Diseño e implementación del hardware de la primera estación meteorológica de origen cubano.

Alex Manuel Rivera Rivera

*Estudiante de pregrado de ingeniería automatica*

*Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría” CUJAE*

https://orcid.org/0000-0002-2054-9645

Tutores: DrC. Ivón Oristela Benítez Fac. Automática y Biomédica

*Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría” CUJAE*

[lol@lol.com](mailto:lol@lol.com)

***Resumen*— El presente trabajo describe el diseño e implementación total del hardware necesario para una estación meteorológica. El eje principal del sistema descansa sobre el ESP32 de Espressif Systems y una serie de módulos comerciales de bajo costo para suplir las funcionalidades de RTC (real time clock) y el almacenamiento. En aras de lograr una mayor autonomía, esta estación meteorológica posee un Arduino nano para suplir las funcionalidades básicas cuando el equipo necesita ahorrar energía. Es un dispositivo con una autonomía superior a los 15 días sin ningún tipo de alimentación, entre los que se encuentran: entrada 12v DC con una fuente externa 110-220v AC y una entrada para paneles solares, con paneles acoplables al equipo. La estación tiene un total de 8 sensores: temperatura, humedad, presión atmosférica, iluminación, velocidad del viento, dirección del viento, descargas eléctricas y pluviómetro; de ellos los 4 son últimos son de diseño propio.**

***Palabras Clave*—estación meteorológica, ESP32, Arduino, 8 sensores**

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático, afecta a diferentes sectores de la economía, siendo el sector agrícola uno de los más afectados cada año. El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas y pestes. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial. Por estos motivos es necesario realizar estudios estadísticos y realizar análisis sobre las variables meteorológicas.

La Meteorología es la ciencia interdisciplinaria encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar, los llamados meteoros. 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. Mientras no hubo instrumentos, ni grandes conocimientos científicos, la magia y la religión sirvieron de explicación a la mayor parte de los fenómenos meteorológicos. Pero hoy día, la Meteorología es una ciencia tremendamente avanzada, basada en nuestro conocimiento de la Física y en el uso de las más modernas tecnologías. Los meteorólogos son capaces, incluso, de predecir el tiempo hasta con una semana de antelación sin apenas fallar. Existen distintos parámetros a medir en la atmósfera y existen dos formas de hacerlo. Una de ellas es a través de la apreciación sensorial, es decir, percibiéndolas a través de nuestros sentidos y otra a través de instrumentos. Los instrumentos nos dan un valor exacto, por tanto, estaríamos cuantificando dicho parámetro. Para que las observaciones realizadas en distintos lugares sean comparables, tanto el instrumental, como su ubicación e instalación, dentro de las estaciones meteorológicas, están estandarizados. [1]

Una estación meteorológica, es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes pará- metros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico.

1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO I+D+I
2. *Antecedentes*

El interés de la humanidad por tratar de predecir el clima es prácticamente tan antiguo como la civilización. En la época moderna la invención del telégrafo permitió llevar la predicción del clima a una velocidad nunca antes vista. A medida que se expandió el telégrafo a través de los Estados Unidos fue creada una red vigilancia meteorológica sobre su infraestructura [[2].](#_bookmark8)

No fue hasta el siglo XX que los avances en la física atmosférica llevaron a fundar los sistema de predicción me- teorológica numéricos. En su libro, “Weather prediction by numerical process” [[3],](#_bookmark9) Lewis Fry Richardson señala como pequeñas diferencias en los fluidos atmosféricos pueden ser ignorados.

Durante la intervención de Estados Unidos en Cuba el Buró de Tiempo de Washington fabrica en la loma de Casablanca una estación meteorológica auxiliar. En 1904 el presidente cubano Tomás Estrada Palma decreta fundar un observatorio cubano. Por oposición la plaza de subdirector del observatorio es ocupada por el Ingeniero Civil, Arquitecto, Dr. en Ciencias Físicas, Dr. en Ciencias Naturales y Dr. en Ciencias Marítimas José Carlos Millas Hernández. Una vez ocupada esta posición creo una red de observadores basada en el telégrafo.

Este fue el estado de la meteorología hasta 1944, año en que el control del sistema meteorológico pasa a la marina. En este período se crean varias nuevas estaciones y con operarios capacitados a lo largo de Cuba [[4].](#_bookmark10)

1. *Estado del arte*

Hay un gran número de compañías desarrollando estacio- nes meteorológicas. Sin embargo estas tienen a menudo un elevado coste, o solo son capaces de medir un número muy limitado de variables. Los fabricantes de estaciones más populares como Vantage Pro y Libelium tienen unidades básicas con un coste superior a los siete mil dólares ($7,0000) .También hay iniciativas dedicadas a hacer disponibles estaciones automatizadas de bajo coste y código abierto. Entre estos proyectos es común encontrar como motivación la necesidad de un equipo mejor adecuado a las necesidades específicas de una región o individuos determinados [[4,](#_bookmark11) [5].](#_bookmark14)

Los instrumentos y variables que se miden de forma mas común incluyen:

 Termómetro: Instrumento que mide la temperatura en diversas horas del día.

 Termómetros de subsuelo (geotermómetro): Para medir la temperatura a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad.

 Termómetro de mínima junto al suelo: Mide la temperatura mínima a una distancia de 15 cm sobre el suelo.

 Termógrafo: Registra automáticamente las fluctuaciones de la temperatura.

 Barómetro: Mide la presión atmosférica en la superficie.

 Pluviómetro: Mide la cantidad de agua caída sobre el suelo por metro cuadrado en forma de lluvia, nieve o granizo.

 Psicrómetro o higrómetro: Medida de la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.

 Piranómetro: Medida de la radiación solar global (directa + difusa).

 Heliógrafo: Medida de las horas de luz solar.

 Anemómetro: Medida de la velocidad del viento.

 Veleta: Instrumento que indica la dirección del viento.

 Nefobasímetro: Medida de la altura de las nubes, pero sólo en el punto donde éste se encuentre colocado.

La mayor parte de las estaciones meteorológicas se encuentran automatizadas requiriendo un mantenimiento ocasional. Además, existen observatorios meteorológicos sinópticos, que sí cuentan con personal (observadores de meteorología), de forma que además de los datos anteriormente señalados se pueden recoger aquellos relativos a nubes (cantidad, altura, tipo), visibilidad y tiempo presente y pasado. La recogida de estos datos se denomina observación sinóptica.

*Problema científico*

En muchos de los procesos agrícolas, conocer las variables meteorológicas es de vital importancia para lograr una mayor efectividad en los procesos, por lo que es necesario contar con un dispositivo que permita comprobar dichas variables.

Debido al alto coste que conlleva la adquisición de tecnología de punta en el desarrollo de dispositivos, en búsqueda de la soberanía tecnológica y con el objetivo de poder dotar al país con tecnologías propias, en el área de la industria agrícola, la MIPYME ESPOLETA Tecnologías S.R.L, en colaboración con ???? se suma a estas labores y lleva a cabo el diseño y desarrollo de la primera estación meteorológica del país.

*Objeto de estudio*

Estación meteorológica Vórtice.

*Campo de investigación*

Estaciones meteorológicas automatizadas.

*Métodos de investigación*

*Teóricos:*

Hipotético-Deductivo: Elaboración de la hipótesis de trabajo a partir de los conocimientos teóricos y expe- rimentales.

Histórico-Lógico: Estudio del comportamiento de apli- caciones de adquisición y análisis de datos para el control de la calidad en la producción de dispositivos.

Analítico-Sintético: Descomposición del problema de investigación en subproblemas de menor complejidad para ser individualmente analizados y solucionados; in- tegrándose, posteriormente a la solución propuesta.

Inductivo-Deductivo: Fundamentación del uso de un sistema automatizado de análisis combinado para el control de la calidad.

*Empíricos:*

Observación: Observar directamente el equipo para apre- ciar su estado físico y evaluar los recursos informáticos a la disposición del personal que trabaja en el proyecto.

Experimentación: Desarrollo y análisis de resultados experimentales, utilizando esquemas convencionales y el nuevo sistema propuesto.

*Estadísticos:*

Para confirmar las estimaciones realizadas en el análisis de los estimadores de exactitud y precisión y comparar el sistema propuesto con los sistemas consultados en las referencias consultadas.

*Hipótesis*

Si se desarrolla una estación meteorológica,con prestaciones similares a otras estaciones existentes en el mercado internacional, con un costo de producción no muy elevado, para que de esta forma sea posible ofertar un equipo con buenas prestaciones técnicas y de seguridad, a un precio competitivo, se contribuirá al análisis de los efectos del cambio climático sobre los procesos agrícolas.

1. *Sistema de objetivos*

*Objetivo general:* Diseñar e implementar el hardware de la primera estación meteorológica de origen cubano.

*Objetivos específicos:* Para dar cumplimento al objetivo general, es necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos:

* Investigar el estado del arte de las estaciones meteorológicas que se ofrecen comercialmente, principales requerimientos técnicos y empresas que las desarrollan, precios.
* Analizar el protocolo de comunicación del dispositivo con la computadora para la transmisión y recepción de datos.
* Desarrollar de manera organizada e independiente las funcionalidades propuestas.
* Implementar el hardware del equipo.
* Hacer el analisis tecnico-economico de la propuesta

1. *Proyección de tareas*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tareas** | **Marzo** | **Abril** | **Mayo** | **Dic** | **Ene** |
| **Preparación del proyecto** |  |  |  |  |  |
| **Diseño y simulación** |  |  |  |  |  |
| **Pruebas** |  |  |  |  |  |
| **correcciones** |  |  |  |  |  |
| **producto** |  |  |  |  |  |

*Tabla1. Gráfico de Gantt.*

1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO
2. *Aseguramiento de material*

En la sede de la MIPYME ESPOLETA Tecnologías S.R.L. se encuentran todos los materiales necesarios para la diseño y fabricación del equipo.

Tabla I

GASTOS POR CONCEPTO SALARIAL Y DE SEGURIDAD SOCIAL.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| trabajador |  | sal/mensual | sal/diario | dias/invest. | sal/basico | sal/comp | seg/soc |
| Tutor 1 |  | 6940 | 289.17 | 80 | 23133.33 | 2102.82 | 3533.06 |
| Tutor 2 |  | 6940 | 289.17 | 80 | 23133.33 | 2102.82 | 3533.06 |
| Aspirante | 1 | 400 | 16.67 | 120 | 2000 | 181.80 | 305.45 |
| Aspirante | 2 | 400 | 16.67 | 120 | 2000 | 181.80 | 305.45 |

1. *Recursos humanos*

El trabajo se realizará durante un período de un año (12 meses). Para la realización de este proyecto se cuenta con dos tutores los cuales estarán encargados del asesoramiento de este Trabajo de Diploma y con dos aspirantes. La Tabla [I](#_bookmark1) presenta los gastos de salario correspondientes a los partici- pantes, así como los días dedicados por cada uno. El siguiente análisis corresponde a los meses comprendidos desde enero de 2021 hasta diciembre de 2021. La forma de calcular los salarios básicos (SB) aparece en [1.](#_bookmark2)

*n*

Σ

*SS* = 0*,*14 *∗* (*SB* + *SC*) (3)

Entonces el costo directo de la investigación está dado por

[4.](#_bookmark4)

*CD* = *SB* + *SC* + *SS* + *MD* + *DP* + *OG* (4)

El costo indirecto estimado está dado por [5.](#_bookmark5)

*CI* = 1*,*4063 *∗ SB* (5)

Finalmente el costo total estimado de la investigación está

*SB* = *Ai ∗ Bi* (1)

*i*

dado por [6.](#_bookmark6)

*CT* = *CD* + *CI* (6)

donde:

n: Número total de participantes

Ai: Días dedicados a las investigación por participantes.

Bi: Salario diario por participantes (igual al salario mensual dividido por 24).

1. *Recursos materiales*

La Tabla [II](#_bookmark7) muestra los recursos materiales empleados y sus respectivos precios.

Tabla II

GASTOS POR MATERIALES DIRECTOS

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Dispositivo | | Cant | Precio | USD | Precio | CUP |
| Laptop |  | 1 | 700 | 16800 | | |
| ESP32 |  | 2 | 3 | 72 | | |
| Arduino | Nano | 2 | 2 | 48 | | |
| DHT22 |  | 1 | 0.50 | 12 | | |
| Totales |  | 4 | 705.50 | 16932 | | |

*E. Alcance de investigación*

*Científico-técnico:* El trabajo de investigación abordará el diseño, desarrollo e implementación de la primera estación meteorológica en nuestro país.

*Económico:* El costo del proyecto es mucho menor que los encontrados actualmente en la industria meteorológica, la cual se caracteriza por sus prohibitivos precios. Su desarrollo contribuirá a tener una mayor independencia tecnológica para el sector agrícola.

REFERENCIAS

[1] Stuchi, Fabricio (2016). Diseño, construcción y ensayo de una estación meteorológica con fines didácticos, Córdoba.

[2]“Thomas Jefferson and the telegraph: highlights of the

U.S. weather observer program | NOAA Climate.gov,” <http://www.climate.gov/news-features/blogs/beyond-> data/thomas-jefferson-and-telegraph-highlights-us- weather-observer.

[3]L. F. Richardson, *Weather Prediction by Numerical* *Process*. Cambridge, The University press, 1922.

[4]H. d. l. M. en Cuba, “Historia de la Meteorología en Cuba - EcuRed,”

*D. Recursos financieros complementarios*

[https://www.ecured.cu/Historia\_de\_la\_Meteorolog](http://www.ecured.cu/Historia_de_la_Meteorolog) %C3 %ADa\_en\_

La Tabla [III](#_bookmark12) muestra los gastos totales.

Tabla III

GASTOS TOTALES

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Gastos Totales | | Cant. CUP |
| OTROS | GASTOS | 0 |
| COSTO | INDIRECTO | 61009.98 |
| COSTO | DIRECTO | 70896.64 |
| COSTO | TOTAL (CT) | 131906.62 |

El Salario Complementario [2](#_bookmark13) es 9.09 % del salario total anual:

*SC* = 0*,*0909 *∗ SB* (2)

La Seguridad Social [3](#_bookmark3) es 14 % del total de los salarios:

[5]G. F. L. R. Bernardes, R. Ishibashi, A. A. S. Ivo,

V. Rosset, and B. Y. L. Kimura, “Prototyping low-cost automatic weather stations for natural disaster moni- toring,” *Digital Communications and Networks*, May 2022.

[6]G. T. Netto and J. Arigony-Neto, “Open-source Automa- tic Weather Station and Electronic Ablation Station for measuring the impacts of climate change on glaciers,” *HardwareX*, vol. 5, p. e00053, Apr. 2019.

[7]M. J. Ahmad, G.-h. Cho, and K. S. Choi, “Historical climate change impacts on the water balance and storagecapacity of agricultural reservoirs in small ungauged watersheds,” *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 41, p. 101114, Jun. 2022.

[8]F. Tao, L. Zhang, Z. Zhang, and Y. Chen, “Climate warming outweighed agricultural managements in affec- ting wheat phenology across China during 1981–2018,” *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 316, p. 108865, Apr. 2022.

[9]A. Apraku, J. F. Morton, and B. Apraku Gyampoh, “Cli- mate change and small-scale agriculture in Africa: Does indigenous knowledge matter? Insights from Kenya and South Africa,” *Scientific African*, vol. 12, p. e00821, Jul. 2021.

[10]M. A. Ibrahim and M. Johansson, “Combating climate change – What, where and how to implement adaptive measures in the agriculture sector of Öland, Sweden, keeping in view the constraints of carrying capacities and risk of maladaptation,” *Land Use Policy*, vol. 122, p. 106358, Nov. 2022.

[11]H. Guo, Y. Xia, J. Jin, and C. Pan, “The impact of cli- mate change on the efficiency of agricultural production in the world’s main agricultural regions,” *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 97, p. 106891, Nov. 2022.