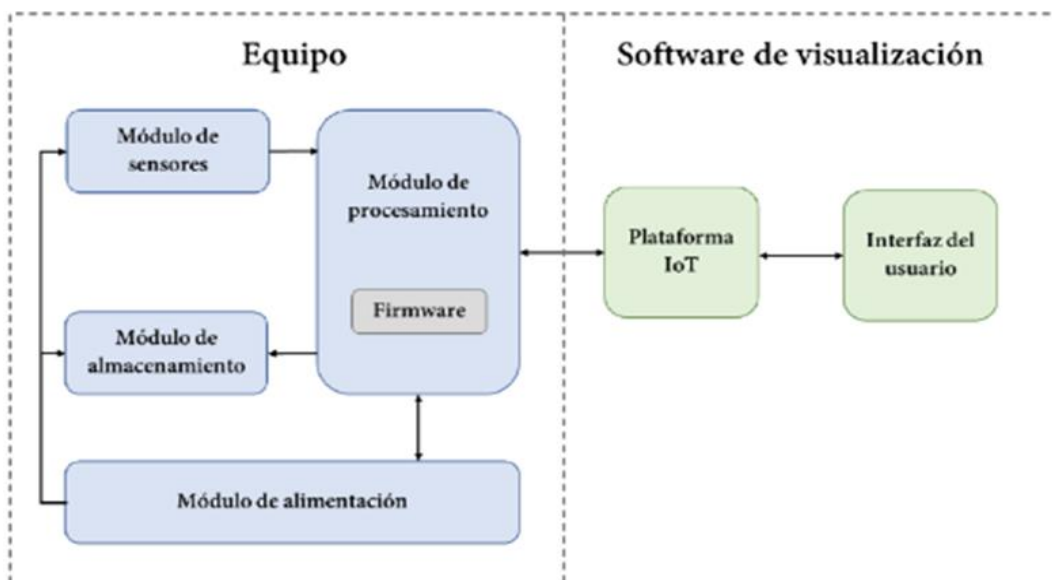


Figura 17. Diseño General del Sistema Propuesto. Fuente: Abel Hernández

Eskenazi

El sistema propuesto se basa en un equipo y un software de visualización.

En la figura 17, se muestra el esquema general del diseño del sistema. A continuación, se analizan los módulos funcionales que conforman el equipo. (Abel Hernández Eskenazi - 2023)

Módulo de alimentación: Se encarga de proporcionar la energía al equipo para lograr un funcionamiento correcto.

Módulo de sensores: Incluye cada uno de los sensores que se emplean para realizar las mediciones de las variables ambientales, así como los elementos de hardware que se utilizan para acondicionar las señales medidas.

Módulo de almacenamiento: Tiene como función realizar un respaldo de la información adquirida ante pérdidas del acceso a Internet.

Módulo de procesamiento: Se encarga de ejecutar las instrucciones lógicas del firmware del sistema. Realiza el procesamiento de los datos adquiridos mediante los sensores, así como de enviar los datos al módulo de almacenamiento y al servidor en Internet. Los módulos funcionales que conforman el software de visualización son los siguientes.

Plataforma IoT: Recibe todos los datos de las variables ambientales que envía el módulo de procesamiento a través de Internet y los almacena en base de datos internas. Posibilita el diseño de la interfaz del usuario.

Interfaz del usuario: Permite la visualización, por parte del usuario, de los datos enviados a la plataforma IoT. En el siguiente epígrafe se describe el diseño del hardware, analizando previamente los requisitos que imponen los componentes del sistema.

XI. PLAN DE TRABAJO: Cronograma

Etapa #1 Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto con los organismos y instituciones encargados de las EVIM 	<ul style="list-style-type: none"> • acta acuerdo 	45 días
	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de las instalaciones (control) 	<ul style="list-style-type: none"> • paneles solares • WI-FI • capacidad para integrar otras funciones • puertos USB • cámaras de seguridad • terreno donde esta emplazado • recursos de interés disponible 	45 días
	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación previa (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • búsqueda y revisión de literatura sobre sistemas lot • clasificación y análisis de la literatura hallada 	45 días
Etapa #2 Diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de instrumentación (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • instrumentos necesarios para el circuito para la recolección de la información (sensores dht22, placa Arduino uno R3, módulo WiFi ESP8266, cables jumper, protoboard, etc.) 	45 días
	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación de datos (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar protocolo de comunicación entre los dispositivos y el servidor WEB • configurar conexiones físicas entre Arduino uno R3 y el modulo ESP8266 • programación del microcontrolador 	45 días
	<ul style="list-style-type: none"> • selección de un hardware para procesamiento de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • sistema embebido • sistema Raspberry Pi • montaje del sistema 	45 días
	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de instalación de la EMA 	<ul style="list-style-type: none"> • superficie plana • corte de hierba a 25 cm • distancia a los obstáculos acorde directivas OMM • cerco circundante 	15 días
	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del servidor (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • backend: estructuración del sitio y programación de sus funcionalidades principales • frontend: visualización de datos por parte del usuario 	7 días
Etapa #3 Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • verificación de cada uno de los dispositivos a usar 	7 días

(1) Erinson Rivera Valenzuela - Desarrollo de un sistema IoT para el control y monitoreo de las variables temperatura y humedad -2019-

Gráfico de elaboración propia.

XII. ANEXO I

1. Descripción de la Estación Automática propuesta

La estación meteorológica automática propuesta para este proyecto es la WS601 – UMB de la empresa Lufft. Este es un sensor de la familia de productos WS de transductores profesionales de medición inteligente con interfaz digital para aplicaciones ambientales. Diseño integrado con protección radiológica ventilada para medir: temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, presión del aire, dirección del viento y velocidad del viento. Un sensor de temperatura externo es conectable.

* Parámetros medidos: Temperatura, humedad relativa, precipitación, presión de aire, dirección del viento, velocidad del viento

* Tecnología de medición: Ultrasónico / Viento, NTC / T, Capacitivo / HR, MEMS capacitivo / Presión, Cuchara y cucharón / Precipitación

* Aspectos destacados del producto: Detección de viento con construcción a prueba de aves. Sensor de clima todo en uno compacto, baja potencia, calentador, protector de radiación aspirado, protocolo de comunicación abierto

* Interfaces: RS485 con protocolos compatibles UMB-Binary, UMB-ASCII, Modbus-RTU, Modbus-ASCII, XDR y SDI-12



Figura 18. Imagen Sensor WS601-UMB. Fuente G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

2. Ventajas del sensor meteorológico inteligente WS601

* Medición de la dirección del viento y la velocidad de manera no susceptible a la anidación de aves gracias a la construcción cubierta

* Concepto de carcasa todo en uno de un sensor meteorológico compacto que combina 7 parámetros de medición en una carcasa con una sola conexión de cable

* Preprocesamiento de datos incorporado, interfaces universales y protocolos de salida seleccionables

* Compatible con muchos registradores de datos Met / HydroMet y sistemas PLS disponibles comercialmente gracias a un protocolo de comunicación abierto

* Adecuado para todas las zonas climáticas; también para estaciones meteorológicas automáticas alimentadas por energía solar

* Detección de temperatura y humedad ventilada.

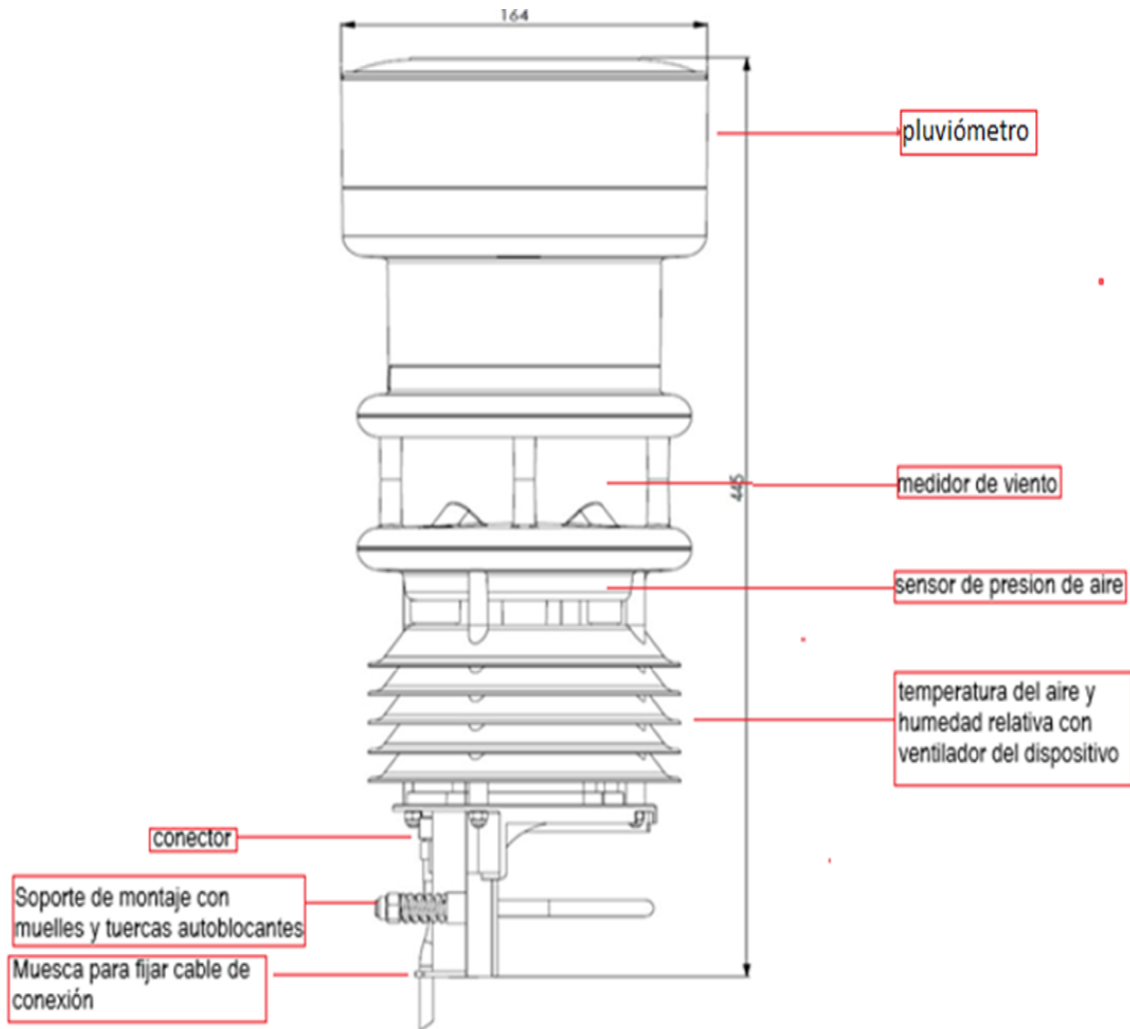


Figura 19. Esquema de la Estación WS601 - UMB. Fuente: G. Luft Mess- und Regeltechnik GmbH

3. Datos técnicos (Lufft – Technical Data)

Dimensiones: Ø aprox. 164 mm, altura aprox. 445 mm

Peso aprox.: 1,7 kg

Interfaz: RS485, 2 hilos, semidúplex

Alimentación: 11...32 VDC

Alimentación: 5...11 VDC (electrónica con precisión de medida limitada)

Alimentación: 24 VDC +/- 10% (calentador)

Consumo: 20 VA (calefactor)

Temperatura de funcionamiento: -50...60 °C (con calefactor)

Humedad relativa de funcionamiento: 0...100 % HR

Nivel de protección de la carcasa: IP66

Normas/Reglamentos: Conforme a IEC 61724-1:2017

Montaje en mástil adecuado para: Diámetro del mástil 60 - 76 mm

Longitud del cable: 10 m

3.1. Temperatura

Principio de medición: se mide mediante una resistencia NTC de alta precisión

Rango de medición: -50... 60 °C

Unidad: °C

Precisión: $\pm 0,2$ °C (-20...50 °C), en caso contrario $\pm 0,5$ °C (>-30 °C)

3.2. Humedad Relativa:

Principio de medición: se mide mediante un sensor de humedad capacitivo

Rango de medición: 0 ... 100 % HR

Unidad: % HR

Precisión: ± 2 % HR

3.3. Presión:

Principio de medición: se mide mediante un sensor capacitivo incorporado (MEMS). La presión atmosférica relativa referida al nivel del mar se calcula mediante la fórmula barométrica con ayuda de la altitud local, configurable por el usuario en el equipo.

Rango de medición: 300 ... 1200 hPa

Unidad: hPa

Precisión: $\pm 0,5$ hPa (0...40 °C)

3.4. Dirección del viento:

Principio de medición: Ultrasónico

Rango de medición: 0 ... 359.9 °

Unidad: °

Precisión: $< 3^\circ$ RMSE $> 1,0$ m/s

Resolución: 0,1

3.5. Velocidad del viento:

Principio de medición: Ultrasónico

Rango de medición: 0 ... 30 m/s

Unidad: m/s

Precisión: $\pm 0,3$ m/s o 3 % RMS

Resolución: 0,1 m/s

3.6. Precipitación:

Precisión: ± 2

Resolución: 0,2 mm

Intensidad máxima: 144 mm/h

3.7. Precipitación (con anillo reductor):

Precisión: ± 2

Resolución: 0,5 mm

Intensidad máxima: 360 mm/h

XIII. ANEXO II

1. Instalación

El soporte del sensor está diseñado para ser instalado en la parte superior de un mástil con un diámetro de 60 - 76 mm.

Para la instalación se necesitan las siguientes herramientas:

- Llave de boca o de estrella (SW13)
- Brújula para alinear el anemómetro con el Norte

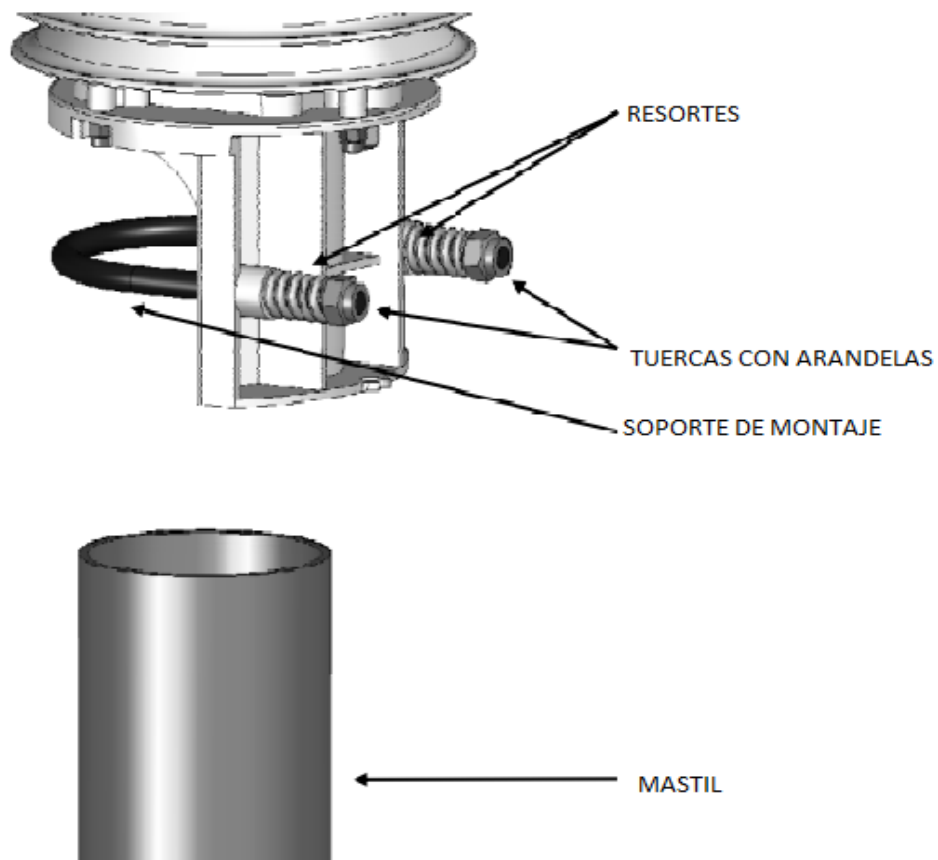


Figura 20: Fijación al Mástil. Fuente: G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

- Aflojar las tuercas
- Empujar el sensor en la parte superior del mástil desde arriba
- Apretar las tuercas uniformemente hasta que se haga contacto con los resortes, pero dejando que el sensor aún se pueda mover con facilidad
- Alinear el sensor con el Norte (para medidores de viento)
- Apretar ambas tuercas con 3 vueltas

2. Alineación

Para que la dirección del viento se muestre correctamente, el sensor debe estar alineado con el Norte. Para ello, el sensor está equipado con una serie de flechas de dirección.

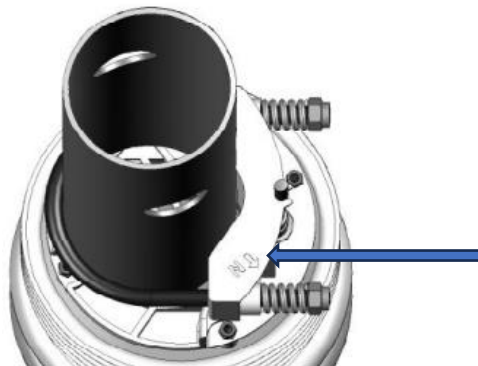


Figura 21. Señalización al Norte.

Fuente: G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

Procedimiento:

- Si el sensor ya está instalado, primero aflojar ambas tuercas uniformemente hasta que pueda girar el sensor fácilmente
- Con la brújula, identificar el Norte y fijar un punto de referencia en el horizonte

- Colocar el sensor de forma que los sensores de viento Sur y Norte estén alineados con el punto de referencia fijo en el Norte

- Apretar ambas tuercas con 3 vueltas

Nota: Dado que el polo norte magnético indicado por la brújula difiere del polo norte geográfico, debe tenerse en cuenta la declinación (variación) magnética en el lugar al alinear el sensor.

La declinación magnética es el ángulo de desviación entre el norte magnético y el norte geográfico en un punto específico de la Tierra. Varía según la ubicación geográfica y está influenciada por los polos magnéticos de la Tierra. (Neptuno Escuela Náutica)

En el caso de la ubicación propuesta es una variación negativa de entre 11° y 12° dependiendo del lugar de instalación.

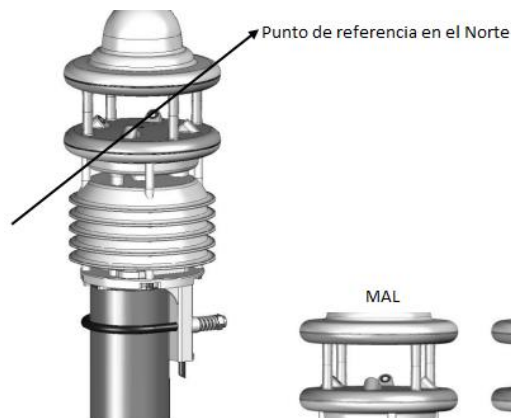


Figura 22. Alineación al Norte. Fuente: G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

Lugar de Instalación:

Para seleccionar el correcto lugar de instalación se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

- Subsuelo estable para la instalación del mástil

- Libre acceso al equipo para trabajos de mantenimiento
- Suministro eléctrico fiable para un funcionamiento permanente
- Buena cobertura de red cuando se transmite a través de una red de comunicaciones móviles

- Para instalar el dispositivo en el mástil sólo deben utilizarse aparatos homologados y probados (conductores, tubos ascendentes, etc.).

- Deben respetarse todas las normas pertinentes para trabajar a esta altura.

- El mástil debe dimensionarse y anclarse adecuadamente.

- El mástil debe conectarse a tierra de acuerdo con la normativa.

- Deben respetarse las normas de seguridad correspondientes para trabajos en carretera y en las proximidades de la calzada.

3. Instalación Sensor del Viento

Debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Instalar el sensor en la parte superior del mástil
- Altura de instalación de al menos 2 m sobre el suelo
- Campo libre alrededor del sensor

Nota: para obtener lecturas precisas de la brújula, se recomienda utilizar un mástil de aluminio.

4. Instalación del Sensor de Lluvia por radar

- Instalar el sensor en la parte superior del mástil

- Altura de instalación de al menos 4,5 m por encima del suelo (si no hay objetos móviles en una circunferencia más amplia del sensor, puede considerarse una altura de instalación menor).

- Distancia a la ruta al menos 15 m

- Distancia a objetos móviles (por ejemplo, árboles, arbustos e incluso puentes) al menos 10 m a la altura del sensor

Nota: Los objetos que caen o se mueven, por ejemplo, hojas que caen u hojas que soplan con el viento, pueden causar falsas mediciones y/o tipos de precipitación.

5. Instalación del Sensor de lluvia con pluviómetro

- Montaje en la parte superior del mástil o en travesaño con distancia al mástil

- El montaje en el mástil o en el travesaño deberá ser exactamente perpendicular, de lo contrario la precisión del pluviómetro puede verse afectada.

Nota: El emplazamiento deberá elegirse de forma que se evite, en lo posible, la contaminación del embudo del pluviómetro por la caída de caída de hojas, etc.

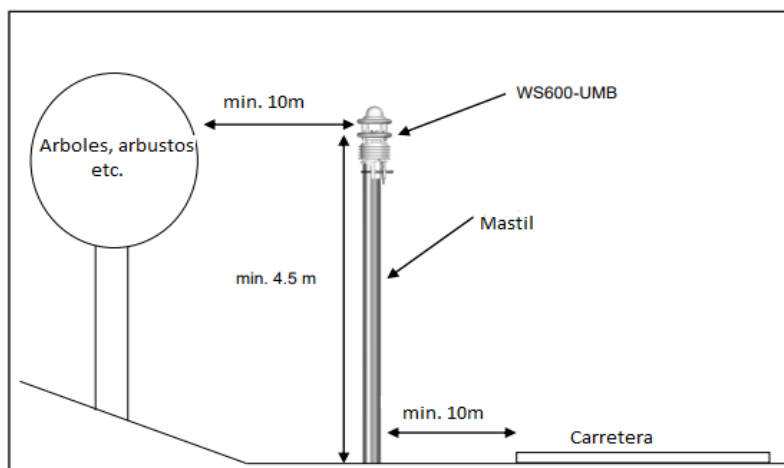


Figura 23. Esquema de Instalación para un Sensor WS600-UMB.

Fuente: G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

6. Conexión

En la parte inferior del equipo hay un conector roscado de 8 polos. Sirve para conectar el suministro e interfaces por medio un cable.



Figura 24. Conectores. Fuente: G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

6.1. Asignación de pines:

1.- Blanco Tensión de alimentación a tierra y (SDI12_GND para versión de dispositivo > 41)

2.- Marrón Tensión de alimentación positiva (a través de fusible de 2,5 A en caso necesario).

3.- Verde RS485_A (+) o (SDI-12 GND para versión de dispositivo < 42)

4.- Amarillo RS485_B (-) o línea de datos SDI-12

5.- Gris Sensor externo a (sólo WS100-UMB)

6.- Rosa Sensor externo b (sólo WS100-UMB: no conectado)

7.- Azul Tensión de calefacción a tierra

8.- Rojo Tensión de calefacción positiva (a través de fusible de 2,5 A cuando sea necesario).

La especificación de los cables es conforme a la norma DIN 47100.

XIV. ANEXO III

1. Instalación Meteotrack Standalone

Pasos a seguir: todos los programas necesarios para la instalación serán provistos por el SMN (Servicio Meteorológico Nacional) en un CD (Albane Barbero, et al., 2017)

1. Descomprimir archivo “meteostat-api.rar” en el root del disco (usualmente c:)

2. Ejecutar el archivo “meteotrack.exe” ubicado dentro de la carpeta “meteostat-api” recientemente creada y colocar un acceso directo en el Inicio, para que arranque automáticamente al prender la PC (Este paso corre los servicios necesarios en la PC)

3. Es posible que el sistema requiera descargar una librería (DLL) de Windows, en caso de que el sistema no la posea, correr la actualización Windows6.1-KB2999226-x64.msu

4. Cerrar el programa Meteotrack

5. Instalar la aplicación EDL (edl_setup .exe) o se puede descargar la última versión desde la siguiente URL:

<http://exemys.com.ar/beta/espanol/productos/software/EDL/index.shtml>

6. Instalar la aplicación “GRD Config” (GRD Config (V7.2) r2.exe) o se puede obtener la última versión desde la siguiente URL:

<http://www.exemys.com.ar/beta/espanol/productos/GRD>

7. Es posible que al ejecutar estas aplicaciones se requiera instalar el aplicativo Java (JRE) de no encontrarse instalado. Proceder a su instalación (JavaSetup8u121.exe)

8. Conectar la estación meteorológica al router o switch mediante un cable Ethernet y ponerla en funcionamiento si se encontrara apagada

9. Ejecutar el software EDL para asegurarnos de que el GRD (Datalogger) es visible en la red. Elegir el correspondiente y en este paso desactivar el servidor DHCP y asignar una IP estática al dispositivo. Cerrar la aplicación.

10. Ejecutar la aplicación “GRD Config” y realizar la comunicación con el GRD (Pestaña Communication/Open Ethernet Connection) y elegimos el datalogger conectado

11. Cargar el archivo de configuración “CITEDEF.grd” (File/Open File y buscar el archivo CITEDEF.grd en este caso en el CD)

12. Una vez cargado el archivo, en la pestaña “MW” modificar los siguientes datos:

GRD ID: Un ID único e irrepetible de cada Datalogger, dentro de la red de estaciones (Ej.: 9)

IP/URL: la dirección IP con la de la PC que recibirá los datos (se necesitaría que la IP de la PC sea estática, para evitar problemas de comunicación)

13. Salvar la configuración en el datalogger (Send Configuration) y salir de GRDConfig sin guardar cambios

14. Instalar la aplicación MW-XF (MW-XF (V4.4.1).exe)
15. Ejecutar la aplicación y detener el servicio (botón STOP), si no aparece detenida
16. Configurar el acceso a la base de datos (Configuración/Base de datos) de la siguiente manera:
 - a. IP/URL: localhost
 - b. Puerto: 3306
 - c. Usuario: root
 - d. Password: dejar en blanco
 - e. Base de Datos: MtrackReport
 - f. Español
 - g. MySQL
17. Reiniciar el servicio (botón play)
18. Agregar el GRD a la lista de instrumentos. Ir a la pestaña Configuración/GRD's. Clickear en Nuevo GRD, colocar el id correspondiente al GRD (Ej.: 9 igual que en GRDConfig) y modificar el Modo Puerto Serie a MODBUS
19. Guardar y cerrar aplicación
20. Volver a ejecutar la aplicación "GRD Config" y realizar la comunicación con el GRD (Pestaña Communication/Open Ethernet Connection) y elegimos el datalogger conectado. Clickear en "Get Configuration"
22. Abrir la aplicación Meteotrack, colocar Usuario: (asignada por SMN) y Contraseña (asignada por SMN) y verificar la recepción de los datos

XV. ANEXO IV

1. Mantenimiento

En principio, el equipo no requiere de grandes mantenimientos. No obstante, se recomienda realizar una prueba de funcionamiento anual. Al hacerlo, prestar atención a los siguientes puntos:

- Comprobación visual de la suciedad del equipo
- Comprobación de los sensores mediante una solicitud de medición
- Comprobar el funcionamiento del ventilador (no en WS200-UMB)

Además, se recomienda una comprobación anual de calibración por parte del fabricante para el sensor de humedad. El Sensor Meteorológico Inteligente completo debe enviarse al fabricante para su comprobación o en su defecto personal capacitado para el mismo. La duración del intervalo debe adaptarse al grado local de contaminación.

El embudo del pluviómetro debe limpiarse a intervalos regulares (como se verá más abajo). La duración del intervalo debe adaptarse al grado local de contaminación.

También es recomendable la verificación de la integridad del sistema y los envíos de datos por parte del operador receptor de los mismos

El funcionamiento del pluviómetro se verá influido significativamente por la contaminación del embudo o del mecanismo de la cubeta basculante. Es necesario comprobarlo periódicamente y, en caso necesario, limpiarlo. El intervalo de mantenimiento de intervalo de mantenimiento depende mucho de las condiciones locales y también de las estaciones (hojas, polen, etc.) y, por lo tanto, es

recomendable realizarlo una o dos veces al mes. Se debe observar los siguientes puntos cuando se realice su limpieza:

- Limpiar sólo cuando la contaminación sea evidente
- Evitar mover el mecanismo basculante (de lo contrario se producirán recuentos erróneos)
 - Utilizar agua, un paño suave y/o un cepillo suave para la limpieza
 - Desbloquear el embudo girándolo hacia la izquierda y sáquelo
 - Limpiar el embudo, especialmente las ranuras del tamiz
 - Comprobar si hay suciedad en el interior del módulo pluviométrico, especialmente telarañas e insectos, si es necesario, límpielo
 - Comprobar si el cubo basculante está sucio, si es necesario, lavarlo cuidadosamente con agua limpia.
 - Precaución: cada movimiento del cubo genera un impulso de recuento y, por lo tanto, puede provocar cantidades de precipitación erróneas
 - Comprobar el drenaje del agua, limpiarlo si es necesario
 - Volver a colocar el embudo en su sitio y bloquearlo girándolo hacia la derecha.

XVI. BIBLIOGRAFIA

- * Abu Saleh Bin Shahadat, Safial Islam Ayon, Most. Rokeya Khatun
Efficient IoT based Weather Station
https://www.researchgate.net/publication/350849400_Efficient_IoT_based_Weather_Station
- * AEMet – Observación Meteorológica Aeronáutica
https://www.aemet.es/en/idi/observacion/observacion_aeronautica
- * Alcatel-Lucent Enterprise – Libro Blanco
<https://melexa.com/sites/default/files/2021-06/a-comprehensive-approach-to-the-iot-challenge-whitepaper-es.pdf>
- * All3dp
<https://all3dp.com/es/1/mejor-proyecto-raspberry-pi/>
- * Babu, K. V., Reddy, K. A., Vidhyapathi, C. M., & Karthikeyan, B. (2017). Weather forecasting using Raspberry Pi with Internet of Things (IOT). ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(17), 5129–5134.
<https://es.scribd.com/document/459507344/jeas-0917-6325-pdf>
- * Bedoya-Mashuth, J., & Salazar de Cardona, M. (2014). Cambio climático y adaptación para la región de los Santanderes: percepciones y consideraciones desde el marco legal. Dixi, 16(19), 71–82.
<https://revistas.ucc.edu.co/index.php/di/article/view/733/736>
- * Báez, Julián - Sistemas de Observación Hidroclimáticas de la OMM globales y regionales – septiembre 2019
https://www.iai.int/admin/site/sites/default/files/presentacion_jbaez.pdf
- * B.N. Silva et al. - Towards sustainable Smart cities – 2018 –
<https://translateyar.ir/wp-content/uploads/2020/09/Towards-sustainable-smart-cities.pdf>
- * Campetella Claudia, Cerne Bibiana, Salio Paola – Estación Meteorológica – 2011
file:///C:/Users/Usuario/Desktop/bibliografia/TRABAJO%20INTEGRADOR%20FINAL%20-%20UNR-/C9_Estacion_meteorologicaR.pdf

* CONAGUA – SMN México – Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS)
<https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema->

*Culman Forero, María Alejandra – Método de fusión de datos aplicado a redes inalámbricas de sensores para apoyar la toma de decisiones en la gestión de cultivos de palma de aceite – marzo 2018 – pag. 6
https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/3549/2018_Tesis_Culman_Forero_Maria_Alejandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y

* Enel X - ¿Qué es una Smart City?
<https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/what-is-a-smart-city>

* Eskenazi, Abel Hernández - Desarrollo de un sistema IoT para el registro de datos ambientales con aplicación en la agricultura de precisión – 2023 –
https://www.researchgate.net/publication/372156960_Development_of_an_IoT_system_for_environmental_data_recording_with_application_in_precision_agriculture

* E. S. Semenov, G. S. Ivanchenko, A. V. Kharchenko and R. V. Kolobanov - Mobile weather station based on ATmega2560 microprocessor.
https://www.researchgate.net/publication/333829905_Mobile_weather_station_based_on_ATmega2560_microprocessor

*FADA – Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina – Informe año 2022.
<https://fundacionfada.org/informes/aporte-de-las-cadenas-agroindustriales-al-pbi-ano-2022>

* Fundación Innovación Bankinter – 27/01/20
https://www.fundacionbankinter.org/noticias/que-es-el-internet-de-las-cosas-y-como-funciona-realmente/?_adin=01569712108

G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH – Smart Weather Sensor
<https://www.lufft.com/download/manual-lufft-wsxxx-weather-sensor-en/>

* Garcia Maria - IoT - Internet of Things
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/loT-internet-of-things.html>

* Guía de Instrumentos y métodos de Observación– vol1 – pág. 10 a 11 - OMM – 2021
https://library.wmo.int/viewer/68714/download?file=8_I_2021_es.pdf&type=pdf&navigator=1

* Glosario Meteorológico OMM (OMM N° 182)

<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>

IDEAM – Glosario Meteorológico

<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>

* Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. Naciones Unidas; Nueva York, NY, EE.UU. -2020. Pag. 50

https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf

* Informe IPCC Argentina – 11 de agosto 2021

<https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-presento-el-nuevo-informe-del-ipcc-sobre-las-bases-fisicas-del-cambio-climatico>

* Ingeniería Mecafenix – La Enciclopedia de la Ingeniería – 2017 –

<https://www.ingmecafenix.com/electronica/programacion/arduino/>

* IPCC - Technical-Summary

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Technical-Summary.pdf

* IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Spanish.pdf -2021-

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Spanish.pdf

* Jiménez, R. M. R., Capa, Á. B., & Lozano, A. P. (2004). Meteorología Y Climatología.

<https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>

* Joseph, Ferdin Joe John, IoT based weather monitoring system for effective analytics. International Journal of Engineering and Advanced Technology, vol 8 tema 4, pag. 311–315.

* K Vivek Babu, K. Anudeep Reddy, CM. Vidhyapathi and B. Karthikeyan (2017)

Weather forecasting using Raspberry PI with Internet of Thing (IOT)

ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol 12 NO. 17 de September 2017, pag 5129-5134

http://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0917_6325.pdf

* Kucera, Paul A., Steinson Martin

3D – PAWS (3D-Printed Automatic Weather Station)

<https://sites.google.com/ucar.edu/3dpaws-es/portada>

* Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons, 58(4), 431–440.

<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>

* Luis Llamas – Ingeniería, Informática y Diseño

<https://www.luisllamas.es/que-es-raspberry-pi/>

* Lufft – Technical Data

<https://www.lufft.com/products/compact-weather-sensors-293/ws601-umb-smart-weather-sensor-1831/productAction/outputAsPdf/>

* Maci Luciana – Innovación Digital 360

<https://www.innovaciondigital360.com/industria-4-0/que-es-la-industria-4-0-y-por-que-es-importante-saber-como-afrontarla/>

* Maddok Teena – Ciudades inteligentes: 6 tecnologías esenciales

<https://www.techrepublic.com/article/smart-cities-6-essential-technologies/>

* MCI Electronics

<https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/>

* Ministerio de Obras Publicas de la Argentina – Vialidad Nacional – Chaco Estaciones Viales Inteligentes sobre ruta nacional 16

* Neptuno Escuela Náutica

<https://www.neptuno.es/que-es-la-declinacion-magnetica-y-como-se-calcula>

* Núñez, Silvia y Gentile, Elvira – La Observación Meteorológica

https://virtual.unju.edu.ar/pluginfile.php/226156/mod_resource/content/1/La%20observacion%20Meteorologica%20%20%28S%20Nu%C3%B1ez%29.pdf

* ONU - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – Nueva York – 9 de mayo de 1992

<https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2009/6907.pdf>

* Patel, K. K., Patel, S. M., & Scholar, P. G. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5), 1–10.

<https://doi.org/10.4010/2016.1482>

* Prezi – Variables Meteorológicas y sus Instrumentos de Medición

<https://prezi.com/p/hn0wwdqf0e0/variables-meteorologicas-y-sus-instrumentos-de-medicion/>

* Rivera Valenzuela, Erinson - Desarrollo de un sistema IoT para el control y monitoreo de las variables temperatura y humedad -2019- UNAD

<file:///D:/PROYECTOS%20POSIBLES/PROYECTO%20IOT.pdf>

- * Servicio Meteorológico Nacional – Estaciones Meteorológicas Automáticas - Albane Barbero, Raúl D'Elia, Elián Wolfram, Ricardo Sanchez
[file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/Rar\\$Dla4220.28473/NT-22_Estaci%C3%B3nMeteo-Lufft_Instalaci%C3%B3n.pdf](file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/Rar$Dla4220.28473/NT-22_Estaci%C3%B3nMeteo-Lufft_Instalaci%C3%B3n.pdf)

- * SHERLIN.XBOT.ES – Electrónica teórica y práctica
<https://sherlin.xbot.es/microcontroladores/introduccion-a-los-microcontroladores/que-es-un-microcontrolador>

- * Silva Pinzón Omar, Rincón Muñoz Cesar, Vázquez Pavas Alexander - SOLUCIÓN TECNOLÓGICA BASADA EN TECNOLOGÍAS IOT PARA EL MONITOREO DEL CLIMA EN BUCARAMANGA – 2020 -

- * Sicily Sailing Experience
<https://www.sicilysailingexperience.com/la-rosa-de-los-vientos/>

- * Sonam Tenzin, Satetha S., Theerapat Pobkrut, Teerakiat Kerdcharoen - Low Cost Weather Station for Climate-Smart Agriculture
<http://agri.ckcest.cn/ass/NK006-20170522004.pdf>

- * *The Sustainable Development Goals Report 2020*. United Nations; New York, NY, USA: 2020. Technical Report.
https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf

- Yañes, Carlos – CEAC - ¿Qué es y cómo funciona Arduino? – 2021 –
<https://www.ceac.es/blog/que-es-y-como-funciona-arduino>

- * Yúbal Fernández - Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno – 2012
<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>