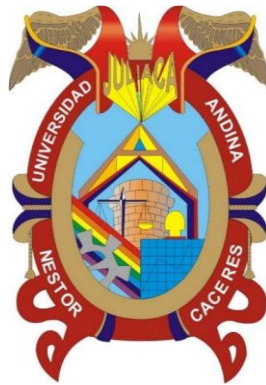




**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y**  
**TELECOMUNICACIONES**



**ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA**  
**PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE**  
**PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. PORFIRIO AGUILAR YUCRA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA  
PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE  
PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. PORFIRIO AGUILAR YUCRA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:   
M. Sc. ABELARDO LEON MIRANDA

**PRIMER MIEMBRO**

:   
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

**ASESOR DE TESIS**

:   
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES – P19



## "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1933-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 30 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 19640 presentado por el (la) Bachiller: **PORFIRIO AGUILAR YUCRA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **PORFIRIO AGUILAR YUCRA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA
- \* **1er Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
- \* **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

**ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.**

**ARTICULO TERCERO . – APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **PORFIRIO AGUILAR YUCRA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Martes 31 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 09:00 horas
- \* **LUGAR** : Aula 205 - FICP

**ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Pajillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1638-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 17399 por el señor (a): **PORFIRIO AGUILAR YUCRA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1423- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 008- 2024 del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **PORFIRIO AGUILAR YUCRA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 008- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **PORFIRIO AGUILAR YUCRA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS  
.....  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
.....  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1093-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliacá, 23 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 10857, presentado el señor (a) **PORFIRIO AGUILAR YUCRA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO** – N° 993 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 007-2024 del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **PORFIRIO AGUILAR YUCRA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 007-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **PORFIRIO AGUILAR YUCRA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**, con el Tema Titulado: **ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
Dr. MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraim Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES

### INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to ipn Trabajo del estudiante	<1%

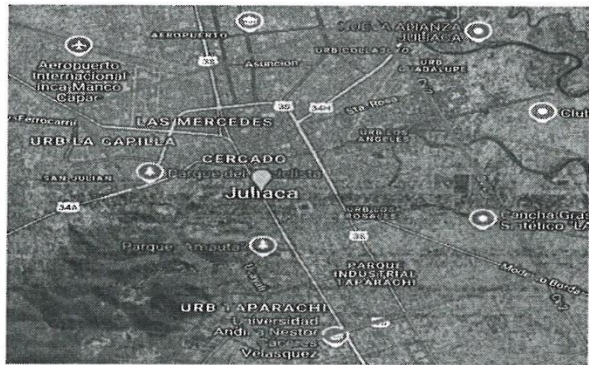


### Metadatos Complementarios UANCV



<b>Título de la tesis</b>	
ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	PORFIRIO AGUILAR YUCRA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74253007
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0007-5814-9413">https://orcid.org/0009-0007-5814-9413</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-8660-8733">https://orcid.org/0009-0008-8660-8733</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	ABELARDO LEON MIRANDA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40198643
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de las telecomunicaciones – P19
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: San Román  Distrito: Juliaca</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latitud: S 15° 29' 27"</li> <li>- Longitud: O 70° 07' 37"</li> </ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=13bW69kZP-ANobwOX1t16_68kGYGBFeM&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=13bW69kZP-ANobwOX1t16_68kGYGBFeM&amp;usp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a>  Telecomunicaciones <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05</a>



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLEROS VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo PORFIRIO AGUILAR YUCRA, identificado con DNI Nro. 74253007, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
Programa de Segunda Especialidad,
Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 21 de ABRIL del 2025

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Este trabajo de tesis está dedicado con profundo amor y gratitud a mis padres y hermanos, quienes, con su apoyo incondicional, motivación constante y confianza en mis capacidades, han sido mi mayor fuente de fortaleza en este camino



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por mantenerme protegido y proporcionándome la fuerza necesaria para superar los retos y obstáculos que encontré en mi vida



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii

### CAPITULO I

#### ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema principal .....	3
1.2.2. Problemas secundarios .....	4
1.3. Justificación .....	4
1.4. Objetivos de la investigación .....	8
1.4.1. Objetivo General .....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8



1.5. Importancia..... 8

1.6. Limitaciones..... 9

1.7. Variables..... 9

**CAPITULO II**

**FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

2.1. Antecedentes..... 10

    2.1.1. Internacionales..... 10

    2.1.2. Nacionales ..... 12

2.2. Estado del arte ..... 14

    2.2.1. Parámetros medioambientales ..... 14

    2.2.2. Estación Meteorológica Portátil Autónoma ..... 19

2.3. Bases teóricas ..... 25

**CAPITULO III**

**METODOLOGÍA Y RESULTADOS**

3.1. Métodos de investigación ..... 29

    3.1.1. Enfoque de la investigación ..... 29

    3.1.2. Nivel de la investigación..... 29

    3.1.3. Tipo de la investigación ..... 29

    3.1.4. Diseño de la investigación ..... 30



3.2. Modalidad y estudio de casos .....	30
3.2.1. Metodología de la investigación.....	30
3.2.2. Población y muestra .....	30
3.3. Métodos y técnicas de recogida de información.....	31
3.3.1. Técnicas.....	31
3.3.2. Instrumentos, recolección de datos .....	31

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

4.1. Análisis de datos .....	32
4.1.1. Etapa del control con ESP32 Devkit v1.0.....	34
4.1.2. Etapa de visualización con pantalla TFT y almacenamiento con SD Card .....	38
4.1.3. Etapa de censado de fecha y hora con modulo reloj de tiempo real RTC .....	43
4.1.4. Etapa de censado temperatura y humedad DHT22.....	47
4.1.5. Etapa de censado de gases sensores MQ .....	49
4.1.6. Etapa de suministro de energía y elevación de voltaje (StepUp)...	68
4.2. Diseminación de los hallazgos .....	70
4.2.1. Implementación estación meteorológica portátil autónomo para la medición de parámetros medioambientales.....	70



4.2.2. Diagrama de bloques del funcionamiento de la estación meteorológica portátil autónomo.....	76
4.2.3. Programa de la estación meteorológica portátil autónomo .....	77
4.2.5. Análisis y comparación de las mediciones.....	79
CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS .....	92
ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	93
ANEXO 2 INSTRUMENTOS / DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS .....	94
ANEXO 3 VALIDEZ DE INSTRUMENTOS.....	99



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Datos de entrada para la segunda etapa de reducción .....	9
<b>Tabla 2:</b> Relación de la ratio y la ppm para el Monóxido de carbono -MQ7 ....	53
<b>Tabla 3:</b> Cálculos logarítmicos naturales de X y Y para el MQ7 - CO .....	54
<b>Tabla 4:</b> Cálculos de sumas de X y Y para el MQ7 - CO .....	55
<b>Tabla 5:</b> Relación de la ratio y la ppm para el Metano - MQ4.....	57
<b>Tabla 6:</b> Cálculos logarítmicos naturales de X y Y para el MQ4 – CH4 .....	59
<b>Tabla 7:</b> Cálculos de sumas de X y Y para el MQ7 - CO .....	59
<b>Tabla 8:</b> Relación de la ratio y la ppm para el Dióxido de carbono -MQ135....	62
<b>Tabla 9:</b> Cálculos logarítmicos naturales de X y Y para el MQ135 – CO2 .....	64
<b>Tabla 10:</b> Cálculos de sumas de X y Y para el MQ135 – CO2.....	64
<b>Tabla 11:</b> Análisis y comparación de las mediciones .....	79



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Parámetro medioambiental CO <sub>2</sub> .....	15
<b>Figura 2:</b> Parámetro medioambiental CO.....	16
<b>Figura 3:</b> Parámetro medioambiental CH <sub>4</sub> .....	17
<b>Figura 4:</b> Consecuencias de la contaminación ambiental .....	18
<b>Figura 5:</b> Estación meteorológica.....	20
<b>Figura 6:</b> Esp32 Dev kit v1.1 .....	21
<b>Figura 7:</b> Sensores de gases MQ .....	22
<b>Figura 8:</b> Pantalla TFT 4" LCD .....	22
<b>Figura 9:</b> UPS 18650 x2 de 5V a 5V .....	23
<b>Figura 10:</b> Pantalla OLED .....	23
<b>Figura 11:</b> Carcasa de PLA por impresión 3D.....	24
<b>Figura 12:</b> Aplicaciones y contexto en Perú .....	25
<b>Figura 13:</b> Diagrama Electrónico general de la estación meteorológica portátil autónomo .....	33
<b>Figura 14:</b> Diagrama Electrónico del Esp32 Pico D4 .....	34
<b>Figura 15:</b> Diagrama Electrónico del conversor USB a TTL con CH340.....	35
<b>Figura 16:</b> Diagrama Electrónico del control de voltaje de 5V a 3V3 .....	35
<b>Figura 17:</b> Diagrama Electrónico del BOOT y EN del ESP32 Devkit v1.0 .....	36
<b>Figura 18:</b> Implementación del Esp32 Pico D4 .....	36
<b>Figura 19:</b> Diagrama de bloques de la previa instalación de la tarjeta ESP32 Dev Module .....	37
<b>Figura 20:</b> Diagrama Electrónico de la pantalla TFT y SD Card .....	38
<b>Figura 21:</b> Implementación de la pantalla TFT y SD Card .....	39



<b>Figura 22:</b> Programa de inicialización de la pantalla TFT de 4 pulgadas .....	40
<b>Figura 23:</b> Programa de la SD Card.....	42
<b>Figura 24:</b> Diagrama de bloques de la visualización de la pantalla TFT y SD Card.....	43
<b>Figura 25:</b> Diagrama Electrónico del módulo DS3231 .....	44
<b>Figura 26:</b> Implementación del módulo DS3231 .....	44
<b>Figura 27:</b> Programa de inicialización del módulo DS3231.....	45
<b>Figura 28:</b> Diagrama de bloques del módulo DS3231 .....	46
<b>Figura 29:</b> Diagrama Electrónico del módulo DHT22.....	47
<b>Figura 30:</b> Implementación del módulo DHT22.....	47
<b>Figura 31:</b> Programa de inicialización del módulo DHT22 .....	48
<b>Figura 32:</b> Diagrama de bloques del módulo DHT22 .....	49
<b>Figura 33:</b> Diagrama Electrónico del módulo MQ7, MQ4 y MQ135 .....	50
<b>Figura 34:</b> Implementación del módulo MQ7, MQ4 y MQ135 .....	50
<b>Figura 35:</b> Curva característica del Monóxido de carbono - MQ7 .....	52
<b>Figura 36:</b> Ecuación exponencial del Monóxido de carbono -MQ7 .....	56
<b>Figura 37:</b> Curva característica del Metano- MQ4 .....	57
<b>Figura 38:</b> Ecuación exponencial del Monóxido de carbono -MQ7 .....	61
<b>Figura 39:</b> Curva característica del Dióxido de carbono – MQ135.....	62
<b>Figura 40:</b> Ecuación exponencial del Monóxido de carbono – MQ135 .....	66
<b>Figura 41:</b> Programa de inicialización de los sensores MQ .....	66
<b>Figura 42:</b> Diagrama de bloques de los sensores MQ .....	67
<b>Figura 43:</b> Diagrama Electrónico del circuito de suministro de energía y elevación de voltaje .....	68
<b>Figura 44:</b> Circuito electrónico del módulo StepUp X6009.....	69



<b>Figura 45:</b> Diagrama Electrónico del circuito de carga de Batería de 3.7v .....	69
<b>Figura 46:</b> Implementación del circuito de carga de Batería de 3.7v .....	70
<b>Figura 47:</b> Modulo estación meteorológica portátil autónomo.....	70
<b>Figura 48:</b> Primer prototipo de la estación meteorológica portátil autónomo ..	71
<b>Figura 49:</b> Segundo prototipo de la estación meteorológica portátil autónomo	72
<b>Figura 50:</b> Tercer prototipo de la estación meteorológica portátil autónomo ..	73
<b>Figura 51:</b> Tercer prototipo de la estación meteorológica portátil autónomo ..	74
<b>Figura 52:</b> Case del receptor fabricado por Impresión 3D – Creality CR1 .	75
<b>Figura 53:</b> Diagrama del funcionamiento de la estación meteorológica portátil autónomo.....	76
<b>Figura 54:</b> Programa principal de la estación meteorológica portátil autónomo.....	77



## RESUMEN

El trabajo de tesis tuvo como objetivo elaborar la estación meteorológica portátil autónoma para la medición de parámetros medioambientales.

La metodología de la investigación fue de tipo tecnológico, nivel aplicativo, de diseño experimental, y un enfoque cuantitativo. La población son las estaciones meteorológicas y la muestra Estación meteorológica portátil autónoma para la medición de parámetros medioambientales.

Los resultados fueron, se elaboró la estación meteorológica portátil autónoma la cual permite realizar mediciones de parámetros medioambientales como, Monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, temperatura y humedad mediante los componentes electrónicos escogidos fueron un ESP32, sensores de gas (MQ7, MQ4 y MQ135), sensor de temperatura y humedad DHT22, módulo de reloj DS323, pantalla TFT de 4", modulo StepUP XL6009 y un UPS a 5V con baterías 18650 a 2600 mAh para el diseño se fabrico un case diseñado en el software SolidWorks e impresión mediante impresión 3D por una Creality CR10, además, la caracterización de los valores de los sensores medioambientales fue necesario indagar en los Datasheets de los sensores de gas MQ, para poder determinar una ecuación equivalente para cada sensor.

**Palabras Clave:** Estación meteorológica, portátil, autónoma



## ABSTRACT

The objective of the thesis work was to develop an autonomous portable meteorological station for the measurement of environmental parameters.

The research methodology was of technological type, applicative level, experimental design, and quantitative approach. The population is the meteorological stations and the sample is the autonomous portable meteorological station for the measurement of environmental parameters.

The results were, the autonomous portable weather station was elaborated which allows measurements of environmental parameters such as, carbon monoxide, carbon dioxide, methane, temperature and humidity by means of the electronic components chosen were an ESP32, gas sensors (MQ7, MQ4 and MQ135), temperature and humidity sensor DHT22, clock module DS323, 4" TFT screen, StepUP XL6009 module and a 5V UPS with 18650 batteries at 2600 mAh for the design a case designed in SolidWorks software and 3D printing by a Creality CR10 was manufactured, in addition, the characterization of the values of the environmental sensors was necessary to investigate in the Datasheets of the MQ gas sensors, in order to determine an equivalent equation for each sensor.

**Keywords:** Meteorological station, portable, autonomous.



## INTRODUCCIÓN

El seguimiento de los parámetros ambientales resulta crucial para entender cómo interactúan los ecosistemas, además de evaluar y reducir los impactos del cambio climático y la contaminación. Disponer de datos confiables y constantes sobre variables como temperatura, humedad y niveles de gases contaminantes es esencial para investigaciones científicas, gestión ambiental, actividades industriales y protección de la salud pública. Las estaciones meteorológicas desempeñan un papel indispensable al brindar información continua que permite un análisis detallado de las condiciones atmosféricas. Sin embargo, muchas de estas estaciones presentan desventajas como su elevado costo, tamaño voluminoso y dependencia de infraestructura fija, lo que restringe su utilización en lugares remotos o de difícil acceso.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar una estación meteorológica portátil y autónoma que permita medir parámetros medioambientales de forma eficiente y accesible. Este dispositivo destaca por su diseño compacto y capacidad de operar en diferentes ubicaciones sin depender de una fuente de energía externa continua, gracias a un sistema de alimentación basado en un módulo UPS con baterías recargables de gran capacidad. Asimismo, integra sensores especializados para medir gases como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>), junto con sensores de temperatura y humedad, asegurando un amplio espectro de variables ambientales relevantes.

Para su construcción, se seleccionaron componentes electrónicos confiables, como el microcontrolador ESP32, los sensores MQ7, MQ4 y MQ135



para gases, el sensor DHT22 para temperatura y humedad, un módulo de reloj DS3231 para sincronización temporal y una pantalla TFT de 4 pulgadas para mostrar los datos en tiempo real. La estación combina portabilidad y autonomía mediante el uso de un módulo Step-Up XL6009 y una batería UPS de 5V con celdas 18650 de 2600 mAh, lo que permite un funcionamiento continuo durante hasta 14 horas sin interrupciones. La estructura de la estación fue diseñada en SolidWorks y fabricada con impresión 3D, logrando un diseño resistente, compacto y adecuado para uso en campo.

Entre los objetivos específicos del proyecto se incluyen la selección de los componentes electrónicos necesarios, el diseño funcional y estructural de la estación y la interpretación de los datos obtenidos por los sensores. A partir del análisis detallado de los datasheets de los sensores, junto con herramientas como Microsoft Excel, se desarrollaron ecuaciones de calibración precisas que permiten interpretar adecuadamente las mediciones. Estas ecuaciones fueron integradas al código del dispositivo, lo que garantiza lecturas confiables incluso en condiciones ambientales variables. Además, el código fue programado para establecer una línea base sin la presencia de gases, facilitando análisis comparativos en el campo.

Los resultados y conclusiones de esta investigación confirman que la estación meteorológica es una herramienta efectiva para el monitoreo ambiental, ofreciendo mediciones precisas y una autonomía significativa que permite su operación prolongada sin necesidad de recarga. Para cada objetivo específico se han propuesto recomendaciones enfocadas en mejorar el desempeño y la confiabilidad del dispositivo a largo plazo. Estas incluyen la posibilidad de



incorporar sensores adicionales o alternativos en futuras versiones, optimizar el diseño de la carcasa para resistir condiciones climáticas extremas y realizar calibraciones periódicas en ambientes controlados para garantizar la precisión de las lecturas.

En resumen, el diseño y desarrollo de esta estación meteorológica portátil y autónoma representan un importante avance en la disponibilidad de herramientas para el monitoreo ambiental. Su capacidad de adaptación y funcionalidad independiente la hacen útil en un amplio espectro de aplicaciones, que van desde investigaciones científicas hasta evaluaciones de impacto ambiental y control de la calidad del aire. Con el creciente interés en la protección del medio ambiente y la necesidad urgente de datos confiables para la toma de decisiones, esta estación se presenta como una solución práctica y accesible para medir variables ambientales críticas.



## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1. Descripción del problema

A nivel mundial, el incremento de fenómenos relacionados con el cambio climático ha generado una mayor necesidad de monitorear con precisión las condiciones ambientales. En este sentido, las estaciones meteorológicas portátiles desempeñan un rol clave al proporcionar datos confiables en zonas remotas o de difícil acceso donde no es posible contar con infraestructura fija.

La frecuencia y severidad de fenómenos climáticos extremos, como huracanes, inundaciones y olas de calor, han hecho imprescindible el uso de estaciones meteorológicas portátiles. Estas permiten realizar un monitoreo ágil y eficaz, aportando información en tiempo real que puede ser vital para gestionar y mitigar los impactos de los desastres naturales, ayudando incluso a salvar vidas.

En muchas regiones del mundo, la falta de estaciones meteorológicas adecuadas se debe a la ausencia de infraestructura o al elevado costo que implica su instalación y mantenimiento. Las estaciones portátiles autónomas son



una solución práctica para superar estas limitaciones, ya que permiten recopilar datos fundamentales sin depender de redes eléctricas o sistemas de comunicación complejos.

En el ámbito científico, la capacidad de movilidad y autonomía de las estaciones meteorológicas resulta esencial para investigaciones en terreno realizadas en lugares aislados, como montañas, desiertos y océanos. Estas estaciones ofrecen a los investigadores la posibilidad de recolectar información crucial sin interrupciones, incluso en condiciones ambientales adversas.

De acuerdo con el SENAMHI, Perú enfrenta importantes retos relacionados con su alta vulnerabilidad climática, como heladas, friajes y sequías que afectan distintas zonas del país. La instalación de estaciones meteorológicas se vuelve indispensable para aumentar la precisión y eficiencia en la predicción y monitoreo de estos eventos climáticos, ayudando a mitigar sus efectos sobre sectores estratégicos como la agricultura y la gestión del agua.

En cuanto al marco normativo, Perú cuenta con la Ley de Cambio Climático, que establece disposiciones legales para abordar de manera integral la gestión del cambio climático. Dicha ley contempla acciones de adaptación y mitigación, incluyendo la instalación de estaciones meteorológicas, tanto automáticas como convencionales, con el propósito de medir variables climáticas y ambientales en todo el territorio nacional. Estas medidas buscan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecer la resiliencia frente a los impactos del cambio climático, en línea con los objetivos definidos en las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDCs).



Asimismo, recientes declaraciones del gobierno peruano subrayan su compromiso con la lucha contra el cambio climático, destacando la relevancia de la cooperación internacional y el involucramiento de diferentes actores sociales en proyectos vinculados a la gestión climática. En este contexto, los sistemas de monitoreo y alerta temprana, donde las estaciones meteorológicas desempeñan un papel crucial, son considerados elementos clave.

En la ciudad de Juliaca, ubicada en el departamento de Puno, se enfrentan serios desafíos relacionados con el cambio climático y las condiciones meteorológicas adversas. En fechas recientes, se han reportado ráfagas de viento de hasta 63 kilómetros por hora, que han causado importantes afectaciones a la población y resaltan la urgencia de implementar medidas preventivas para evitar emergencias.

Adicionalmente, Juliaca ha experimentado problemas significativos derivados de intensas lluvias, las cuales han ocasionado inundaciones y fallos en los sistemas de drenaje. Un proyecto de drenaje concebido como solución para mitigar este tipo de situaciones fue afectado por problemas de corrupción, agravando la vulnerabilidad de la ciudad frente a condiciones climáticas extremas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿De qué manera elaborar la estación meteorológica portátil autónomo para la medición de parámetros medioambientales?



## 1.2.2. Problemas secundarios

### PE1.

¿Cuáles son los dispositivos electrónicos para la estación meteorológica portátil autónomo?

### PE2.

¿Cuáles el diseño para la estación meteorológica portátil autónomo?

### PE3.

¿De qué manera caracterizar los valores de los sensores medioambientales?

## 1.3. Justificación

El diseño de una estación meteorológica portátil autónomo se justifica técnicamente por la necesidad de contar con sistemas de monitoreo climático precisos y eficientes que puedan operar sin necesidad de infraestructura fija en diferentes condiciones ambientales. Al integrar tecnologías avanzadas, como sensores de alta precisión, módulos de bajo consumo energético y sistemas de comunicación inalámbrica, se logra recopilar y transmitir datos en tiempo real, lo cual mejora la capacidad de respuesta ante condiciones meteorológicas adversas.

Desde una perspectiva ambiental, el proyecto fomenta el monitoreo continuo de parámetros medioambientales, fundamentales para analizar y mitigar los efectos del cambio climático. La habilidad de estas estaciones para funcionar en diversos entornos y recolectar información clave permite una mejor



comprensión de los patrones climáticos y la formulación de estrategias para conservar el medio ambiente.

Económicamente, la implementación del proyecto es rentable, ya que las estaciones meteorológicas portátiles reducen significativamente los costos asociados con la infraestructura fija y permiten una rápida y flexible instalación en distintos lugares. Asimismo, al proporcionar datos confiables para sectores como la agricultura y la gestión de recursos naturales, se pueden optimizar las operaciones y minimizar pérdidas económicas ocasionadas por eventos climáticos extremos.

Científicamente, la iniciativa contribuye al avance del conocimiento en meteorología y monitoreo ambiental. Con el desarrollo de una estación portátil autónoma, se abren oportunidades para investigaciones en áreas remotas y la obtención de datos a largo plazo, fundamentales para estudios climáticos y ambientales.

En el ámbito educativo, este proyecto puede ser una herramienta de aprendizaje útil para estudiantes y profesionales interesados en meteorología, electrónica e ingeniería ambiental. Equipar instituciones educativas con estaciones meteorológicas portátiles mejorará la enseñanza práctica y promoverá la formación de futuros especialistas en estas áreas.

La estación proporcionará datos meteorológicos en tiempo real, recolectando información precisa sobre condiciones ambientales como temperatura, humedad, presión atmosférica y velocidad del viento, entre otros, permitiendo una toma de decisiones más informada en agricultura, gestión de recursos hídricos y respuesta a desastres naturales.



Gracias a su portabilidad y autonomía, será posible desplegar la estación en áreas remotas o de difícil acceso donde no haya infraestructura fija, ampliando la cobertura del monitoreo climático y recolectando datos importantes de regiones previamente desatendidas.

Además, al ofrecer información continua y precisa, la estación contribuirá a identificar patrones climáticos y desarrollar estrategias de mitigación contra los efectos adversos del cambio climático, favoreciendo la conservación del medio ambiente y la gestión de riesgos.

Los datos precisos suministrados por la estación también facilitarán la planificación agrícola, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas sobre el manejo de cultivos, como el riego y la cosecha, incrementando la productividad y optimizando el uso de recursos.

La estación será una valiosa herramienta para la educación y la investigación científica, proporcionando acceso a datos relevantes para estudios ambientales y promoviendo el avance del conocimiento, formando así a las futuras generaciones para enfrentar desafíos climáticos.

Finalmente, la capacidad de monitorear en tiempo real condiciones ambientales será esencial para la detección temprana de eventos climáticos extremos, mejorando la respuesta de las autoridades y comunidades locales ante emergencias y reduciendo daños potenciales.

El uso del ESP32 está justificado por su arquitectura de doble núcleo, que permite manejar múltiples tareas eficientemente, y su capacidad de soportar conectividad Wi-Fi y Bluetooth. Esto asegura la recolección y transmisión en



tiempo real de datos, además de su compatibilidad con diversos sensores y módulos, lo que lo convierte en una opción robusta y versátil para este proyecto.

La pantalla TFT será clave para la visualización clara de los datos recopilados, gracias a su capacidad para mostrar gráficos en color y su bajo consumo energético, cumpliendo con los requerimientos de portabilidad y autonomía.

Los sensores MQ serán seleccionados para medir la calidad del aire y detectar gases como CO<sub>2</sub> y CO, debido a su precisión y fiabilidad, esenciales para un monitoreo ambiental integral.

Las baterías recargables de alta capacidad garantizarán el funcionamiento continuo de la estación en lugares sin acceso a la red eléctrica. Junto con sistemas de gestión de energía, estas baterías asegurarán un tiempo prolongado de operación y requerirán poco mantenimiento.

El diseño de un circuito impreso (PCB) personalizado integrará eficientemente los componentes electrónicos, optimizando el espacio y mejorando el rendimiento del sistema, lo que es crucial para mantener la portabilidad de la estación.

El software se desarrollará utilizando plataformas compatibles con el ESP32, como Arduino IDE o PlatformIO. Este será diseñado para asegurar una adquisición de datos confiable, calibración precisa de sensores y gestión eficiente de energía, garantizando la exactitud de la información obtenida y la fiabilidad del sistema.



## 1.4. Objetivos de la investigación

### 1.4.1. *Objetivo General*

Elaborar la estación meteorológica portátil autónomo para la medición de parámetros medioambientales.

### 1.4.2. *Objetivos específicos*

#### OE1.

Determinar los dispositivos electrónicos para la estación meteorológica portátil autónomo.

#### OE2.

Diseñar estación meteorológica portátil autónomo.

#### OE3.

Caracterizar los valores de los sensores medioambientales.

## 1.5. Importancia

El proyecto presenta una sólida justificación ambiental al facilitar el monitoreo constante de parámetros medioambientales esenciales para comprender y mitigar los efectos del cambio climático. Su capacidad para operar en diversos entornos y recolectar datos críticos permite un análisis detallado de los patrones climáticos, lo que resulta fundamental para formular estrategias efectivas de conservación y gestión sostenible del medio ambiente.

## 1.6. Limitaciones

La ciudad de Juliaca ha experimentado serios inconvenientes provocados por intensas precipitaciones, las cuales han generado inundaciones y el colapso de los sistemas de drenaje. Un proyecto de infraestructura diseñado para mitigar estas inundaciones se vio comprometido por actos de corrupción, aumentando así la fragilidad de la ciudad frente a eventos climáticos extremos.

## 1.7. Variables

**Tabla 1:**

*Datos de entrada para la segunda etapa de reducción*

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Independiente:</b> Parámetros medioambientales	Según (Cancapa, 2018) los parámetros ambientales se refieren a las condiciones específicas que deben mantenerse en un entorno para cumplir con los estándares de calidad establecidos. Entre estos parámetros destacan los rangos de iluminación, los niveles aceptables de ruido, y las condiciones óptimas de temperatura y humedad.	Serán medidos como CO <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , temperatura y humedad, los cuales serán medidos mediante sensores electrónicos.	CO <sub>2</sub>	MQ135	Razón
			CO	MQ4	
			CH <sub>4</sub>	MQ2	
			Temperatura	DHT22	
Humedad					
<b>Dependiente:</b> Estación meteorológica portátil autónoma	Para (Balladares & Lopez, 2021) una estación meteorológica automática es un sistema compuesto por diversos elementos diseñados para medir, registrar y transmitir variables climáticas, tales como la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la radiación solar y las precipitaciones.	Para realizar las mediciones se utilizarán sensores MQ y DHT22, y su autonomía será por un UPS	Controlador	ESP32	Razón
			Sensores	MQ, DHT22	
			Fuente	UPS 18650	
			Visualizador	Pantalla TFT	
			Almacenamiento	SD Card	

*Nota:* Elaborado por el autor de tesis



## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

En el trabajo de (Balladares & Lopez, 2021) El propósito de este proyecto fue desarrollar y poner en marcha un prototipo de estación meteorológica agrícola autosostenible, destinado al monitoreo de parámetros ambientales en cultivos de cacao, utilizando una Raspberry Pi como núcleo del sistema. Inicialmente, el prototipo fue diseñado, ensamblado y configurado en el domicilio del autor, Danny López. En este espacio se llevaron a cabo todas las pruebas necesarias para ajustar los sensores y diseñar la parte electrónica de la estación meteorológica. Una vez finalizadas estas configuraciones, se elaboró una maqueta de un vivero agrícola de cacao, ubicada también en el domicilio del autor, donde se realizaron pruebas y monitoreos durante varias semanas. Durante este periodo, se recolectaron datos relevantes a través de sensores que midieron la humedad ambiental, la temperatura, el caudal de lluvia, la velocidad del viento, la humedad del suelo y la radiación solar UV. Todos estos datos se almacenaron en una base



de datos gestionada por la Raspberry Pi para su análisis posterior, con el fin de generar información clave para tomar decisiones en el manejo del cultivo de cacao. Además, los docentes e investigadores, así como los estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana en Guayaquil, se beneficiaron al contar con un prototipo funcional de estación meteorológica agrícola. Esto les permitió aplicar conocimientos relacionados con el Internet de las Cosas (IoT), telecomunicaciones y electrónica de bajo costo mediante el uso de dispositivos como la Raspberry Pi y el ESP32.

En la tesis de (Lopez, 2022) el objetivo principal fue desarrollar e implementar un prototipo de estación meteorológica portátil para el monitoreo de variables ambientales en el rancho de San Gabriel, haciendo uso de tecnología RFID. El diseño del prototipo se centró en la portabilidad y la comodidad, permitiendo la adquisición de los parámetros mediante un receptor portátil que incluye una pantalla para visualizar cada una de las variables monitoreadas. Además, el sistema incorpora una alarma sonora antirrobo, la cual opera mediante un bypass de relés y se encuentra separada del módulo emisor para garantizar mayor seguridad. Como resultado, se concluyó que el diseño e implementación de esta estación meteorológica permite el monitoreo de diversas variables ambientales relacionadas con el cultivo de pasto para ganado, empleando un sistema de bajo costo y autosustentable.

En el trabajo de (Medina & Ramirez, 2019) el propósito fue diseñar y construir una estación meteorológica en la "Finca de las Dos Palmas", localizada en la vereda El Callejón del municipio de Ricaurte, Cundinamarca, con el fin de estudiar el comportamiento meteorológico de la zona y comparar los registros



obtenidos con los datos de estaciones cercanas instaladas por el IDEAM. Como resultado, se logró, mediante la plataforma Arduino, una programación eficiente para medir variables como presión atmosférica, temperatura, humedad relativa y precipitación, las cuales tienen aplicaciones en ingeniería y otros campos del conocimiento. Durante los meses de agosto y septiembre, se obtuvieron registros de precipitación que, al compararse con los datos de la estación "Base Aérea Melgar", situada a 11.4 km de distancia y con una diferencia altitudinal de solo 5 msnm, presentaron un factor de dispersión de 1.95%, validando la confiabilidad de los datos recopilados. Esto permite su inclusión en la base de datos de la red climatológica de Colombia. Se concluye que se logró adecuar el sitio en la finca Las Dos Palmas de la vereda El Callejón, Ricaurte, cumpliendo con las especificaciones establecidas por la OMM para el diseño y construcción de una estación meteorológica.

### **2.1.2. Nacionales**

En el trabajo de (Solano, 2021) El propósito de este estudio fue crear una estación meteorológica automática con conexión a Internet a través de comunicación por radiofrecuencia, dirigida a zonas de difícil acceso en Perú. El resultado principal fue la transmisión inalámbrica de datos meteorológicos a una distancia mínima de 1000 metros, con un margen de error inferior al 5%. En conclusión, la investigación confirmó la efectividad del diseño propuesto, lo que permitió la instalación en lugares remotos sin necesidad de conexión a Internet.

En la tesis de (Lujan, 2021) el objetivo fue diseñar una estación meteorológica económica para regiones de gran altitud, donde las estaciones comerciales son demasiado caras. Los resultados obtenidos del prototipo



instalado en la Quebrada de Quilcayhuanca (Ancash) y en el glaciar de roca San Félix (Arequipa) fueron comparables con los de estaciones de medición de alta precisión, mostrando solo pequeñas diferencias. Por lo tanto, se concluyó que se desarrolló una herramienta asequible y precisa para la medición de parámetros meteorológicos en áreas de difícil acceso.

Trabajo de tesis de (Jacome G. , 2018) el propósito de este estudio fue obtener los índices de extremos climáticos, como la lluvia y las temperaturas máxima y mínima, en la cuenca del río Mantaro para el periodo de 1981 a 2065, utilizando el modelo global HadGEM2-ES (con una resolución espacial de 200 km) como forzante para el modelo regional WRF (con resolución espacial de 16 km) en Perú. Se utilizaron las simulaciones de lluvia y temperatura generadas por el modelo WRF para calcular los índices de extremos climáticos en la cuenca. Los resultados de la evaluación de los datos corregidos de lluvia y temperatura indicaron que la aproximación entre los datos corregidos y los observados fue precisa, eliminando los errores sistemáticos del modelo y ajustando los valores medios y extremos. En cuanto a los índices de extremos climáticos de la lluvia, en el sector norte de la cuenca se incrementan los días consecutivos sin lluvia en el futuro, pero también aumenta el número de días con precipitaciones que superan los percentiles 95 y 99. En el sector central, se observa una disminución de los días secos consecutivos y un aumento de los días con precipitaciones superiores al percentil 95 y 99. En el sector sur, los días secos consecutivos disminuyen en el futuro respecto al periodo histórico, y las precipitaciones que superan el percentil 95 y 99 aumentan, especialmente en el periodo intermedio. Como conclusión, se determinó que los días con heladas disminuirán en el futuro en comparación con el periodo histórico, especialmente en Marcapomacocha; en



el sector norte, aumentarán las noches y días cálidos; en el sector centro, aumentarán los días cálidos y fríos, así como las noches cálidas y frías, principalmente en el horizonte cercano; finalmente, en el sector sur de la cuenca, los días cálidos y fríos, junto con las noches cálidas y frías, aumentarán principalmente en el horizonte intermedio en comparación con el periodo histórico.

## **2.2. Estado del arte**

### **2.2.1. Parámetros medioambientales**

Los parámetros medioambientales son variables físicas, químicas y biológicas que permiten evaluar el estado del entorno natural en un lugar determinado. Estos parámetros ofrecen información esencial sobre la calidad del aire, el agua, el suelo y otros aspectos del medio ambiente. Son clave para la gestión ambiental, el monitoreo de la contaminación, así como para la evaluación de los riesgos ecológicos y de salud pública.

#### **2.2.1.1. Concepto de CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono)**

El CO<sub>2</sub> es un gas sin color, sin olor y no inflamable que se encuentra de forma natural en la atmósfera. Es uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático. Su emisión proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles, la deforestación y diversos procesos industriales.

#### **✓ Características:**

- Densidad: Más pesado que el aire.
- Solubilidad: Soluble en agua, formando ácido carbónico.

- Concentración típica en la atmósfera: 400-450 ppm (partes por millón).
- ✓ **Valores:**
  - En el Perú, como en otros países, el monitoreo del CO<sub>2</sub> se realiza para evaluar el impacto de actividades industriales y urbanas en la calidad del aire. El valor de referencia de la OMS para aire saludable es 350 ppm de CO<sub>2</sub>.

## Figura 1

*Parámetro medioambiental CO<sub>2</sub>*



Nota: <https://www.bankinter.com/>

### 2.2.1.2. Concepto de CO (Monóxido de Carbono)

El CO es un gas venenoso, sin color ni olor, que se genera durante la combustión incompleta de combustibles como gasolina, carbón, madera y otros materiales orgánicos. Es un contaminante del aire de gran importancia debido a su alta toxicidad.

- ✓ **Características:**
  - Densidad: Ligeramente más ligera que el aire.

- Solubilidad: Soluble en agua y en sangre, formando carboxihemoglobina, que reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.
- ✓ **Valores:**
- Es necesario monitorear los niveles de CO en el aire para salvaguardar la salud pública. En Perú, las concentraciones de CO en áreas urbanas pueden alcanzar niveles peligrosos, especialmente en zonas con alta densidad de tráfico vehicular.

## Figura 2

*Parámetro medioambiental CO*



Nota: <https://www.bankinter.com/>

### 2.2.1.3. Concepto de CH<sub>4</sub> (Metano)

El CH<sub>4</sub> es un gas sin color ni olor, y constituye el principal componente del gas natural. Es un gas de efecto invernadero altamente potente, con un potencial de calentamiento global significativamente mayor al del CO<sub>2</sub>.

✓ **Características:**

- Densidad: Menos denso que el aire.
- Solubilidad: Moderadamente soluble en agua.
- Es inflamable y puede formar mezclas explosivas con el aire.

✓ **Valores:**

- El metano se emite tanto de fuentes naturales como de actividades humanas, como la agricultura (especialmente la ganadería), la gestión de residuos y la extracción de combustibles fósiles. Controlar las emisiones de  $\text{CH}_4$  es esencial para mitigar el cambio climático.

### Figura 3

*Parámetro medioambiental  $\text{CH}_4$*



Nota: <https://www.bankinter.com/>

#### 2.2.1.4. Concepto de Calidad del Aire

La calidad del aire se refiere al grado en que el aire en una determinada área está libre de contaminantes que puedan perjudicar la salud humana o el medio ambiente. Se evalúa mediante la medición de la concentración de varios

contaminantes clave, como las partículas suspendidas (PM2.5, PM10), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) y otros.

✓ **Características:**

- Evaluación mediante índices de calidad del aire (ICA).
- Influye en la salud respiratoria, cardiovascular y en el bienestar general de la población.

✓ **Valores:**

- En Perú, la calidad del aire presenta variaciones significativas entre las regiones urbanas y rurales. Lima, por ejemplo, enfrenta problemas de contaminación por partículas finas debido a la alta densidad vehicular y la actividad industrial. La OMS recomienda valores de 10 µg/m<sup>3</sup> para PM2.5 y 20 µg/m<sup>3</sup> para PM10 como medias anuales.

#### Figura 4

*Consecuencias de la contaminación ambiental*



Nota: <https://www.bankinter.com/>

En Perú, el monitoreo y control de los parámetros medioambientales son esenciales debido a la diversidad geográfica y climática del país, que abarca



regiones costeras, andinas y amazónicas. El país enfrenta importantes desafíos en la gestión de la contaminación del aire, especialmente en áreas urbanas de alta densidad poblacional, como Lima y Arequipa, donde los niveles de contaminación a menudo superan los límites recomendados por la OMS.

- **Normativa y Regulaciones:** El Ministerio del Ambiente (MINAM) es la institución responsable de regular y monitorear los parámetros ambientales en el país. Existen normativas específicas sobre la calidad del aire, que fijan límites permitidos para diversos contaminantes y directrices para su monitoreo.

**Esfuerzos de Monitoreo:** En ciudades como Lima y Juliaca, se han instalado estaciones de monitoreo de la calidad del aire que facilitan el seguimiento constante de los principales contaminantes y la generación de alertas para la población.

### **2.2.2. Estación Meteorológica Portátil Autónoma**

Una estación meteorológica portátil autónoma es un dispositivo concebido para medir, registrar y, en varios casos, transmitir datos meteorológicos de forma independiente. Estas estaciones se destacan por ser compactas, de fácil transporte y por no requerir una fuente de energía externa continua, lo que las convierte en una opción ideal para su uso en áreas remotas o en situaciones donde no es posible realizar una instalación permanente.

- ❖ **Autonomía:** Estas estaciones suelen funcionar con baterías recargables, paneles solares u otras fuentes de energía renovable,

lo que les permite operar de manera continua durante largos períodos sin necesidad de intervención humana.

- ❖ **Portabilidad:** Su diseño compacto y ligero facilita el transporte de la estación a distintas ubicaciones, lo que permite la recolección de datos en diversos entornos.

**Figura 5**

*Estación meteorológica*



Nota: <https://www.valiometro.pe/>

### 2.2.2.1. Dispositivos Electrónicos en una Estación

#### Meteorológica Portátil Autónoma

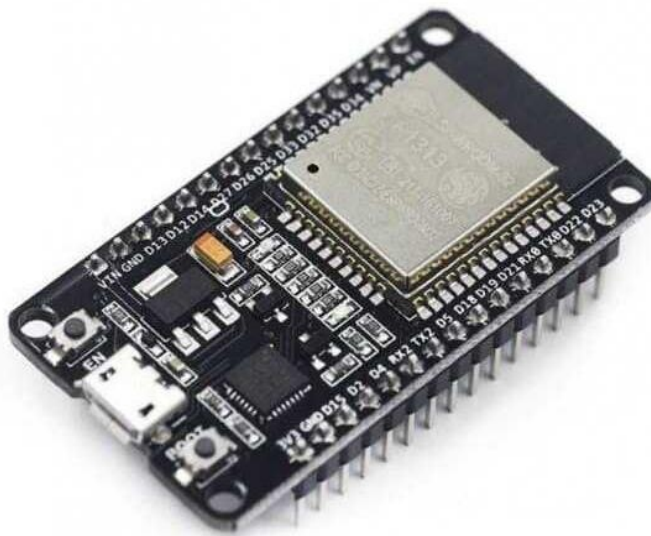
##### 1. Microcontroladores o Microprocesadores:

- ❖ **ESP32:** Un microcontrolador ampliamente utilizado debido a su capacidad para conectar dispositivos mediante Wi-Fi y Bluetooth, lo que facilita la transmisión de datos en tiempo real a plataformas de monitoreo remoto.

- ❖ **Arduino:** Empleado para la programación y control de sensores, especialmente en proyectos que requieren simplicidad y un bajo costo.

**Figura 6**

*Esp32 Dev kit v1.1*



*Nota:* <https://naylorlampmechatronics.com/>

## 2. Sensores:

- ❖ Sensor de Temperatura y Humedad (DHT22): Mide tanto la temperatura como la humedad relativa del aire.
- ❖ Anemómetro: Se utiliza para medir la velocidad y dirección del viento.
- ❖ Sensor de Presión Barométrica (BMP280): Mide la presión atmosférica y puede calcular la altitud.
- ❖ Sensor de Calidad del Aire (MQ-135, MQ-7): Mide la concentración de gases como CO<sub>2</sub>, CO y otros contaminantes en el aire.

**Figura 7**

*Sensores de gases MQ*



*Nota:* <https://naylorlampmechatronics.com/>

### 3. Pantalla TFT:

- ❖ Se utiliza para mostrar los datos en tiempo real. Las pantallas TFT son populares debido a su claridad y a su capacidad para presentar gráficos y datos en colores vibrantes.

**Figura 8**

*Pantalla TFT 4" LCD*



*Nota:* <https://naylorlampmechatronics.com/>

#### 4. Sistema de Alimentación:

- ❖ Paneles Solares: Proveen energía renovable, recargando las baterías durante el día.
- ❖ Baterías de Litio: Almacenan la energía, permitiendo que la estación funcione durante la noche o en condiciones de baja luz solar.

**Figura 9**

*UPS 18650 x2 de 5V a 5V*



*Nota:* <https://naylampmechatronics.com/>

#### 5. Almacenamiento de Datos:

- ❖ Tarjeta SD: Se utiliza para almacenar los datos recolectados por los sensores.
- ❖ Memoria Flash: Algunas estaciones incluyen almacenamiento interno para guardar datos temporalmente.

**Figura 10**

*Pantalla OLED*



*Nota:* <https://naylampmechatronics.com/>

### 2.2.2.2. Materiales Utilizados

- ❖ Carcasa Resistente al Clima: Fabricada con materiales como ABS o policarbonato, protege los componentes electrónicos de las inclemencias del tiempo, como lluvia, nieve y rayos UV.
- ❖ Estructura de Montaje: Hecha de aluminio o acero inoxidable, garantiza que la estación esté firmemente sujeta y estable en el lugar de instalación.
- ❖ Cables y Conectores: Se utilizan para conectar sensores y otros dispositivos, y deben ser resistentes al agua y al sol.

#### Figura 11

*Carcasa de PLA por impresión 3D*



Nota: <https://naylampmechatronics.com/>

### 2.2.2.3. Aplicaciones y Contexto en Perú

En Perú, las estaciones meteorológicas portátiles autónomas son especialmente valiosas en zonas rurales y áreas de difícil acceso, como la Amazonía y la región andina, donde el monitoreo climático es esencial para la agricultura, la gestión de recursos hídricos y la prevención de desastres naturales. Estas estaciones permiten a las comunidades locales y a las

autoridades obtener datos precisos sobre las condiciones meteorológicas sin depender de infraestructuras complicadas.

### Figura 12

*Aplicaciones y contexto en Perú*



Nota: <http://www.smelpro.com/>

## 2.3. Bases teóricas

### 1. Estación Meteorológica

Una estación meteorológica es un sistema o dispositivo diseñado para registrar y monitorear diversos parámetros atmosféricos y climáticos, como temperatura, humedad, presión barométrica, velocidad del viento, radiación solar, entre otros. Estas estaciones pueden ser fijas o portátiles, y su función principal es recolectar datos que faciliten el análisis del clima y sus variaciones. En este proyecto, se opta por una estación portátil, lo que requiere el uso de tecnología compacta y eficiente en términos de energía para garantizar la autonomía del sistema.

## 2. Parámetros Medioambientales

Los parámetros medioambientales son las variables físicas y químicas del entorno que afectan el clima y las condiciones atmosféricas de una región. En este proyecto, los parámetros relevantes son:

- Temperatura: Se mide la cantidad de calor en el aire, comúnmente expresada en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- Humedad relativa: Representa la cantidad de vapor de agua en el aire en relación con la cantidad máxima que podría contener a una temperatura específica.
- Presión atmosférica: Es la presión generada por el peso de la atmósfera, medida en hectopascales (hPa).
- Velocidad y dirección del viento: Indicadores del movimiento del aire, cruciales para estudios climáticos.
- Radiación solar: Mide la cantidad de energía solar que alcanza una superficie terrestre, expresada en vatios por metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

## 3. Portabilidad y Autonomía

La portabilidad en dispositivos electrónicos se refiere a la capacidad de ser fácilmente transportados sin depender de infraestructura fija. En el contexto de una estación meteorológica, esto implica un diseño compacto y liviano que facilite su uso en diversas ubicaciones sin requerir instalaciones complejas.

La autonomía, por otro lado, es la capacidad de operar de manera continua sin necesidad de intervención constante para cambiar las baterías o de una fuente de alimentación externa. Esta autonomía se logra utilizando tecnologías



de energía renovable, como paneles solares, que recargan la batería interna de la estación. Este diseño autónomo es esencial para garantizar la portabilidad en zonas de difícil acceso, donde la infraestructura eléctrica puede ser limitada o inexistente.

#### **4. Tecnologías de Sensores**

El proyecto requiere sensores específicos para capturar datos precisos de los parámetros medioambientales. Estos sensores son de alta precisión y bajo consumo, lo cual es crucial para el diseño portátil y autónomo de la estación meteorológica. Algunos de los sensores utilizados incluyen:

- Sensor de temperatura y humedad: Mide las condiciones térmicas y de humedad en el ambiente, proporcionando datos clave sobre las condiciones atmosféricas.
- Barómetro: Mide la presión atmosférica, lo que ayuda a predecir variaciones climáticas y a generar modelos meteorológicos más precisos.
- Anemómetro: Registra la velocidad del viento, un parámetro esencial para analizar el movimiento del aire y las condiciones climáticas en la zona.
- Piranómetro: Instrumento utilizado para medir la irradiación solar, permitiendo cuantificar la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre.

#### **5. Sistemas de Comunicación y Almacenamiento de Datos**

Los datos recolectados por los sensores pueden ser almacenados en una tarjeta de memoria, como una tarjeta SD, o enviados directamente a plataformas



en la nube para su análisis y visualización en tiempo real. Esta capacidad de transmisión en tiempo real es esencial para aplicaciones que requieren monitoreo constante y la toma de decisiones rápidas basadas en datos meteorológicos actualizados. La plataforma en la nube también permite almacenar grandes volúmenes de datos, facilitando el análisis histórico y la integración con otros sistemas de monitoreo medioambiental.

## **6. Energía Renovable en Dispositivos Portátiles**

La estación meteorológica portátil se abastece principalmente de energía solar. Los paneles solares recolectan la luz solar y la transforman en energía eléctrica, que luego se almacena en una batería recargable. Este sistema basado en energía renovable no solo asegura el funcionamiento autónomo de la estación, sino que también contribuye a la disminución del impacto ambiental, lo cual es clave en iniciativas centradas en la sostenibilidad y el monitoreo del entorno.

## **7. Internet de las Cosas (IoT)**

El término Internet de las Cosas (IoT) hace referencia a la conexión de dispositivos electrónicos capaces de recolectar y compartir información a través de internet. Una estación meteorológica IoT posibilita el seguimiento remoto y la visualización instantánea de datos, lo que facilita el análisis climático y la toma de decisiones informadas basadas en esos datos. Incorporar IoT en este proyecto permite la recolección de un volumen considerable de datos ambientales, los cuales pueden ser accedidos desde dispositivos móviles o computadoras.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y RESULTADOS

#### **3.1. Métodos de investigación**

##### **3.1.1. Enfoque de la investigación**

Cuantitativo, ya que se realiza pruebas de funcionamiento de la estación.

##### **3.1.2. Nivel de la investigación**

Este proyecto cuenta con una metodología de investigación aplicada, ya que se desarrolló a partir de los conocimientos adquiridos durante la formación profesional (Fernandez Collado & Baptista Lucio, S.E.).

##### **3.1.3. Tipo de la investigación**

Este proyecto se basó en una investigación de tipo aplicada, ya que se utilizaron recursos científicos, técnicos y tecnologías existentes para abordar el problema planteado, empleando diversas modalidades de investigación:



- ❖ Investigación tecnológica: jugó un papel crucial al realizar un análisis detallado y un estudio sistemático del problema, con el fin de recolectar la información necesaria para definir un diseño adecuado que asegurara el cumplimiento de los objetivos establecidos.
- ❖ Investigación aplicada: enfocada en resolver un problema contemporáneo que afecta a la sociedad.
- ❖ Investigación experimental: se utilizó para realizar pruebas necesarias que ayudaran a identificar los elementos óptimos para el desarrollo eficaz del proyecto. (Fernandez Collado & Baptista Lucio, S.E.).

### **3.1.4. Diseño de la investigación**

Investigación Experimental ya que se fabricarán tres dispositivos en total, y se verificara su correcto funcionamiento.

## **3.2. Modalidad y estudio de casos**

### **3.2.1. Metodología de la investigación**

Científico, porque se utilizara técnicas de ensayo y verificación aceptadas por la comunidad científica como válidas.

### **3.2.2. Población y muestra**

#### **3.2.2.1. Población**

Estación meteorológica.



### 3.2.2.2. Muestra

Estación meteorológica portátil autónomo para la medición de parámetros medioambientales.

## 3.3. Métodos y técnicas de recogida de información

### 3.3.1. Técnicas

- Revisión bibliográfica
- Programación C++
- Diseño PCB

### 3.3.2. Instrumentos, recolección de datos

- Sensores
- Pantalla TFT
- SD Card
- Esp32
- UPS Batería



## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de datos

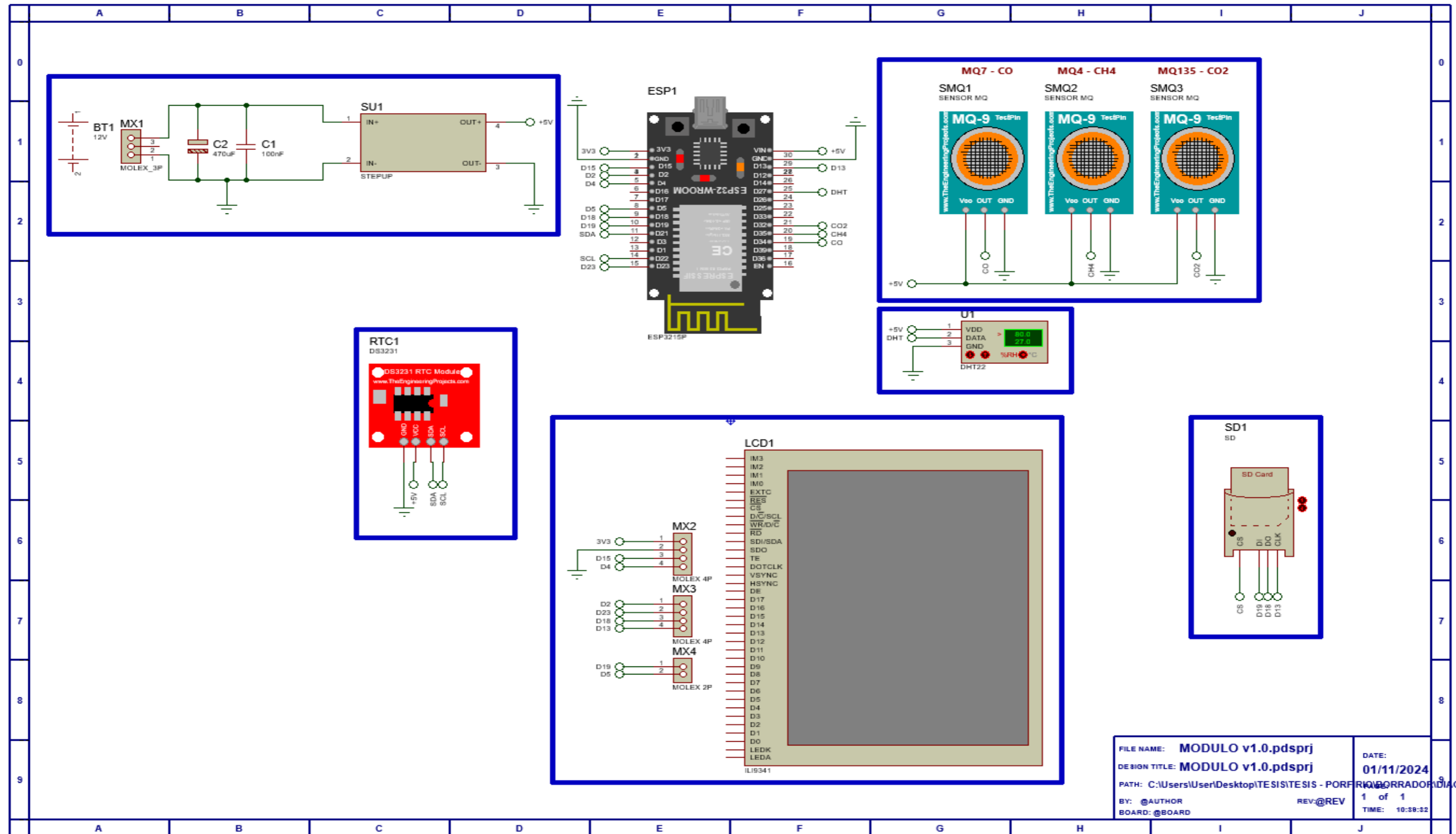
##### **Estación meteorológica portátil autónomo para la medición de parámetros medioambientales**

Para la elaboración de la estación meteorológica portátil autónomo fue necesario dividirlo en diferentes etapas para sus respectivas configuraciones con los diferentes dispositivos electrónicos.

- a) Etapa del control con ESP32 Devkit v1.0
- b) Etapa de visualización con pantalla TFT y almacenamiento con SD Card
- c) Etapa de censado de fecha y hora con modulo reloj de tiempo real RTC
- d) Etapa de censado temperatura y humedad DHT22
- e) Etapa de censado de gases sensores MQ
- f) Etapa de suministro de energía y elevación de voltaje (StepUp)

Figura 13

Diagrama Electrónico general de la estación meteorológica portátil autónoma



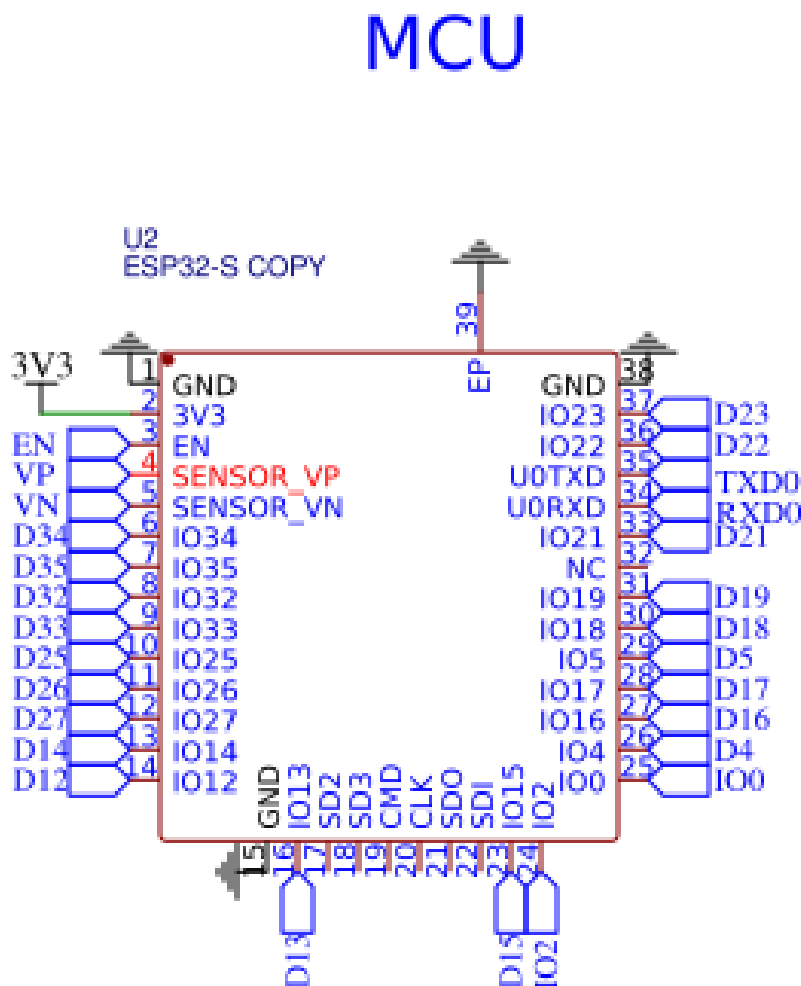
### 4.1.1. Etapa del control con ESP32 Devkit v1.0

Para el control se utilizó el Esp32 Devkit v1.0 el cual tiene una resolución de 12 Bit para tener una mayor precisión de los datos, el cual tiene como características

#### 4.1.1.1. Diagrama electrónico del Esp32 Pico D4

Figura 14

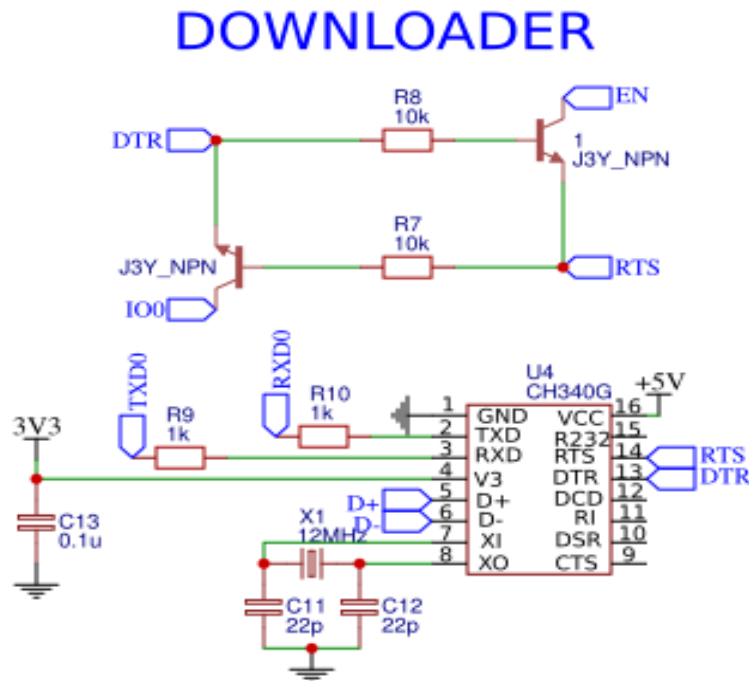
Diagrama Electrónico del Esp32 Pico D4



Nota: Extraído de los archivos de la página <https://oshwlab.com/>

**Figura 15**

*Diagrama Electrónico del conversor USB a TTL con CH340G*

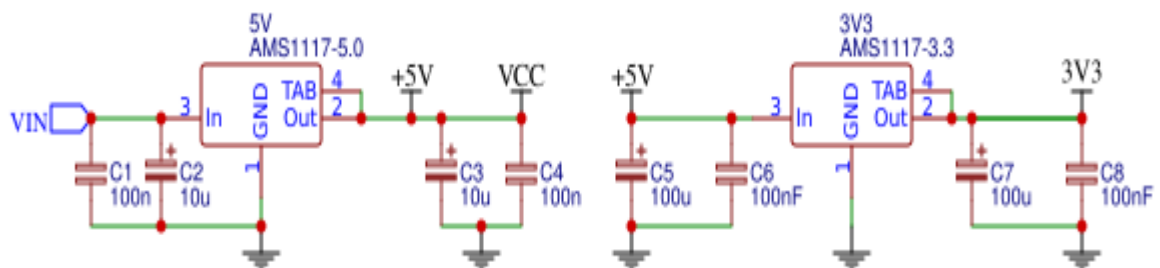


*Nota:* Extraído de los archivos de la página <https://oshwlab.com/>

**Figura 16**

*Diagrama Electrónico del control de voltaje de 5V a 3V3*

## VOLTAGE REGULATOR

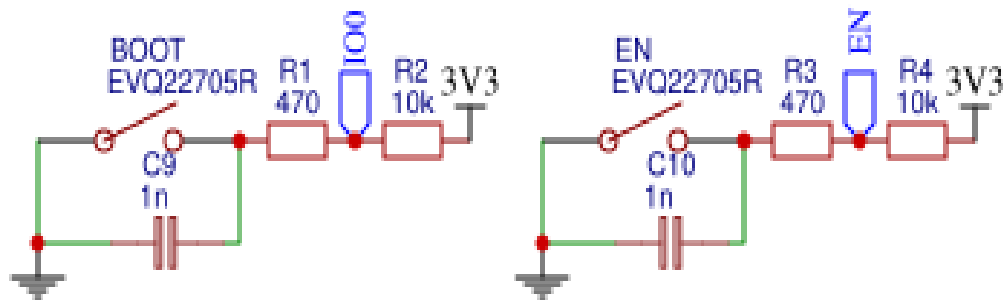


*Nota:* Extraído de los archivos de la página <https://oshwlab.com/>

Figura 17

Diagrama Electrónico del BOOT y EN del ESP32 Devkit v1.0

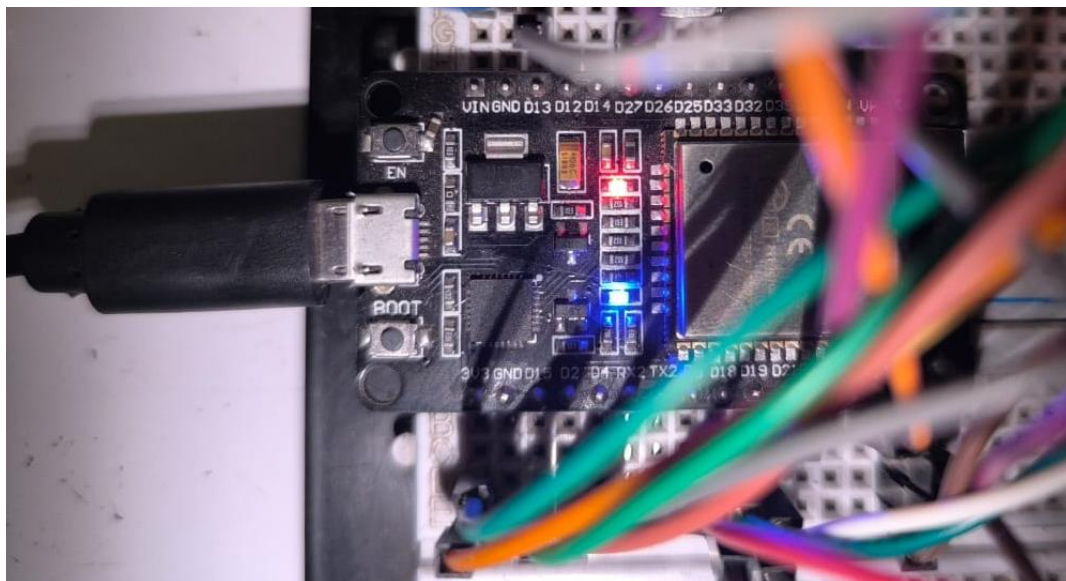
# BOOT & ENABLE



Nota: Extraído de los archivos de la página <https://www.lilygo.cc/>

Figura 18

Implementación del Esp32 Pico D4



Nota: Fotografía realizada por el autor de la tesis

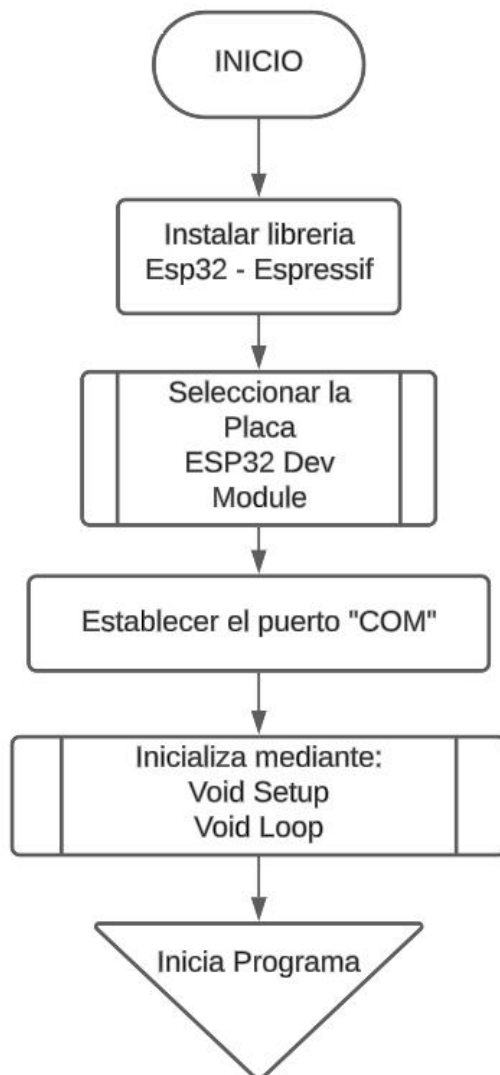
### 4.1.1.2. Diagrama de bloques de la preparación

Para comenzar la preparación de la tarjeta, ESP32 Dev Module es necesario seguir los siguientes pasos:

- 1) Instalar el IDE 2.2.1 desde: <https://www.arduino.cc/en/software>
- 2) Instalar la librería Esp32: <https://github.com/topics/esp32-ttgo>

**Figura 19**

*Diagrama de bloques de la previa instalación de la tarjeta ESP32 Dev Module*



*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

### 4.1.2. Etapa de visualización con pantalla TFT y almacenamiento con SD

#### Card

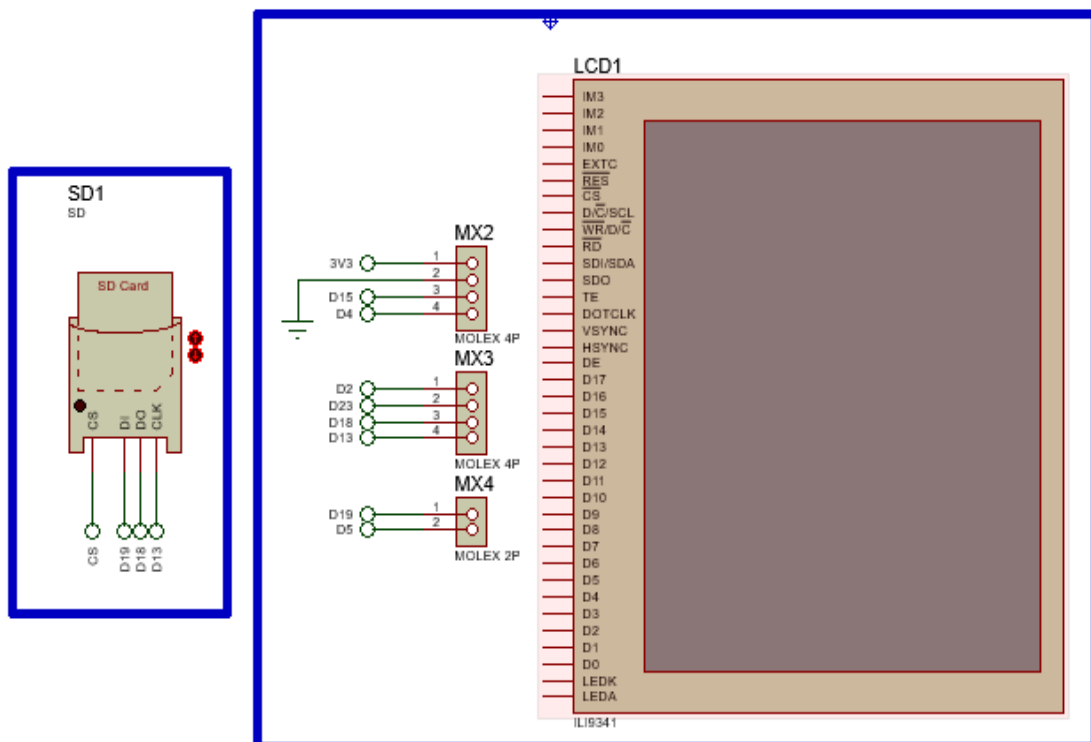
La pantalla oled de 0.96" es una pantalla con la capacidad de poder mostrar datos en una pantalla de 128x64 pixeles los cuales deben de ser integrado al TTGO LORA 32 V2.1-1.6 el cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación de 3.3v
- ❖ Protocolo de comunicación I2C

#### 4.1.2.1. Diagrama electrónico de la pantalla TFT y SD Card

Figura 20

Diagrama Electrónico de la pantalla TFT y SD Card



Nota: Elaborado por el autor de la tesis

**Figura 21**

*Implementación de la pantalla TFT y SD Card*



*Nota:* Fotografía realizada por el autor de la tesis

#### **4.1.2.1.1. Programa de la pantalla TFT de 4 pulgadas**

Para la configuración de la pantalla fue necesario:

1. Incluir las librerías
  - a. `#include "FS.h"`
  - b. `#include <SPI.h>`
  - c. `#include <TFT_eSPI.h> // Hardware-specific library`
2. Inicialización del método TFT\_eSPI
3. Calibración del touch de la pantal
4. Activar la pantalla TFT
5. Imprimir las imagenes de los sensores

Figura 22

Programa de inicialización de la pantalla TFT de 4 pulgadas

```
#include "FS.h"
#include <SPI.h>
#include <TFT_eSPI.h> // Hardware-specific library

// Pantalla TFT de 4"
TFT_eSPI tft = TFT_eSPI(); // Invoke custom library
#define CALIBRATION_FILE "/TouchCalData2" //ARCHIVO DONDE SE GUARDA LA CALIBRACION
#define REPEAT_CAL false //FALSE, NO SE REPITE LA CALIBRACION ; TRUE, SE REPITE LA
// Using two fonts since numbers are nice when bold
#define LABEL1_FONT &FreeSansOblique12pt7b // Key label font 1 //AGREGAR, TIPO DE LETRA 1
#define LABEL2_FONT &FreeSansBold12pt7b // Key label font 2 //AGREGAR, TIPO DE LETRA 2

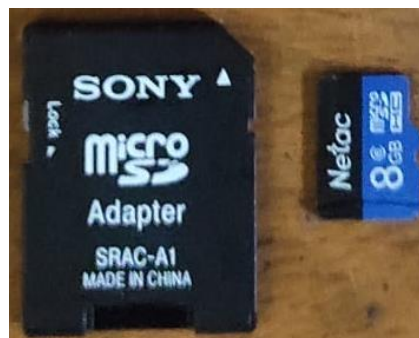
tft.init();
tft.setRotation(2);
touch_calibrate();
tft.fillScreen(TFT_BLACK);

uint64_t cardSize = SD.cardSize() / (1024 * 1024);
Serial.printf("SD Card Size: %lluMB\n", cardSize);
drawSdJpeg("/sensor_mq.jpg", 5, 5); // This draws a jpeg pulled off the SD Card
drawSdJpeg("/sensor_mq.jpg", 5, 110); // This draws a jpeg pulled off the SD Card
drawSdJpeg("/sensor_mq.jpg", 5, 215); // This draws a jpeg pulled off the SD Card
drawSdJpeg("/sensor_dht22.jpg", 5, 315); // This draws a jpeg pulled off the SD Card
delay(2000);
```

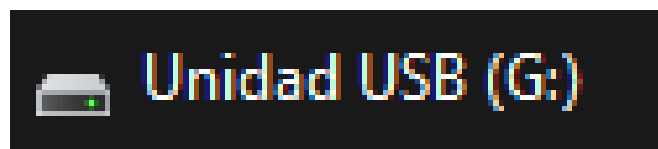
Nota: Elaborado por el autor de la tesis

#### 4.1.2.2. Preparación de la SD Card

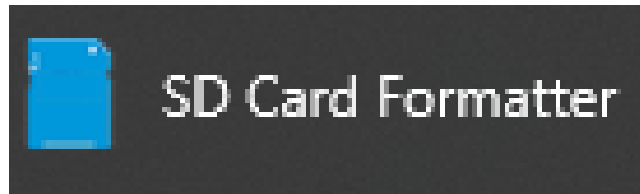
Para que la tarjeta sea reconocida por el lector es necesario formatearla en el formato FAT32 para ello es necesario ejecutar los siguientes pasos:



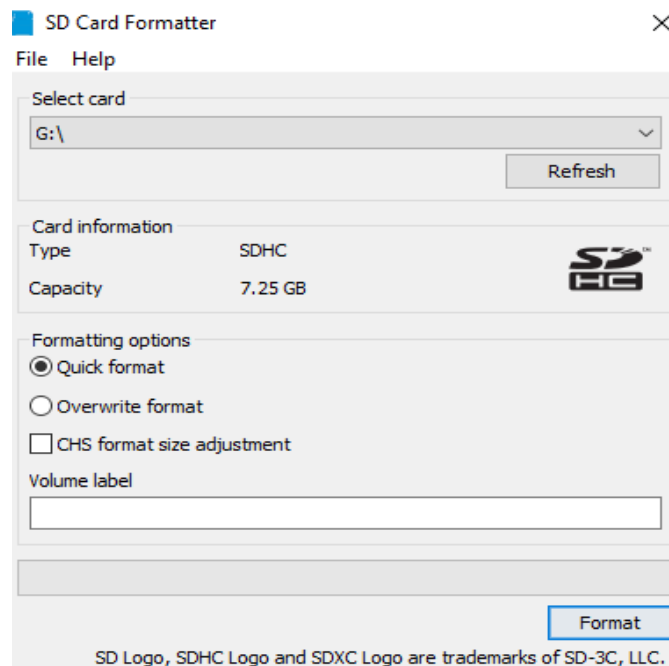
- 1) Insertar la SD para que sea reconocido por la PC



## 2) Ejecutar el software SD CARD Formatter



## 3) Seleccionar la unidad a formatear y click en FORMATEAR



### 4.1.2.3. Programa de configuración de la SD Card

Para la activación de la SC Card es necesario realizar:

1. Incluir las librerías:
  - a. `#include <SD.h>`
  - b. `#include <JPEGDecoder.h>`
2. Inicializar la SD Card
3. Seleccionar el tipo de SD Card
4. Determinar el tamaño de la SD Card
5. Mostrar las imágenes del sensor SCT013.jpg

**Figura 23**

*Programa de la SD Card*

```
if (!SD.begin(5, tft.getSPIinstance())) {  
    Serial.println("Card Mount Failed");  
    return;  
}  
uint8_t cardType = SD.cardType();  
  
if (cardType == CARD_NONE) {  
    Serial.println("No SD card attached");  
    return;  
}  
  
Serial.print("SD Card Type: ");  
if (cardType == CARD_MMC) {  
    Serial.println("MMC");  
} else if (cardType == CARD_SD) {  
    Serial.println("SDSC");  
} else if (cardType == CARD_SDHC) {  
    Serial.println("SDHC");  
} else {  
    Serial.println("UNKNOWN");  
}  
  
uint64_t cardSize = SD.cardSize() / (1024 * 1024);  
Serial.printf("SD Card Size: %lluMB\n", cardSize);  
  
Serial.println("initialisation done.");
```

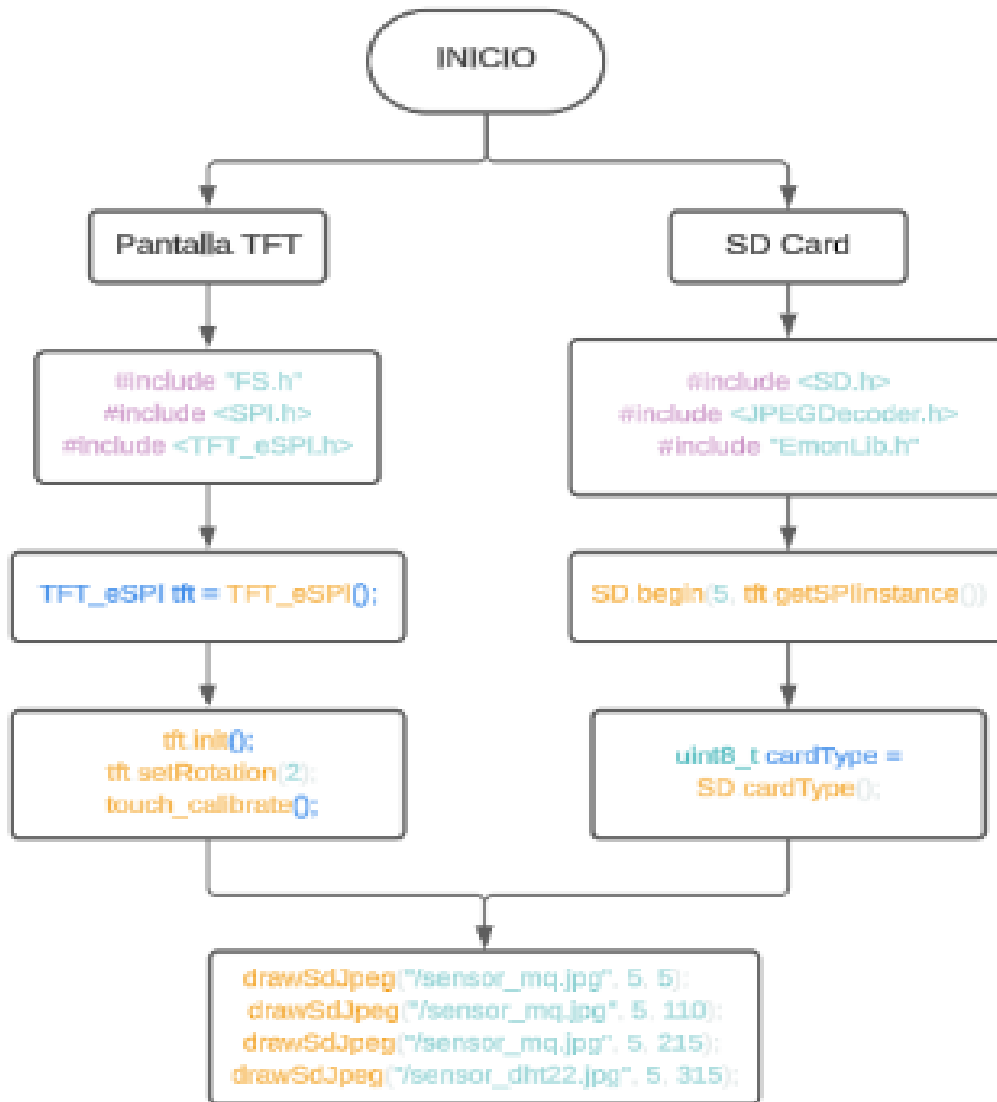
*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

#### 4.1.2.4. Diagrama de bloques de la inicialización de la pantalla

TFT y SD Card

**Figura 24**

*Diagrama de bloques de la visualización de la pantalla TFT y SD Card*



Nota: Elaborado por el autor de la tesis

### **4.1.3. Etapa de censado de fecha y hora con modulo reloj de tiempo real**

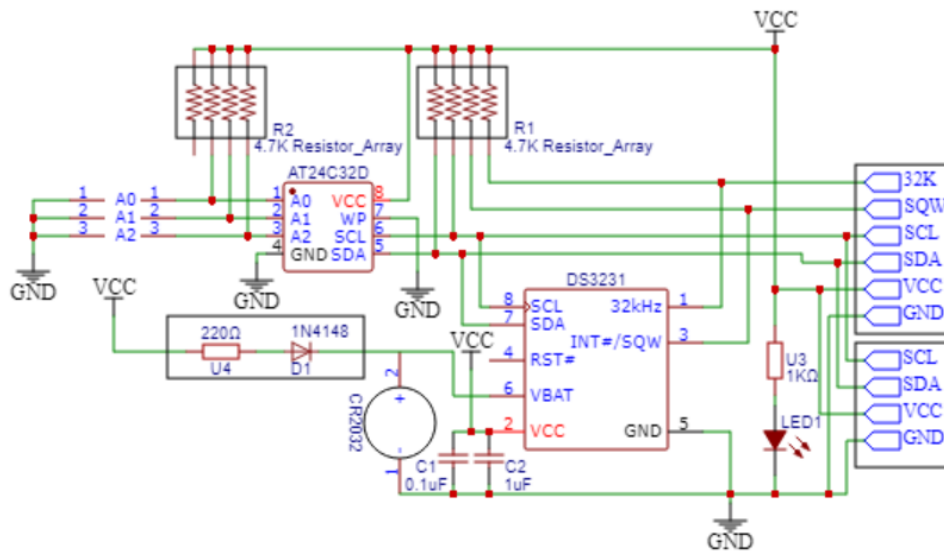
#### **RTC**

Para poder determinar la hora y fecha de la toma de valores de los sensores es necesario un reloj de tiempo real denominado RTC, para nuestro caso será en DS321.

### 4.1.3.1. Diagrama electrónico del módulo DS3231

**Figura 25**

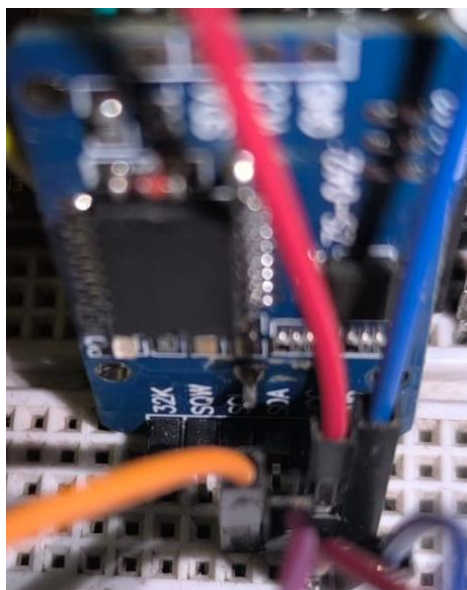
*Diagrama Electrónico del módulo DS3231*



*Nota:* Extraído de los archivos de la página <https://circuitdigest.com/>

**Figura 26**

*Implementación del módulo DS3231*



*Nota:* Fotografía realizada por el autor de la tesis

#### 4.1.3.2. Programa del módulo DS3231

Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del módulo DS3231

#### Figura 27

*Programa de inicialización del módulo DS3231*

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>

// Crear objeto para el RTC DS3231
RTC_DS3231 rtc;

// Variables para gestionar el tiempo de muestreo
unsigned long previousMillis = 0;
const unsigned long interval = 60000; // Intervalo de 1 minuto (60,000 ms)

// Iniciar la comunicación con el RTC DS3231
if (!rtc.begin()) {
  Serial.println("No se encuentra el RTC DS3231.");
  while (1)
  ;
}

rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));

if (rtc.lostPower()) {
  Serial.println("RTC perdió la energía, estableciendo la hora.");
  // Configurar la hora (en caso de pérdida de energía)
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}
```

*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

#### 4.1.3.3. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo LoRa

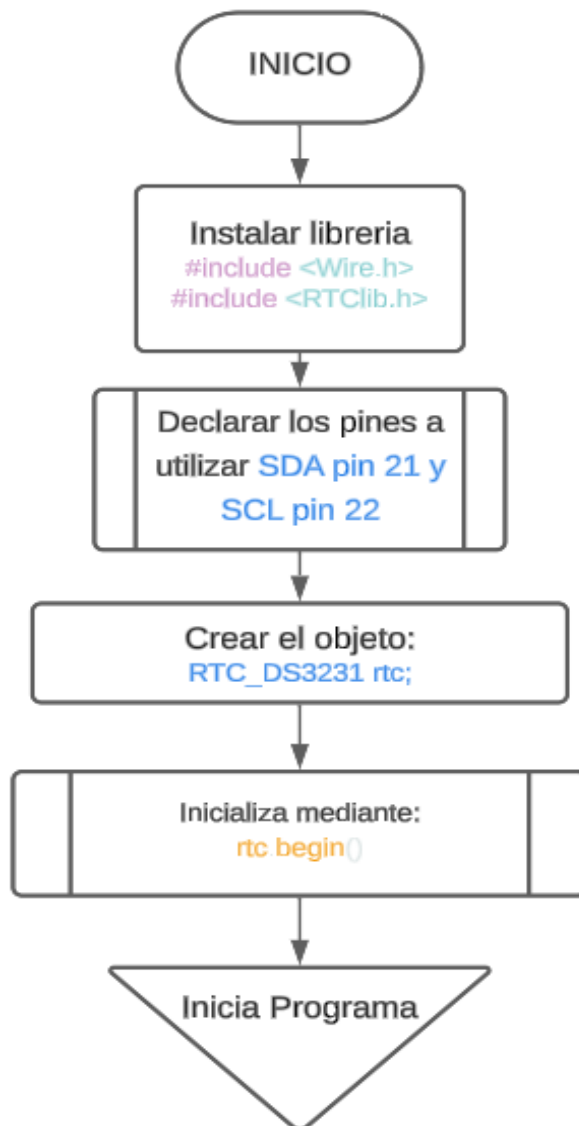
Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Descargar la librería "Wire.h" de <https://github.com/google/wire>

2. Descargar la librería para la pantalla "RTClib.h" de <https://github.com/jarzebski/Arduino-DS3231>
3. Declarar los pines a utilizar SDA pin 21 y SCL pin 22
4. Declaramos el objeto RTC\_DS32311 rtc;
5. Inicializa el RTC mediante el comando rtc.begin()

**Figura 28**

*Diagrama de bloques del módulo DS3231*



*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

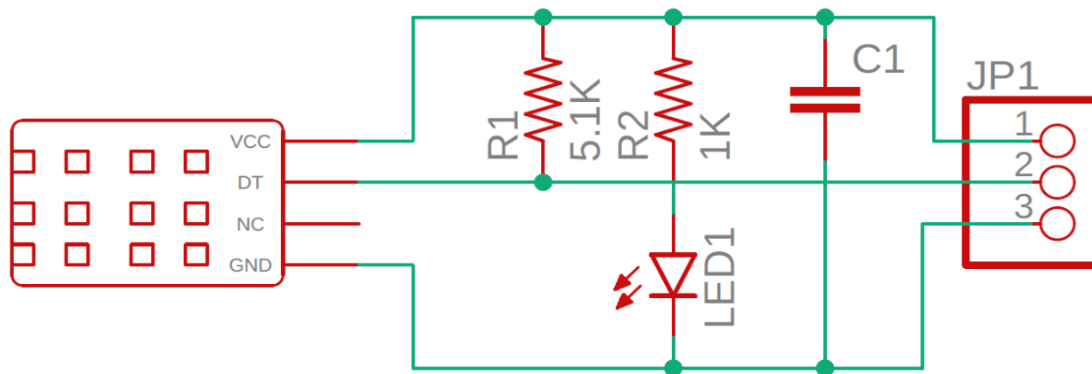
### 4.1.4. Etapa de censado temperatura y humedad DHT22

Para poder determinar la temperatura y humedad del ambiente es necesario un sensor el cual será el DHT22 con una mayor precisión en la lectura de sus valores:

#### 4.1.4.1. Diagrama electrónico del módulo DHT22

**Figura 29**

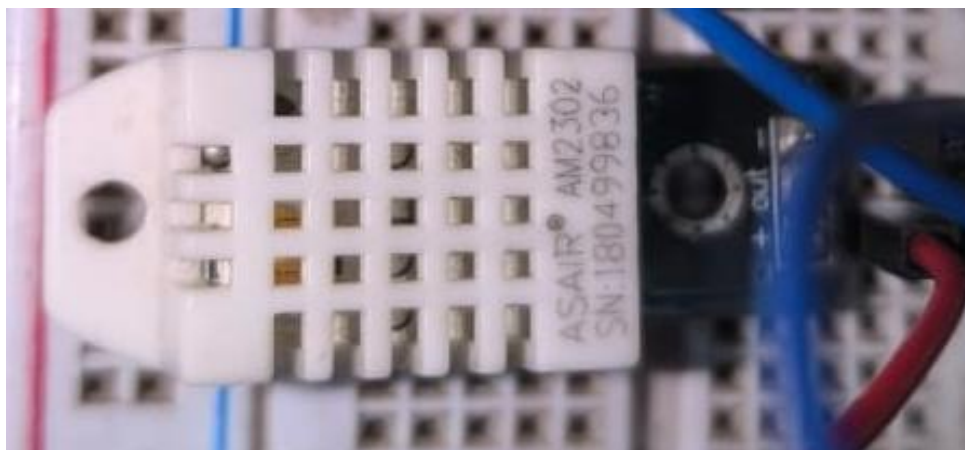
*Diagrama Electrónico del módulo DHT22*



*Nota:* Extraído de los archivos de la página <https://circuitdigest.com/>

**Figura 30**

*Implementación del módulo DHT22*



*Nota:* Fotografía realizada por el autor de la tesis

#### 4.1.4.2. Programa del módulo DHT22

Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del módulo DHT22

#### Figura 31

*Programa de inicialización del módulo DHT22*

```
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

// Pines de conexión de los sensores MQ y DHT
#define DHT_PIN 27 // Pin para el DHT22 (cable de datos)
#define DHT_TYPE DHT22 // Definir el tipo de sensor DHT

// Crear objeto del sensor DHT
DHT dht(DHT_PIN, DHT_TYPE);

// Iniciar el sensor DHT22
dht.begin();
```

*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

#### 4.1.4.3. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo

#### LoRa

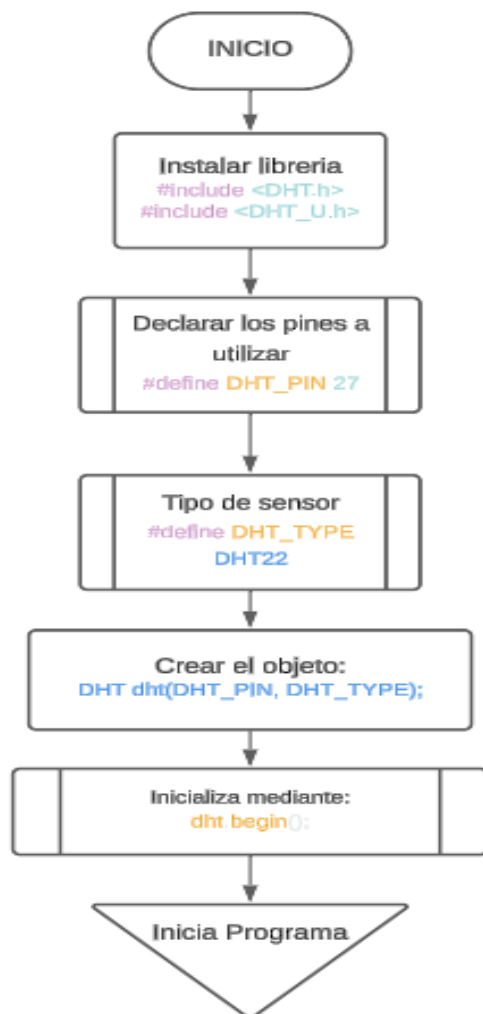
Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

- I. Descargar la librería "DHT.h" de <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>
- II. Descargar la librería para la pantalla "DHT\_U" de [https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library/blob/master/DHT\\_U.h](https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library/blob/master/DHT_U.h)
- III. Declarar los pines a utilizar DHT\_PIN al pin 27

- IV. Tipo del sensor utilizado será DHT22
- V. Crear el objetivo dht
- VI. Inicializamos el módulo con dht.init()

**Figura 32**

*Diagrama de bloques del módulo DHT22*



*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

#### **4.1.5. Etapa de censado de gases sensores MQ**

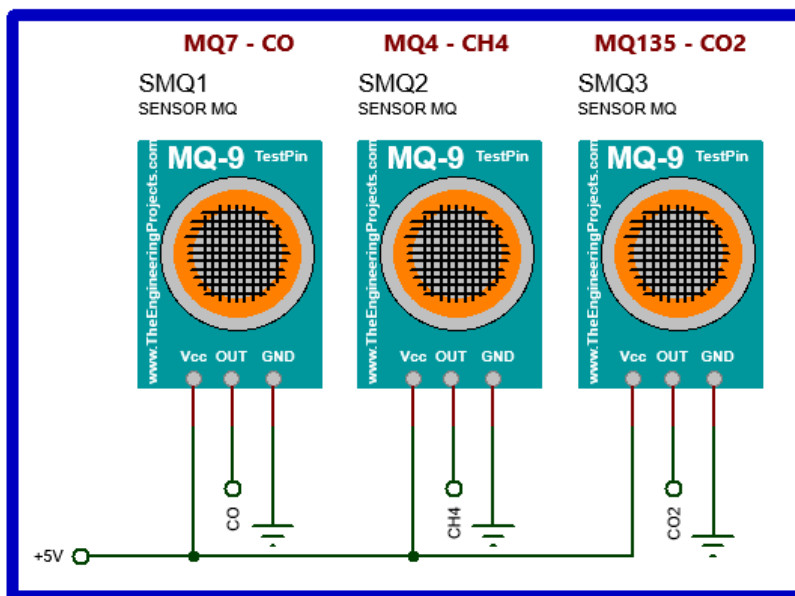
Para poder determinar los gases de efecto invernadero se utilizaran los siguientes sensores para los diferentes gases:

- ❖ MQ7 : CO (monóxido de carbono)
- ❖ MQ4 : CH4 (metano)
- ❖ MQ135 : CO2 (dióxido de carbono)

### 4.1.5.1. Diagrama electrónico del módulo DHT22

**Figura 33**

*Diagrama Electrónico del módulo MQ7, MQ4 y MQ135*



*Nota:* Diagrama realizado por el autor

**Figura 34**

*Implementación del módulo MQ7, MQ4 y MQ135*



*Nota:* Fotografía realizada por el autor de la tesis



## 4.1.5.2. Caracterización de los parámetros de los sensores

### A. Consideraciones

**Calibración independiente:** Cada sensor MQ requiere una calibración específica en aire limpio, ya que cada uno tiene una resistencia de referencia ( $R_o$ ) distinta.

**Tiempos de precalentamiento:** Cada sensor necesita diferentes tiempos de calentamiento para estabilizar las lecturas.

MQ-7: Alrededor de 60 segundos para la estabilización.

MQ-4: Tiempo recomendado es de 24 horas.

MQ-135: Aproximadamente 24 horas para calentarse completamente.

**Lectura analógica:** Los sensores MQ proporcionan una salida analógica que varía según la concentración de gases presentes en el ambiente.

### B. Caracterización

**Lectura analógica:** Se usa `analogRead()` para leer el valor analógico de cada sensor MQ.

**Calibración:** La función `calibrateSensor()` toma múltiples lecturas en aire limpio (ambiente sin gas), promedia los valores y determina el valor de referencia  $R_o$  para cada sensor.

**Relación  $R_s/R_o$ :** Cada lectura se convierte en un valor de resistencia  $R_s$  y luego se calcula la ratio  $R_s/R_o$ , el cual es útil para estimar la concentración de gases (ppm) mediante las curvas de respuesta del sensor.

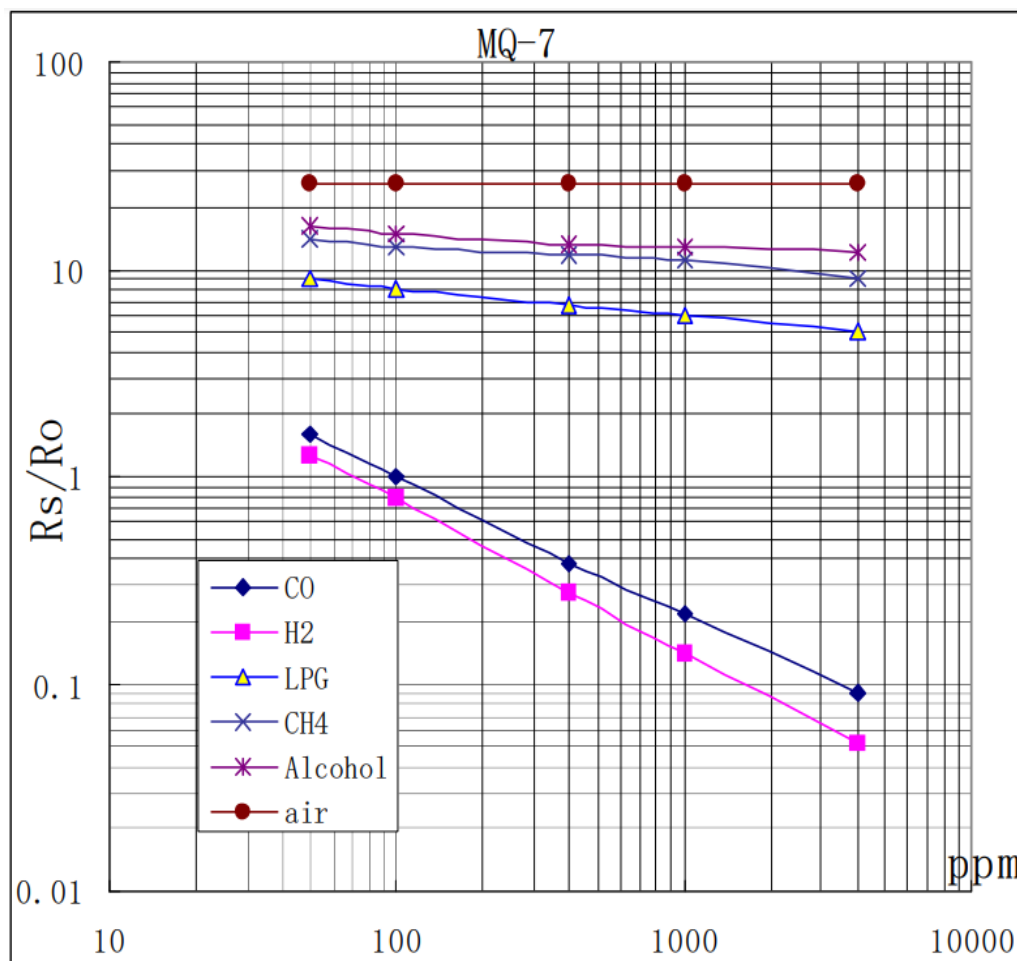
**Conversión de Ratio  $R_s/R_o$  a PPM:** Para determinar la relación entre la ratio y los PPM es necesario determinar la formula logarítmica correspondiente con la ayuda de Microsoft Excel, para cada uno de los sensores de la siguiente manera.

### I. Sensor MQ7 (Monóxido de carbono)

Para el sensor MQ7 que determinar el monóxido de Carbajo según su Datasheet tiene la siguiente curva característica.

**Figura 35**

*Curva característica del Monóxido de carbono - MQ7*



Nota: Obtenido del archivo ubicado en <https://naylorpmechatronics.com/>



**Tabla 2**

*Relación de la ratio y la ppm para el Monóxido de carbono -MQ7*

CO (monóxido de carbono)	
Rs/Ro	ppm
1.7	50
1	100
0.38	400
0.22	1000
0.09	4000

Nota: Diagrama realizo por el autor

### C. Ecuación

Considerando que los valores de Rs/Ro son x y los valores de ppm\ son y.

#### Datos iniciales:

- X = Rs/Rox: 1.7,1.0,0.38,0.22,0.
- Y = ppm: 50,100,400,1000

La relación sigue siendo  $y = a * x^b$ , y usaremos mínimos cuadrados paso a paso.

#### a) Linealización de la ecuación

Partimos de:

$$y = a * x^b$$

Tomamos logaritmos en ambos lados:

$$\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(x)$$



Esto transforma el problema en un ajuste lineal:

$$Y = B + m * X$$

Donde:

$$Y = \ln(y), X = \ln(x), B = \ln(a), m = b$$

**b) Cálculos**

Calculamos los logaritmos naturales de X y Y:

**Tabla 3**

*Cálculos logarítmicos naturales de X y Y para el MQ7 - CO*

x(Rs/Ro)	y(ppm)	ln(x)	ln(y)
1.7	50	0.53	3.91
1.0	100	0.00	4.61
0.38	400	-0.97	5.99
0.22	1000	-1.51	6.91
0.09	4000	-2.41	8.29

*Nota:* Realizado por el autor

**c) Aplicar las fórmulas de mínimos cuadrados**

Para el ajuste lineal  $Y = B + m * X$ , necesitamos calcular las siguientes sumas:



**Tabla 4**

*Cálculos de sumas de X y Y para el MQ7 - CO*

ln(x)	ln(y)	X <sup>2</sup>	X*Y
0.53	3.91	0.28	2.07
0.00	4.61	0.00	0.00
-0.97	5.99	0.94	-5.81
-1.51	6.91	2.28	-10.44
-2.41	8.29	5.81	-19.97
Sumas:		Totales:	
-4.36	29.76	9.31	-34.15

*Nota:* Realizado por el autor

**d) Calculo m y B**

Las formulas para m (pendiente) y B (intercepto) son:

$$m = \frac{N * \sum(X * Y) - \sum(X) * \sum(Y)}{N * \sum(X^2) - (\sum(X))^2}$$

$$B = \frac{\sum(Y) - m * \sum(X)}{N}$$

Donde N = 5 (número de ítems)

Cálculo de m:

$$m = \frac{5 * (-34.15) - (-4.36) * (29.71)}{5 * (9.31) - (-4.36)^2} = -\frac{41.21}{27.53} = -1.498$$

Cálculo de B:

$$B = \frac{29.71 - (-1.50 * (-4.36))}{5} = -\frac{23.17}{5} = 4.63$$

### e) Interpretación de los resultados

Sabemos que:

$$B = \ln(a), m = b$$

Por lo tanto:

$$\ln(a) = 4.63 \Rightarrow a = e^{4.63} = 103.16$$

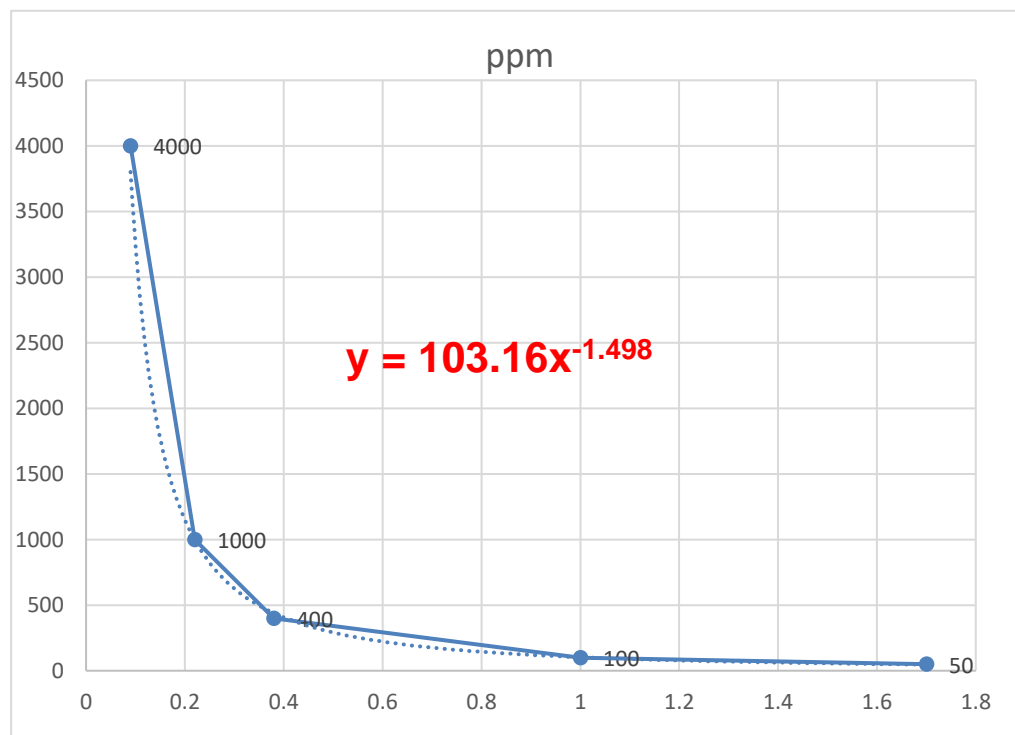
$$b = -1.498$$

La ecuación será:

$$y = 102.50 * x^{-1.498}$$

**Figura 36**

*Ecuación exponencial del Monóxido de carbono -MQ7*



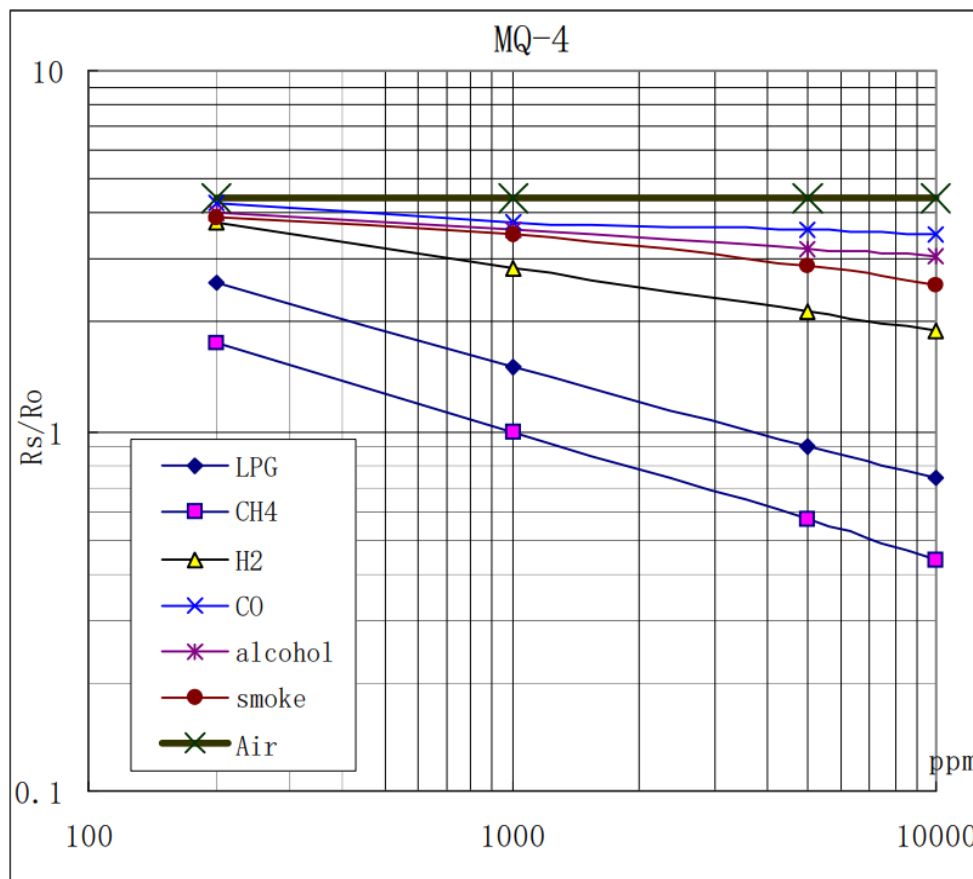
*Nota:* Diagrama realizado por el autor

## II. Sensor MQ4 (Metano)

Para el sensor MQ4 que determinar el Metano según su Datasheet tiene la siguiente curva característica.

**Figura 37**

*Curva característica del Metano- MQ4*



Nota: Obtenido del archivo ubicado en <https://naylampmechatronics.com/>

**Tabla 5:**

*Relación de la ratio y la ppm para el Metano - MQ4*

CH4 (metano)	
Rs/Ro	ppm



1.8	200
1	1000
0.58	5000
0.45	10000

Nota: Diagrama realizo por el autor

## A. Ecuación

Considerando que los valores de  $R_s/R_o$  son  $x$  y los valores de  $\text{ppm}$  son  $y$ .

Datos iniciales:

- $X = R_s/R_o$ : 1.8, 1, 0.58, 0.45
- $Y = \text{ppm}$ : 200, 1000, 5000, 10000

La relación sigue siendo  $y = a * x^b$ , y usaremos mínimos cuadrados paso a paso.

### a) Linealización de la ecuación

Partimos de:

$$y = a * x^b$$

Tomamos logaritmos en ambos lados:

$$\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(x)$$

Esto transforma el problema en un ajuste lineal:

$$Y = B + m * X$$

Donde:

$$Y = \ln(y), X = \ln(x), B = \ln(a), m = b$$



**b) Cálculos**

Calculamos los logaritmos naturales de X y Y:

**Tabla 6**

*Cálculos logarítmicos naturales de X y Y para el MQ4 – CH4*

<b>x(Rs/Ro)</b>	<b>y(ppm)</b>	<b>ln(x)</b>	<b>ln(y)</b>
1.8	200	0.59	5.30
1.0	1000	0.00	6.91
0.58	5000	-0.54	8.52
0.45	10000	-0.80	9.21

*Nota:* Realizado por el autor

**c) Aplicar las fórmulas de mínimos cuadrados**

Para el ajuste lineal  $Y = B + m \cdot X$ , necesitamos calcular las siguientes sumas:

**Tabla 7**

*Cálculos de sumas de X y Y para el MQ7 - CO*

<b>ln(x)</b>	<b>ln(y)</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>X*Y</b>
0.59	5.30	0.35	3.13
0.00	6.91	0.00	0.00
-0.54	8.52	0.29	-4.60
-0.80	9.21	0.64	-7.37
Sumas:		Totales:	
-0.75	29.94	1.28	-8.84

*Nota:* Realizado por el autor



**d) Calculo m y B**

Las fórmulas para m (pendiente) y B (intercepto) son:

$$m = \frac{N * \sum(X * Y) - \sum(X) * \sum(Y)}{N * \sum(X^2) - (\sum(X))^2}$$

$$B = \frac{\sum(Y) - m * \sum(X)}{N}$$

Donde N = 5 (número de ítems)

Cálculo de m:

$$m = \frac{4 * (-8.84) - (-0.75) * (29.94)}{4 * (1.28) - (-0.75)^2} = -\frac{12.29}{4.56} = -2.83$$

Cálculo de B:

$$B = \frac{29.94 - (-2.83 * (-0.75))}{4} = -\frac{27.83}{4} = 6.96$$

**e) Interpretación de los resultados**

Sabemos que:

$$B = \ln(a), m = b$$

Por lo tanto:

$$\ln(a) = 6.96 \Rightarrow a = e^{6.96} = 1040.6$$

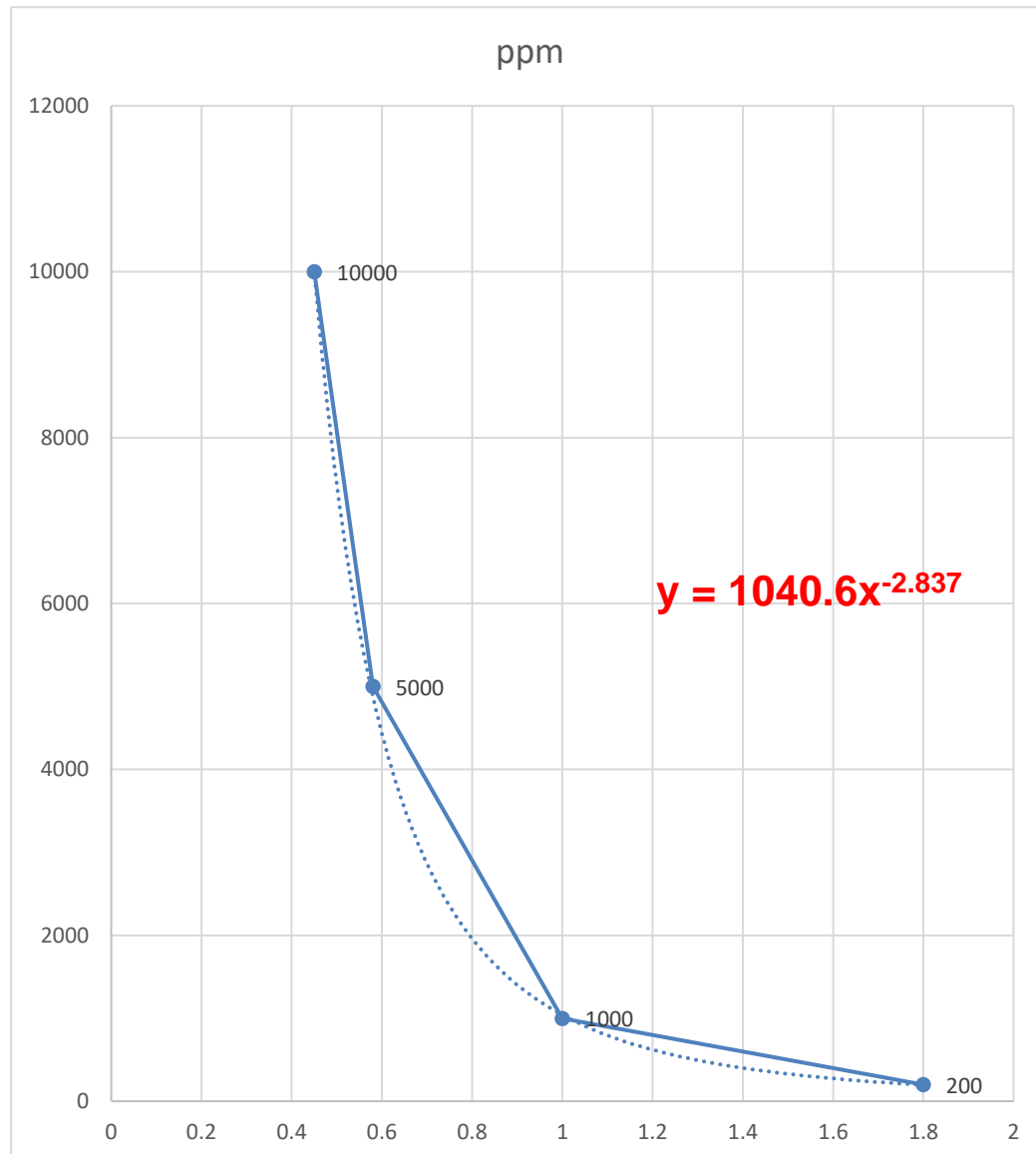
$$b = -2.83$$

La ecuación será:

$$y = 1040.6 * x^{-2.837}$$

**Figura 38**

*Ecuación exponencial del Monóxido de carbono -MQ7*



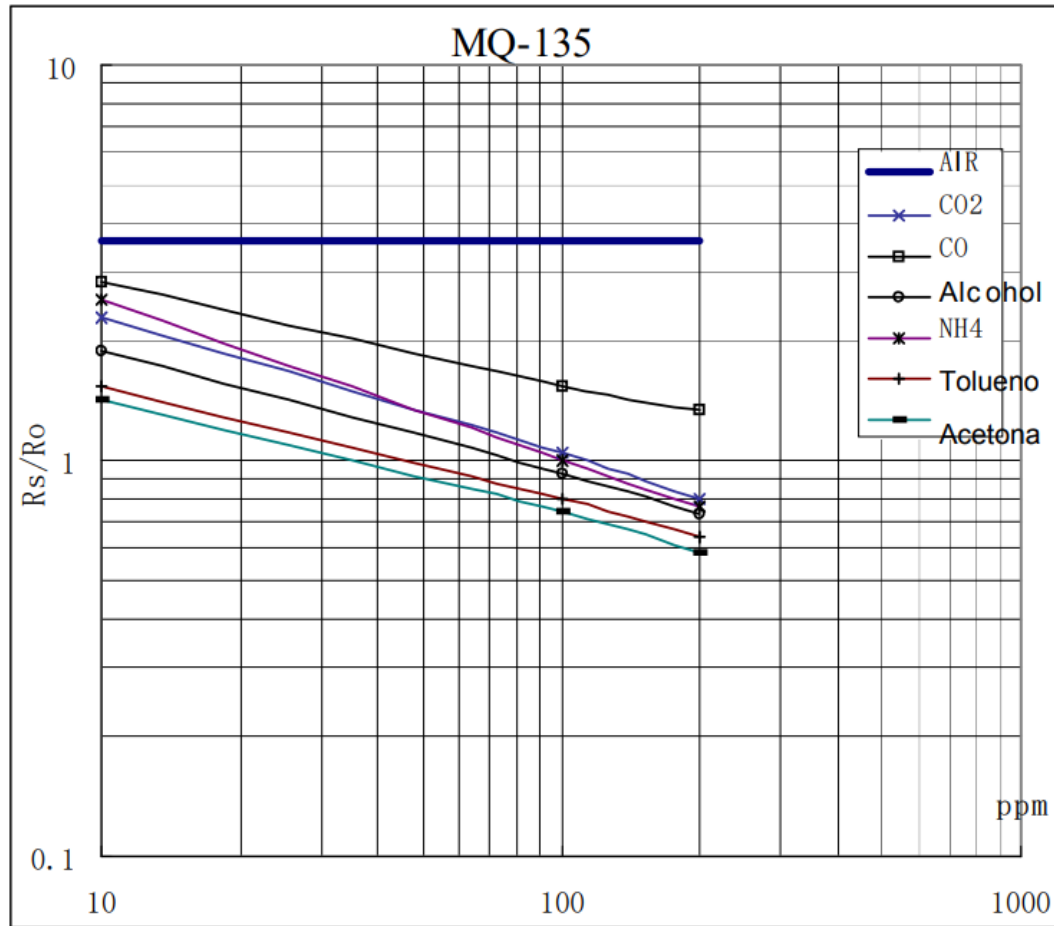
*Nota:* Diagrama realizado por el autor

### III. Sensor MQ135 (Dióxido de carbono)

Para el sensor MQ135 que determina el Metano según su Datasheet tiene la siguiente curva característica.

**Figura 39**

*Curva característica del Dióxido de carbono – MQ135*



Nota: Obtenido del archivo ubicado en <https://naylorlampmechatronics.com/>

**Tabla 8**

Relación de la ratio y la ppm para el Dióxido de carbono -MQ135

CO2 (Dióxido de carbono)		
Rs/Ro	ppm	
2.3	10	
1.1	100	
0.8	200	

Nota: Diagrama realizado por el autor



## A. Ecuación

Considerando que los valores de  $R_s/R_o$  son  $x$  y los valores de  $ppm$  son  $y$ .

### Datos iniciales:

- $X = R_s/R_o$ : 2.3, 1.1, 0.8
- $Y = ppm$ : 10, 100, 200

La relación sigue siendo  $y = a * x^b$ , y usaremos mínimos cuadrados paso a paso.

### a) Linealización de la ecuación

Partimos de:

$$y = a * x^b$$

Tomamos logaritmos en ambos lados:

$$\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(x)$$

Esto transforma el problema en un ajuste lineal:

$$Y = B + m * X$$

Donde:

$$Y = \ln(y), X = \ln(x), B = \ln(a), m = b$$

### b) Cálculos

Calculamos los logaritmos naturales de  $X$  y  $Y$ :

**Tabla 9**

*Cálculos logarítmicos naturales de X y Y para el MQ135 – CO2*

<b>x(Rs/Ro)</b>	<b>y(ppm)</b>	<b>ln(x)</b>	<b>ln(y)</b>
2.3	10	0.83	2.30
1.1	100	0.10	4.61
0.8	200	-0.22	5.30

*Nota:* Realizado por el autor

**c) Aplicar las fórmulas de mínimos cuadrados**

Para el ajuste lineal  $Y = B + m \cdot X$ , necesitamos calcular las siguientes sumas:

**Tabla 10:**

*Cálculos de sumas de X y Y para el MQ135 – CO2*

<b>ln(x)</b>	<b>ln(y)</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>X*Y</b>
0.83	2.30	0.69	1.91
0.10	4.61	0.01	0.46
-0.22	5.30	0.05	-1.17
Sumas:		Totales:	
-0.71	12.21	0.75	1.20

*Nota:* Realizado por el autor

**d) Calculo m y B**

Las fórmulas para m (pendiente) y B (intercepto) son:

$$m = \frac{N * \sum(X * Y) - \sum(X) * \sum(Y)}{N * \sum(X^2) - (\sum(X))^2}$$



$$B = \frac{\sum(Y) - m * \sum(X)}{N}$$

Donde N = 5 (número de ítems)

Cálculo de m:

$$m = \frac{3 * (1.20) - (0.71) * (12.21)}{3 * (0.75) - (-0.71)^2} = -\frac{5.07}{1.75} = -2.887$$

Cálculo de B:

$$B = \frac{12.21 - (-2.90 * (-0.71))}{3} = -\frac{14.27}{3} = 4.76$$

e) Interpretación de los resultados

Sabemos que:

$$B = \ln(a), m = b$$

Por lo tanto:

$$\ln(a) = 4.76 \Rightarrow a = e^{4.76} = 115.26$$

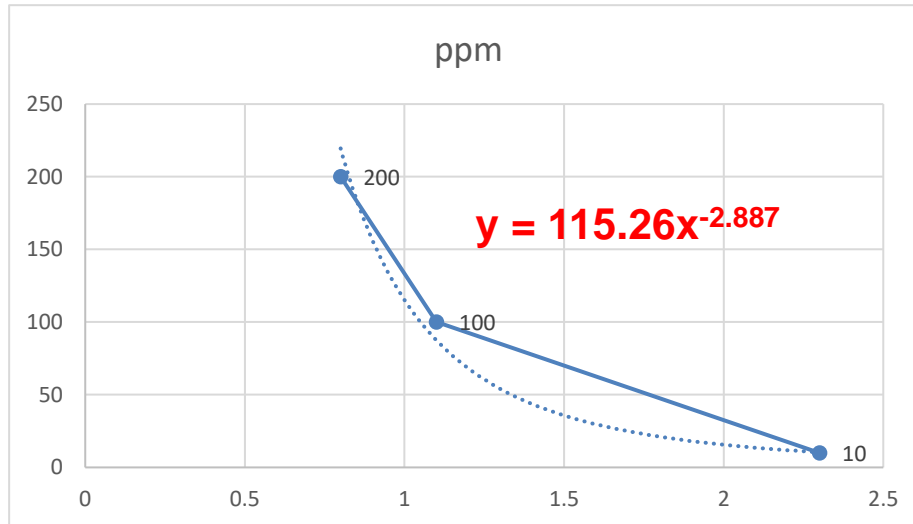
$$b = -2.887$$

La ecuación será:

$$y = 115.26 * x^{-2.887}$$

Figura 40

Ecuación exponencial del Monóxido de carbono – MQ135



Nota: Diagrama realizado por el autor

#### 4.1.5.3. Programa de los sensores MQ

Figura 41

Programa de inicialización de los sensores MQ

```
// Pines de conexión de los sensores
#define MQ7_PIN 34 // Entrada analógica para MQ-7 (CO)
#define MQ4_PIN 35 // Entrada analógica para MQ-4 (CH4)
#define MQ135_PIN 32 // Entrada analógica para MQ-135 (CO2)

// Valores de voltajes de los sensores MQ
float voltajes[] = { 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 };

// Resistencia de carga para cada sensor
float RL_MQ7 = 10; // kOhm, resistencia de carga para MQ-7
float RL_MQ4 = 10; // kOhm, resistencia de carga para MQ-4
float RL_MQ135 = 10; // kOhm, resistencia de carga para MQ-135

// Valores Ro (calibración en aire limpio)
float Ro_MQ7 = 10; // Valor de referencia para MQ-7
float Ro_MQ4 = 10; // Valor de referencia para MQ-4
float Ro_MQ135 = 10; // Valor de referencia para MQ-135

// Calibración de cada sensor
Serial.println("Calibrando sensores...");
Ro_MQ7 = calibrateSensor(MQ7_PIN, RL_MQ7);
Ro_MQ4 = calibrateSensor(MQ4_PIN, RL_MQ4);
Ro_MQ135 = calibrateSensor(MQ135_PIN, RL_MQ135);
```

Nota: Elaborado por el autor de la tesis

## 4.1.5.4. Diagrama de bloque de la inicialización de los sensores

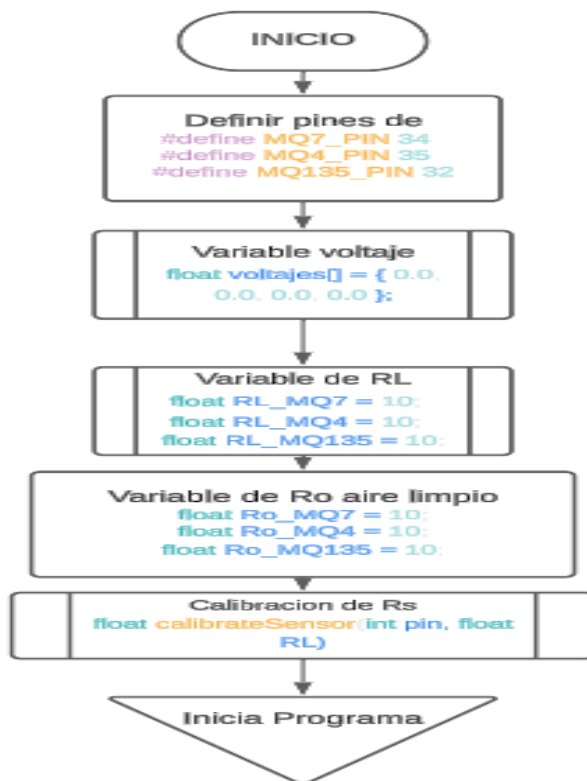
### MQ

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Definir los pines para cada sensor
  - a. MQ7\_PIN 34
  - b. MQ4\_PIN 35
  - c. MQ135\_PIN 32
2. Definir variable de voltajes voltajes[]
3. Definimos la resistencia de carga de cada modulo
4. Valores de calibración de aire limpio
5. Calibración de Rs para cada sensor
  - a. Función para la calibración: `calibrateSensor()`

Figura 42

Diagrama de bloques de los sensores MQ



Nota: Elaborado por el autor de la tesis

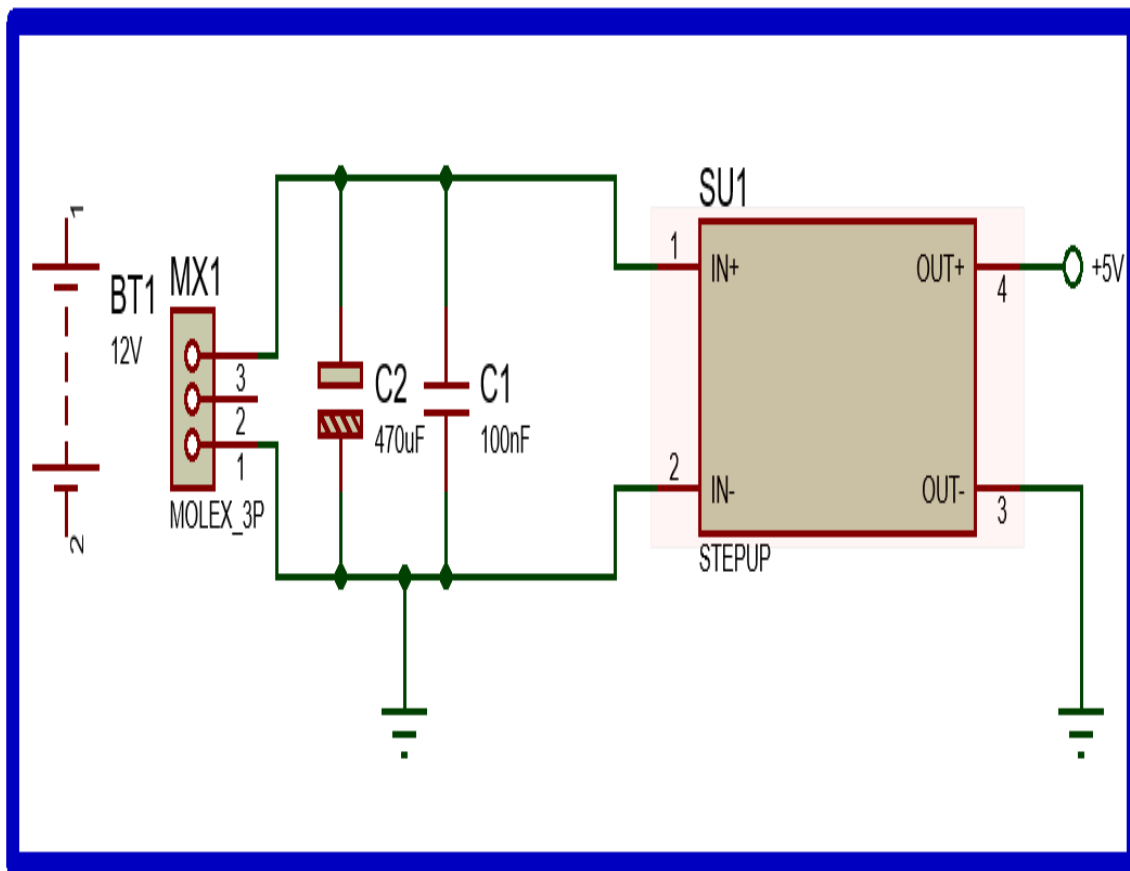
### 4.1.6. Etapa de suministro de energía y elevación de voltaje (StepUp)

Para suministrar de energía tanto Esp32, a los tres sensores MQ, al módulo RTC, al módulo DHT y pantalla TFT de 4" es necesario un UPS con salida a 5V con dos baterías 18650 de 2600 mAh, luego para estabilizar el voltaje se utilizó un módulo StepUp a 3ª el modulo XL6009.

#### 4.1.6.1. Diagrama electrónico del circuito de suministro de energía y elevación de voltaje (StepUp)

**Figura 43**

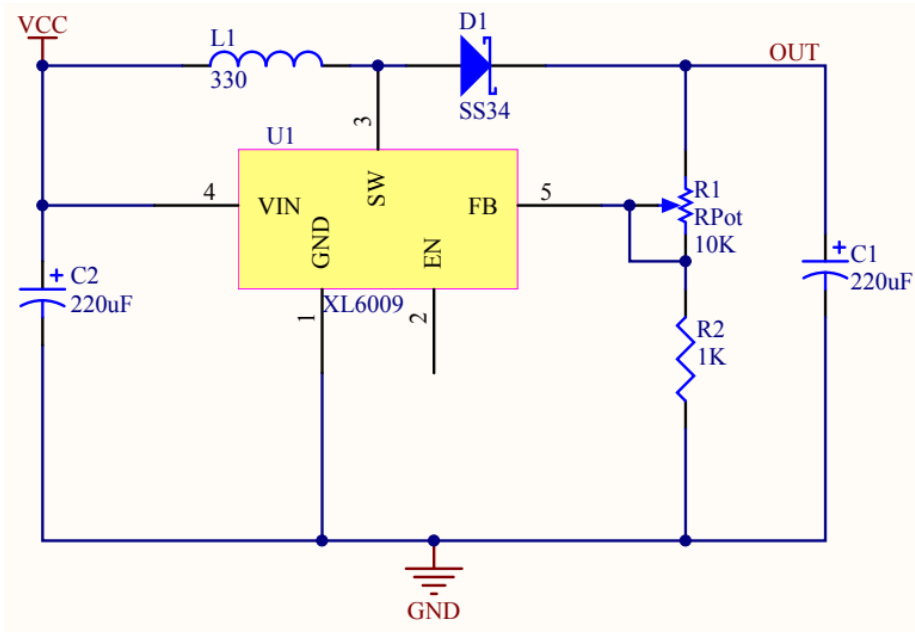
*Diagrama Electrónico del circuito de suministro de energía y elevación de voltaje*



*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

**Figura 44**

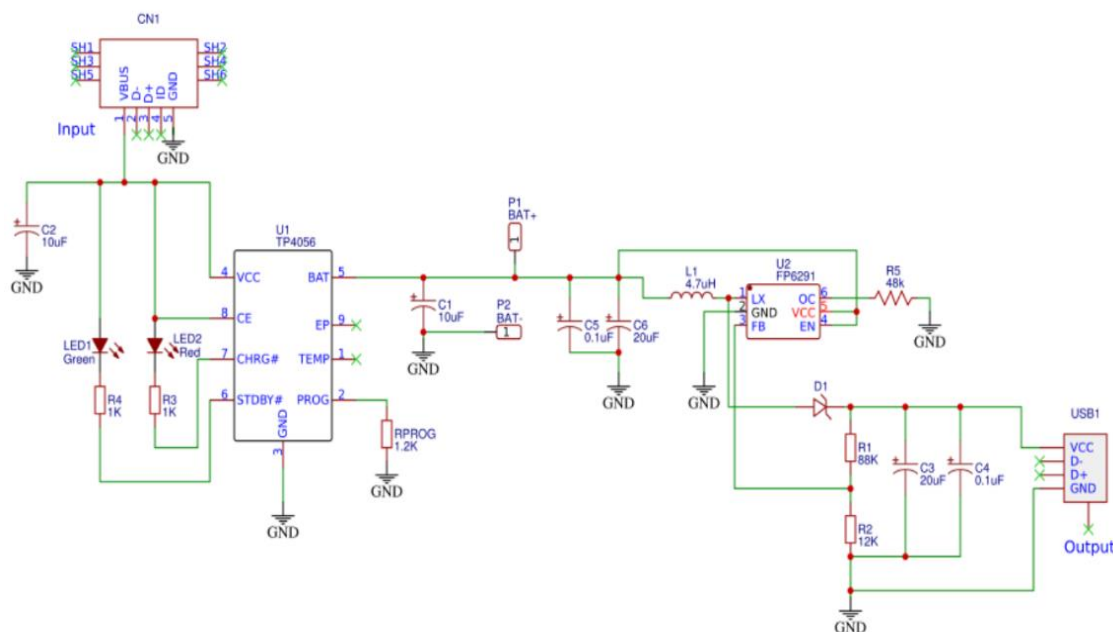
*Circuito electrónico del módulo StepUp X6009*



Nota: Extraído de los archivos de la página <https://naylampmechatronics.com/>

**Figura 45**

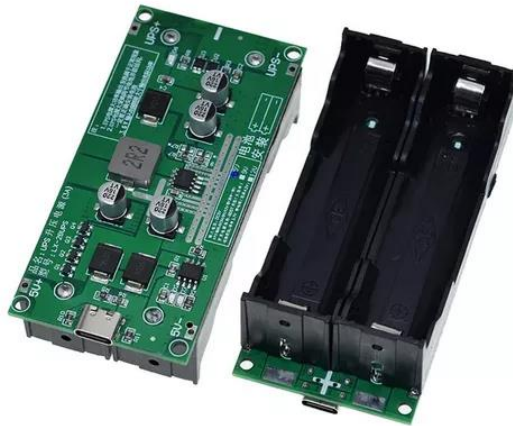
*Diagrama Electrónico del circuito de carga de Batería de 3.7v*



Nota: Extraído de la página de <https://hackaday.io/>

**Figura 46**

*Implementación del circuito de carga de Batería de 3.7v*



Nota: Extraído de la página de <https://hackaday.io/>

## 4.2. Diseminación de los hallazgos

### 4.2.1. Implementación estación meteorológica portátil autónomo para la medición de parámetros medioambientales

**Figura 47**

*Modulo estación meteorológica portátil autónomo*



Nota: Fotografía realizada por el autor de la tesis

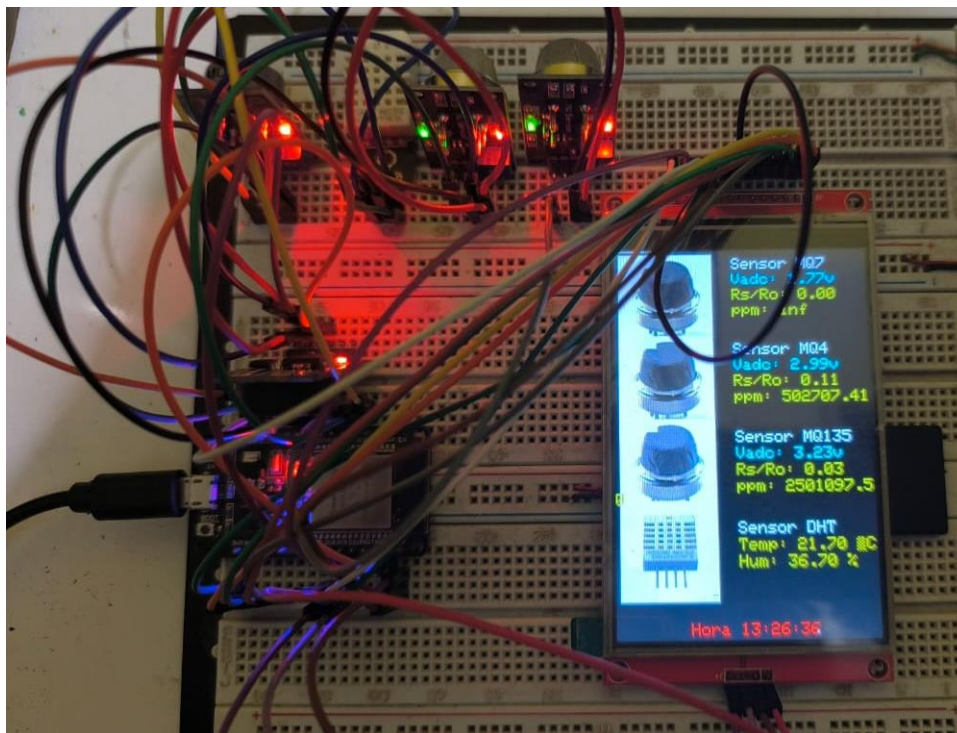
#### 4.2.1.1. Primer Prototipo

Para el primer prototipo, se utilizó un sistema de prototipado (Protoboard) además del uso de cables Dupon para el Inter conexasiónado y verificar su correcto funcionamiento además del uso de los siguientes componentes:

1. Esp32 Devkit v1.0
2. Sensor MQ7
3. Sensor MQ4
4. Sensor MQ135
5. RTC DS3231
6. DHT22
7. StepUp XL6009

**Figura 48**

*Primer prototipo de la estación meteorológica portátil autónoma*



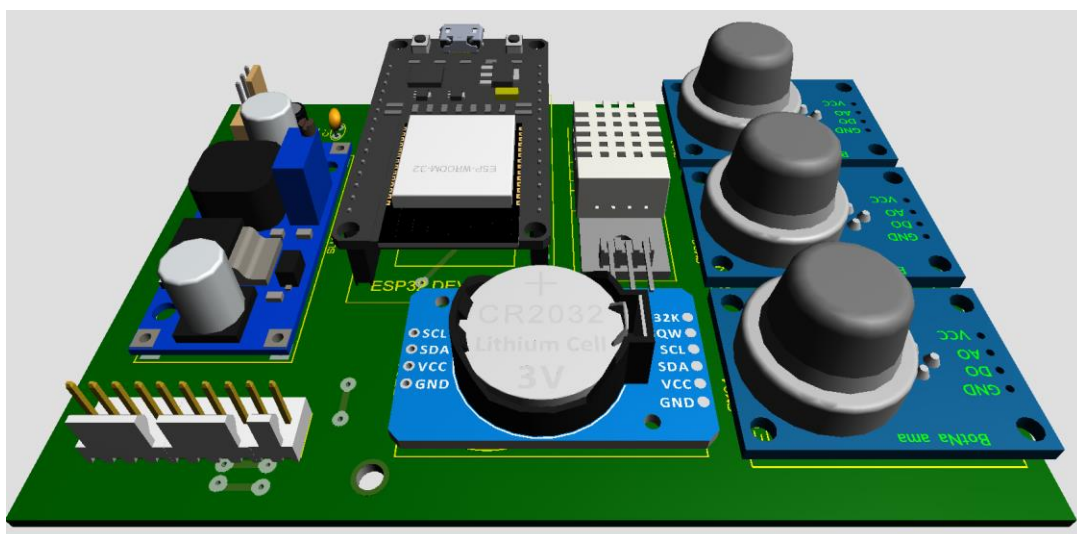
#### 4.2.1.2. Segundo Prototipo

Para el primer prototipo, se redujo el tamaño del dispositivo utilizando módulos de fácil adquisición, y se desarrolló un circuito en baquelita empleando el software Proteus. Además, se verificó que los componentes no presentaran dificultades tanto en el suministro de energía eléctrica como en el censado de los sensores MQ debido a su alto consumo de energía. Para ello, se utilizaron los siguientes elementos:

1. Esp32 Devkit v1.0
2. Sensor MQ7
3. Sensor MQ4
4. Sensor MQ135
5. RTC DS3231
6. DHT22
7. StepUp XL6009
8. Pantalla TFT 4"

**Figura 49**

*Segundo prototipo de la estación meteorológica portátil autónoma*



*Nota: Fotografía realizada por el autor de la tesis*

#### 4.2.1.3. Tercer prototipo

Para el primer prototipo, se redujo el tamaño del dispositivo utilizando módulos de fácil adquisición, y se desarrolló un circuito en baquelita empleando el software Proteus. Además, se verificó que los componentes no presentaran dificultades tanto en el suministro de energía eléctrica como en el censado de los sensores MQ debido a su alto consumo de energía, adicionalmente se diseñó un case protector que alberga todos los componentes electrónicos y su UPS a 5v para el suministro de energía. Para ello, se utilizaron los siguientes elementos:

1. Esp32 Devkit v1.0
2. Sensor MQ7
3. Sensor MQ4
4. Sensor MQ135
5. RTC DS3231
6. DHT22
7. StepUp XL6009
8. Pantalla TFT 4"
9. UPS 5v a 2600 mAh

#### Figura 50

*Tercer prototipo de la estación meteorológica portátil autónoma*



*Nota: Fotografía realizada por el autor de la tesis*

**Figura 51**

*Tercer prototipo de la estación meteorológica portátil autónomo*



*Nota:* Fotografía realizada por el autor de la tesis

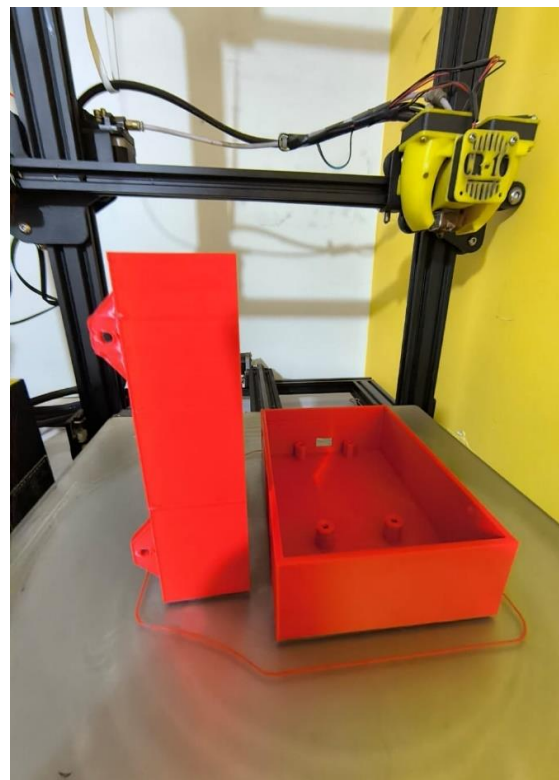
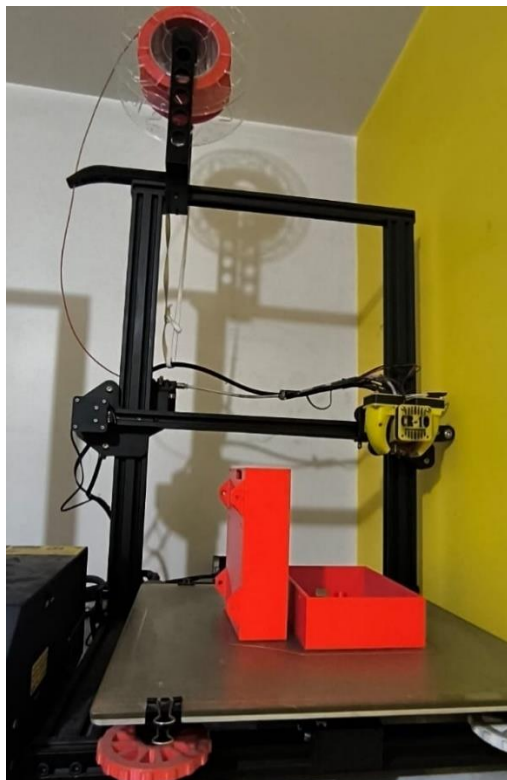
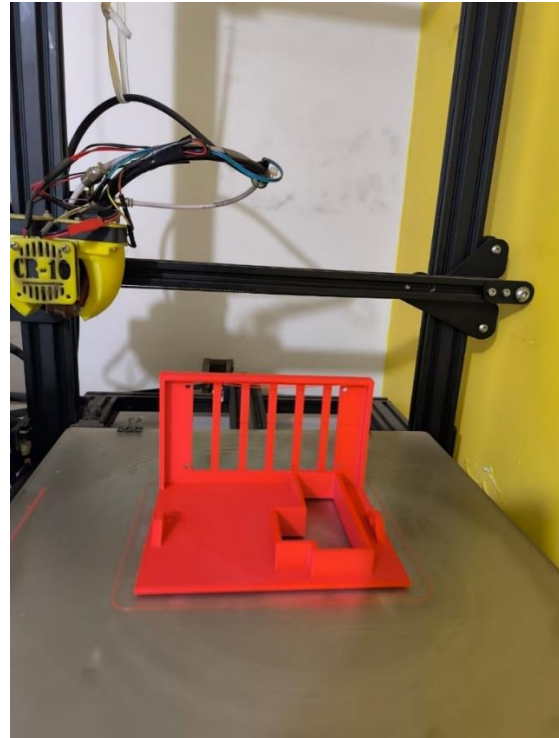
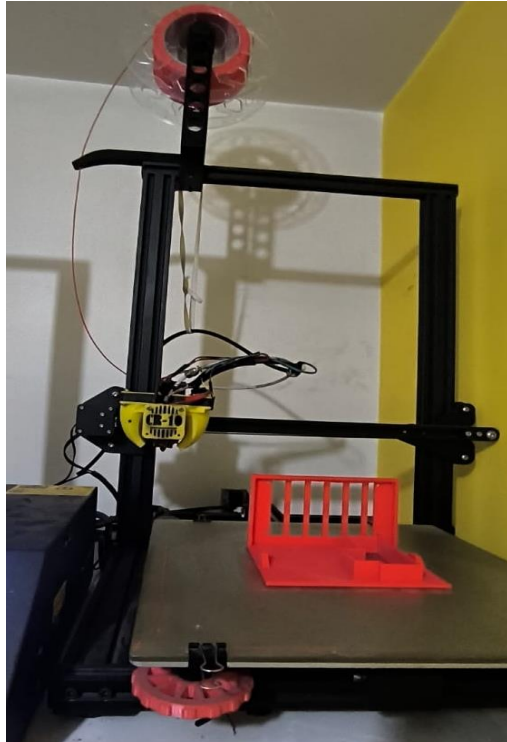
#### **4.2.1.4. Mecanización del Case de la estación meteorológica portátil autónomo**

Para tener una cobertura sólida y una mejor presentación de los dispositivos se optó por realizar un case, el cual fue diseñado mediante un software de modelado 3D y su posterior fabricación mediante Impresión 3D (Creality CR 10), para lo cual se requirió:

1. Filamento negro PLA de 1.75 mm color rojo
2. Pernos M3
3. Creality CR 10

**Figura 52**

*Case del receptor fabricado por Impresión 3D – Creality CR1*

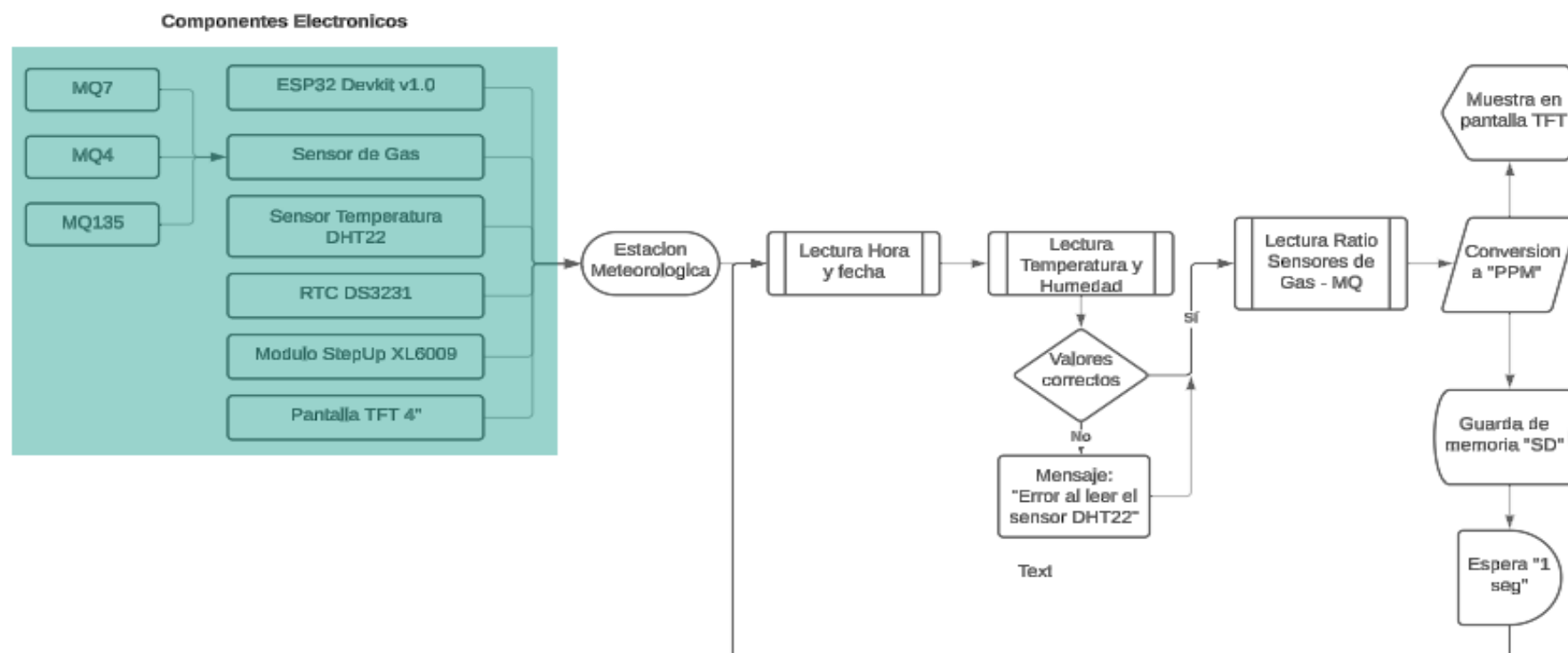


*Nota: Fotografía realizada por el autor de la tesis*

#### 4.2.2. Diagrama de bloques del funcionamiento de la estación meteorológica portátil autónomo

Figura 53

Diagrama del funcionamiento de la estación meteorológica portátil autónomo



Nota: Elaborado por el autor de la tesis

#### 4.2.3. Programa de la estación meteorológica portátil autónomo

Figura 54

Programa principal de la estación meteorológica portátil autónomo

```
void loop() {  
    // Obtenemos la hora actual desde el RTC  
    DateTime now = rtc.now();  
  
    // Mostrar la hora actual en el monitor serial  
    Serial.print("Hora actual: ");  
    Serial.print(now.hour());  
    Serial.print(':');  
    Serial.print(now.minute());  
    Serial.print(':');  
    Serial.println(now.second());  
  
    // Leer temperatura y humedad del DHT22  
    float temperature = dht.readTemperature(); // Leer temperatura  
    float humidity = dht.readHumidity(); // Leer humedad  
  
    // Validar si las lecturas son válidas  
    if (isnan(temperature) || isnan(humidity)) {  
        Serial.println("Error al leer el sensor DHT22.");  
    } else {  
        // Mostrar los valores de temperatura y humedad  
        Serial.print("Temperatura: ");  
        Serial.print(temperature);  
        Serial.println(" °C");  
  
        Serial.print("Humedad: ");  
        Serial.print(humidity);  
        Serial.println(" %");  
    }  
  
    // Lectura de cada sensor  
    float ratio_MQ7 = readMQ(MQ7_PIN, RL_MQ7, Ro_MQ7);  
    float ratio_MQ4 = readMQ(MQ4_PIN, RL_MQ4, Ro_MQ4);  
    float ratio_MQ135 = readMQ(MQ135_PIN, RL_MQ135, Ro_MQ135);  
  
    // Transformación a PPM  
    float ppm_MQ7 = 103.16 * pow(ratio_MQ7, -1.498);  
    float ppm_MQ4 = 1040.6 * pow(ratio_MQ4, -2.837);  
    float ppm_MQ135 = 115.26 * pow(ratio_MQ135, -2.887);  
}
```



```
tft.print("Vadc: " + (String)voltajes[2] + "v");
tft.setTextColor(TFT_YELLOW);
tft.setCursor(150, 270);
tft.print("Rs/Ro: " + (String)ratio_MQ135);
tft.setCursor(150, 290);
tft.print("ppm: " + (String)ppm_MQ135);
// Sensor DHT - Temperatura y Humedad
tft.setCursor(150, 360);
tft.print("Temp: " + (String)temperature + " °C");
tft.setCursor(150, 380);
tft.print("Hum: " + (String)humidity + " %");
// RTC - Hora
tft.setTextColor(TFT_RED);
tft.setCursor(90, 460);
tft.print("Hora " + (String)now.hour() + ":" + (String)now.minute() + ":" +

//Guardado de datos de sensores y hora
myFile = SD.open("/test.txt", "a");
if (!myFile) {
  Serial.println("SD Card: writing file failed.");
} else {
  myFile.println( "Hora " + (String)now.hour() + ":" + (String)now.minute()
    " Vadc-mq7: " + (String)voltajes[0] + "v" +
    " Rs/Ro-mq7: " + (String)ratio_MQ7 +
    " ppm-mq7: " + (String)ppm_MQ7 +

    " Vadc-mq4: " + (String)voltajes[1] + "v" +
    " Rs/Ro-mq4: " + (String)ratio_MQ4 +
    " ppm-mq4: " + (String)ppm_MQ4 +

    " Vadc-mq135: " + (String)voltajes[2] + "v" +
    " Rs/Ro-mq135: " + (String)ratio_MQ135 +
    " ppm-mq135: " + (String)ppm_MQ135 +

    " Temp: " + (String)temperature + " °C" +
    " Hum: " + (String)humidity + " %"

  );
  myFile.close();
}

delay(1000); // Pausar 1 segundo entre lecturas
```

*Nota:* Elaborado por el autor de la tesis

#### 4.2.5. Análisis y comparación de las mediciones

Tabla 11

Análisis y comparación de las mediciones

VALIDACION DE LOS PARAMETROS MEDIDOS				
DISPOSITIVOS ELECTRONICOS	CONECTIVIDAD	DURABILIDAD	PRECISIÓN	POTENCIA DE ENTREGA
TTGO T-CALL	95%			
Bateria 18650		8 HR		

Nota: Elaborado por el autor de la tesis

#### 1. Monóxido de Carbono (CO):

- **Valor medido:** 54.46 ppm.
- **Estándares de calidad del aire:**
  - **OMS:** < 100 ppm.
  - **Perú:** < 100 ppm.
  - **Europa:** < 90 ppm.
  - **EEUU:** < 90 ppm.
- **Comparación:** El valor registrado para el monóxido de carbono (54.46 ppm) se encuentra dentro de los límites establecidos por los estándares de la OMS y Perú (<100 ppm), pero también está dentro de los valores más restrictivos de Europa y Estados Unidos (<90 ppm). Esto indica que la concentración de CO está en niveles



aceptables y no representa un riesgo significativo para la salud según las normativas comparadas.

## 2. Metano ( $\text{CH}_4$ ):

- **Valor medido:** 432.25 ppm.
- **Estándares de calidad del aire:**
  - **OMS:** < 50,000 ppm.
  - **Perú:** < 50,000 ppm.
  - **Europa:** < 40,000 ppm.
  - **EEUU:** < 40,000 ppm.
- **Comparación:** La concentración medida de metano (432.25 ppm) es extremadamente baja en comparación con los límites permisibles en todos los estándares (40,000–50,000 ppm). Esto demuestra que los niveles de  $\text{CH}_4$  en el ambiente monitoreado están lejos de representar un peligro, y por ende, la calidad del aire en este caso es excelente respecto a este gas.

## 3. Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ):

- **Valor medido:** 76.73 ppm.
- **Estándares de calidad del aire:**
  - **OMS:** < 1,000 ppm.
  - **Perú:** < 1,000 ppm.



- **Europa:** < 500 ppm.
- **EEUU:** < 500 ppm.
- **Comparación:** El valor registrado para el dióxido de carbono (76.73 ppm) se encuentra muy por debajo de los límites establecidos por la OMS y Perú (<1,000 ppm), así como de los más estrictos de Europa y Estados Unidos (<500 ppm). Esto indica una baja concentración de CO<sub>2</sub>, correspondiente a una calidad de aire altamente favorable respecto a este gas.

#### 4. Consideraciones Generales

En términos generales, las mediciones de CO, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> realizadas con la estación meteorológica portátil muestran niveles significativamente inferiores a los límites establecidos por los estándares internacionales y nacionales. Esto sugiere que el aire monitoreado tiene una calidad aceptable y está lejos de condiciones peligrosas o contaminantes.

#### 5. Comparación con Otros Instrumentos de Medición de Gases

Para evaluar la precisión y el alcance de las mediciones, es útil comparar estos resultados con los datos obtenidos de otros equipos utilizados comúnmente en la medición de gases ambientales, tales como:

##### 1. Medidores Portátiles Profesionales (Ej.: Dräger X-am 5600):

- Este dispositivo mide gases como CO, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> con alta precisión y menor susceptibilidad a interferencias ambientales.
- **Precisión:** Muy alta en comparación con sensores de bajo costo.



- **Comparación:** Los valores registrados en la tabla (especialmente para CO y CO<sub>2</sub>) son consistentes con las mediciones típicas reportadas por dispositivos como el Dräger, en ambientes controlados y libres de contaminación.

## 2. Estaciones de Monitoreo Fijas (Ej.: HORIBA AP-370 Series):

- Estas estaciones miden gases en tiempo real con sensores de calidad científica.
- **Precisión:** Máxima, con resultados validados por estándares internacionales.
- **Comparación:** Los valores reportados en la tabla serían considerados normales por estos equipos en entornos urbanos con baja contaminación.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA** : Se elaboró la estación meteorológica portátil autónoma la cual permite realizar mediciones de parámetros medioambientales como, Monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, temperatura y humedad, lo cual realiza un muestro cada segundo y guarda la información mediante una micro SD, también su autonomía es de 14 horas mediante un UPS.
- SEGUNDO** : Los componentes electrónicos escogidos fueron un ESP32, sensores de gas (MQ7, MQ4 y MQ135), sensor de temperatura y humedad DHT22, modulo de reloj DS323, pantalla TFT de 4", modulo StepUP XL6009 y un UPS a 5V con baterías 18650 a 2600 mAh.
- TERCER** : Para el diseño de la estación meteorológica portátil autonómico se realizó mediante la utilización de los dispositivos electrónicos y el diseño y fabricación de un case diseñado en el software SolidWorks e impresión mediante impresión 3D por una Creality CR10, la cual es de pequeñas dimensiones la cual la vuelve portátil y con el UPS incorporado lo vuelve autónoma.
- CUARTA** : Para la caracterización de los valores de los sensores medioambientales fue necesario indagar en los Datasheets de los sensores de gas MQ, para poder determinar una ecuación equivalente para cada sensor lo cual fue realizado con la ayuda



de Microsoft Excel, además de una función dentro del código para determinar condiciones ideales sin la presencia de gases.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA** : Realizar pruebas de campo y monitoreo en diferentes ambientes: Para asegurar que la estación meteorológica funcione de manera confiable en distintos entornos, es recomendable hacer pruebas en condiciones variadas (altitud, humedad, temperatura) y ajustar el diseño o el software en función de estos resultados. Asimismo, realizar evaluaciones periódicas para verificar que la autonomía, precisión y durabilidad cumplan con los requerimientos en distintos entornos, optimizando así la eficacia de la estación para futuras aplicaciones en investigación o monitoreo ambiental.
- SEGUNDO** : Considerar sensores alternativos y métodos de calibración: Para futuras versiones de la estación, podrías considerar sensores adicionales o alternativos que proporcionen mayor precisión o consuman menos energía. Además, es recomendable implementar un sistema de calibración automática para mantener la exactitud de las mediciones a lo largo del tiempo. Incorporar métodos de autodiagnóstico: Esto ayudaría a asegurar la integridad de los datos y la funcionalidad del sistema, indicando cuándo un sensor o componente podría requerir mantenimiento o reemplazo.
- TERCERO** : Optimizar el diseño de la carcasa para condiciones ambientales: Es aconsejable mejorar la protección del case



para hacer la estación resistente a condiciones climáticas adversas como la lluvia y la exposición prolongada al sol, mediante materiales o recubrimientos adicionales. Un sistema de ventilación pasiva o activa también sería ideal para disipar el calor interno y mantener la precisión de los sensores. Evaluar el sistema de energía y autonomía: Aumentar la capacidad de la batería o considerar una opción solar podría mejorar la autonomía de la estación, especialmente para despliegues prolongados o en zonas sin acceso fácil para recargar.

#### **CUARTO**

: Realizar calibraciones periódicas en condiciones controladas: Como los sensores MQ pueden ser sensibles a cambios ambientales y desgaste, se recomienda realizar calibraciones regulares en un entorno controlado, especialmente antes de misiones de campo críticas. Esto garantizará que los valores reportados mantengan una precisión confiable. Desarrollar un algoritmo de compensación ambiental: Considerando que factores como temperatura y humedad pueden influir en las lecturas de los sensores de gases, podría implementarse un algoritmo para compensar estos efectos, aumentando la precisión de las mediciones.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Valencia, S., & Peñaranda, F. (Setiembre de 2015). La investigación eticamente reflexionada. *Scielo*, 33(3).
- Balladares, C., & Lopez, D. (2021). *Diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica agrícola autosustentable para el monitoreo de parámetros ambientales en cultivos de Cacao mediante raspberry pi*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Cancapa, R. (2018). *Contaminación ambiental en la ciudad de Juliaca*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez. Recuperado el 29 de 10 de 2023, de <https://www.monografias.com/trabajos106/contaminacion-ambiental-ciudad-juliaca/contaminacion-ambiental-ciudad-juliaca>
- Cartolin, D. (2018). *Diseño de un sistema de control distribuido con control PID difuso para control de nivel de aguas para una planta de distribución de servicios de agua potable*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Castro, E., & Tristan, A. (2018). *Sistema Scada con georreferenciación para la determinación de disponibilidad hídrica en reservorios de agua en el valle de pampas*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (S.E.). *Metodología de la Investigación*. MEXICO D.F.: MC GRAW HILL EDUCATION.
- Gallardo Echenique, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación*. Huancayo: Universidad Continental.



- Hernandez Sampieri, R., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6TA ed.). (M. A. Toledo Castellanos, Ed.) C. D. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Hernandez, J. (2006). *Automatización y control a distancia de los reservorios San Diego*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Jacome, G. (2018). *Indices de extremos climaticos de lluvia y temperatura en la cuenca del mantaro - Peru utilizando el modelo WRF*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Jacome, L. (2015). *Automatizacion del bombeo de agua a traves del control de nivel de la cisterna de la estacion Miraflores EP-EMAPA*. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato. Recuperado el 7 de 11 de 2023, de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19179/1/Tesis\\_t1075id.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19179/1/Tesis_t1075id.pdf)
- Lopez, M. (2022). *Diseño e implementacion de un prototipo de estacion metereologica portatil para el monitoreo de variables ambientales en el rancho de San Gabriel utilizando tecnologia RFID*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Lossio, M. (2012). *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones*. Piura: Universidad de Piura.
- Lujan, J. (2021). *Desarrollo y validacion de prototipo de estacion metereologica de bajo costo para el registro de mediciones metereologicas en zonas de alta montaña*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.



Maker Store. (30 de 10 de 2023). *Maker Store*. Obtenido de Maker Store:  
<https://maker-store.es/>

Medina, C., & Ramirez, W. (2019). *Diseño y construcción de estación meteorológica ubicada en la verdadera El Callejón Rincaurte - Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Monje, A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Colombia: Universidad Sur colombiana.

NayLamp. (30 de 10 de 2023). *NayLamp*. Obtenido de NayLamp:  
<https://naylampmechatronics.com/>

Negrete, J. (2019). *Diseño de un sistema Scada con radioenlaces para mejorar la distribución de agua potable en la ciudad de Chiclayo por parte de la empresa Epsel s.a*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Luiz Gallo.

Osorio, J. (2018). *Automatización del sistema de distribución de agua potable del esquema san pedro de Carabayllo - distrito de Carabayllo*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.

Pahuara, F. (2020). *Diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú. Recuperado el 6 de 11 de 2023, de <file:///G:/PENDIENTES/TESIS%20-%20LUIS/ESTADO%20DEL%20ARTE/Dise%C3%B1o%20e%20Implementaci%C3%B3n%20de%20Sistema%20Automatizado%20en%20Cuarto%20de%20Bombas%20para%20el%20Suministro%20de%20Agua%20Potable%20en%20Edificio%20Torres%20Paz.pdf>



- Paredes, K. (2021). *Sistema de control y monitoreo para la distribución del agua potable en la ciudad de Lambayeque*. Chiclayo: Universidad católica santo toribio de Mogrovejo.
- Peralta, M. (2023). *Simulación de una bomba de concreto para el acondicionamiento a una mezcladora tipo tolva de 9 pies cúbicos, en la ciudad de Juliaca*. Universidad Cesar Vallejo. Recuperado el 24 de Agosto de 2023, de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115585>
- Ponce, Y. (2017). *Análisis de la satisfacción del servicio de agua potable y desagüe y sus determinantes en la ciudad de Juliaca - 2017*. Juliaca: Universidad Nacional del Altiplano.
- Rios, G., & Carranza, Y. (2018). *En los hogares usualmente hay fugas que no son detectadas y el agua se desperdicia de manera constante. Este problema; en los hogares que cuentan con un sistema de tanques y bombas, es mayor pues ocasiona que la bomba de agua se active más veces de lo nec.* Lambayeque: Universidad Nacional Pedri Ruiz Gallo. Recuperado el 1 de 11 de 2023, de <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2135/BC-TES-TMP-1005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SDielect. (30 de 10 de 2023). *SDielect*. Obtenido de SDielect: <https://ssdielect.com/>
- Seda Juliaca. (6 de 11 de 2023). *Seda Juliaca*. Obtenido de Seda Juliaca: <https://sedajuliaca.com/>



- Solano, G. (2021). *Diseño e implementación de una estación meteorológica con acceso a internet para lugares remotos*. Lima: Universidad de Ingeniería y Tecnología.
- Torres, J., & Chanoluisa, S. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de control en una planta de llenado de tanques a escala usando un transmisor de nivel y algoritmo PID para pruebas en el laboratorio de automatización industrial*. GUAYAQUIL.
- Zegarra, C. (2019). *Modelos de operación de reservorios de almacenamiento de agua potable del distrito puente piedra, provincia de lima en el 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.



# ANEXOS



ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES

PROBLEMAS	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	VARIABLES	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b> 1.- ¿De qué manera elaborar la estación meteorológica portátil autónoma para la medición de parámetros medioambientales?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> A- ¿Cuáles son los dispositivos electrónicos para la estación meteorológica portátil autónomo?  B.- ¿Cuáles el diseño para la estación meteorológica portátil autónomo?  C.- ¿De qué manera caracterizar los valores de los sensores medioambientales ?</p>	<p><b>Objetivos General</b> Elaborar la estación meteorológica portátil autónoma para la medición de parámetros medioambientales.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> A.- Determinar los dispositivos electrónicos para la estación meteorológica portátil autónomo.  B.- Diseñar estación meteorológica portátil autónomo.  C.- Caracterizar los valores de los sensores medioambientales.</p>	<p>El desarrollo de una estación meteorológica portátil autónoma se justifica técnicamente por la necesidad de disponer de sistemas de monitoreo climático eficientes y precisos, capaces de operar en diversas condiciones ambientales sin necesidad de infraestructura fija. La integración de tecnologías avanzadas, como sensores de alta precisión, módulos de bajo consumo energético y sistemas de comunicación inalámbrica, permite la recopilación y transmisión de datos en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta ante fenómenos meteorológicos adversos.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Parámetros medioambientales</p> <p><b>Variable Dependiente</b> Estación meteorológica portátil autónoma</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Si se desarrolla una estación meteorológica portátil y autónoma utilizando tecnología de bajo consumo y componentes modulares, entonces se podrá medir con precisión y en tiempo real los parámetros medioambientales en diversas ubicaciones, sin depender de infraestructura fija.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> A.- Si se seleccionan adecuadamente los dispositivos electrónicos en función de sus características de precisión, durabilidad y bajo consumo energético, entonces se garantizará la fiabilidad y autonomía de la estación meteorológica portátil en la medición de parámetros medioambientales.  B.- Si se diseña una estación meteorológica portátil con un enfoque en la eficiencia energética, portabilidad y facilidad de uso, entonces se facilitará su implementación en diferentes entornos, permitiendo un monitoreo medioambiental efectivo y continuo.  C.- Si se caracteriza correctamente los valores de los sensores medioambientales integrados en la estación, entonces se podrá obtener datos precisos y confiables que reflejen fielmente las condiciones climáticas locales en las zonas de despliegue.</p>	<p><b>TIPO:</b> ➤ Tecnológico</p> <p><b>ENFOQUE:</b> ➤ Aplicativo</p> <p><b>NIVEL:</b> ➤ Cuantitativo</p> <p><b>DISEÑO:</b> ➤ Experimental</p>



## ANEXO 2:

### INSTRUMENTOS / DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

1. ESP32 DEV KIT v1.0



# ESP32 Series

## Datasheet

2.4 GHz Wi-Fi + Bluetooth® + Bluetooth LE SoC

### Including:

ESP32-D0WD-V3

ESP32-D0WDR2-V3

ESP32-U4WDH

ESP32-S0WD - [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)

ESP32-D0WD - [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)

ESP32-D0WDQ6 - [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)

ESP32-D0WDQ6-V3 - [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)



Version 4.5  
Espressif Systems  
Copyright © 2024





## 2. SENSOR MQ7

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MQ-7

<http://www.hwsensor.com>

# TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR

### FEATURES

- \* High sensitivity to carbon monoxide
- \* Stable and long life

### APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

### SPECIFICATIONS

#### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V ± 0.1	Ac or Dc
VH (H)	Heating voltage (high)	5V ± 0.1	Ac or Dc
VH (L)	Heating voltage (low)	1.4V ± 0.1	Ac or Dc
RL	Load resistance	Can adjust	
RH	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
TH (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
TH (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

#### b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
Tao	Using temperature	-20°C-50°C	
Tas	Storage temperature	-20°C-50°C	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

#### c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
Rs	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
a (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	Rs (300ppm)/Rs(100ppm)
Standard working condition	Temperature	-20°C ± 2°C	relative humidity 65% ± 5% RL:10K Ω ± 5%
	Vc:5V ± 0.1V	VH:5V ± 0.1V	
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

### 3. SENSOR MQ4

HANWEI ELECTRONICS

MQ-4

www.hwsensor.com

## TECHNICAL DATA

## MQ-4 GAS SENSOR

### FEATURES

- \* High sensitivity to CH<sub>4</sub>, Natural gas.
- \* Small sensitivity to alcohol, smoke.
- \* Fast response .      \* Stable and long life      \* Simple drive circuit

### APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of CH<sub>4</sub>, Natural gas. LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

### SPECIFICATIONS

#### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
P <sub>L</sub>	Load resistance	20K Ω	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 750mw	

#### B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10°C -50°C	
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20°C -70°C	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

#### C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH <sub>4</sub> )	Detecting concentration scope: 200-10000ppm CH <sub>4</sub> , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH <sub>4</sub> )	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65% ± 5%	V <sub>c</sub> : 5V ± 0.1 V <sub>H</sub> : 5V ± 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

#### D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO <sub>2</sub>
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

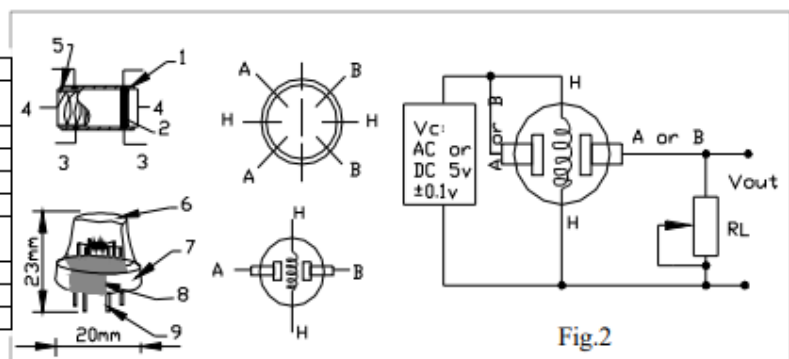


Fig.2

### 4. SENSOR MA135

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD

MQ-135

<http://www.hwsensor.com>

## TECHNICAL DATA

## MQ-135 GAS SENSOR

### FEATURES

Wide detecting scope  
Stable and long life

Fast response and High sensitivity  
Simple drive circuit

### APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH<sub>3</sub>,NO<sub>x</sub>, alcohol, Benzene, smoke,CO<sub>2</sub>,etc.

### SPECIFICATIONS

#### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
R <sub>L</sub>	Load resistance	can adjust	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 800mw	

#### B. Environment condition

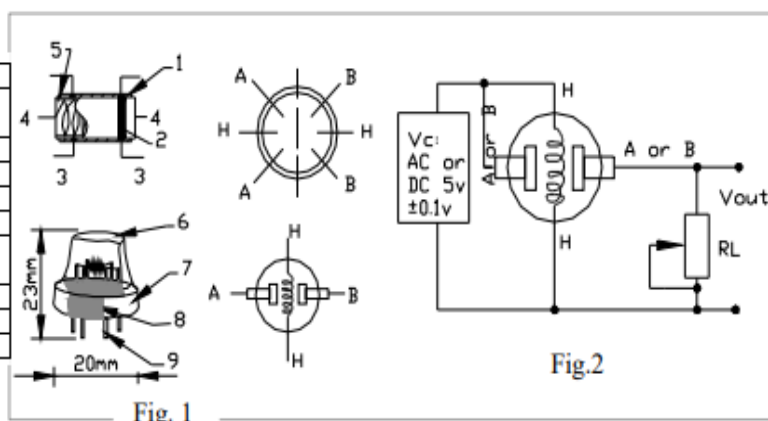
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10°C-45°C	
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20°C-70°C	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

#### C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Ramark 2
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	30K Ω -200K Ω (100ppm NH <sub>3</sub> )	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH <sub>3</sub> 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH <sub>3</sub>	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65%±5%	V <sub>c</sub> :5V±0.1 V <sub>h</sub> : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

#### D. Structure and configuration, basic measuring circuit

	Parts	Materials
1	Gas sensing layer	SnO <sub>2</sub>
2	Electrode	Au
3	Electrode line	Pt
4	Heater coil	Ni-Cr alloy
5	Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6	Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7	Clamp ring	Copper plating Ni
8	Resin base	Bakelite
9	Tube Pin	Copper plating Ni





**ANEXO 3:**  
**VALIDEZ DE INSTRUMENTOS**



	<h2 style="color: red;">Universidad Andina</h2> <h3 style="color: blue;">Néstor Cáceres Velásquez</h3>									
<b>TITULO:</b>	ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES									
<b>AUTOR:</b>	PORFIRIO AGUILAR YUCRA									
<b>VALIDACION DE LOS SENSORES UTILIZADOS</b>										
ITEM	SENSOR	ERROR (V)	SENSIBILIDAD	GAS	CALIFICACION			COMENTARIOS		
					MALO	REGULAR	BUENO			
1	MQ-7	0.10	>100 ppm	CO						
2	MQ-4	0.10	>200 ppm	CH4						
3	MQ-135	0.10	>10 ppm	CO2						
<b>VALIDACION DE LOS DATOS DE CALIBRACION</b>										
GAS	MEDICIONES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO - CONDICIONES SIN CONTAMINACION					NIVELES DE CONCENTRACION (PPM) SEGÚN ESTANDARES				
	VOLTAJE "ADC" (V)	Rs/Ro	ppm	Temperatura "°C"	Humedad "%"	OMS	PERU	EUROPA	EEUU	
Monóxido de Carbono	0.25	1.53	54.46	27.90	39.2	<100	<100	<90	<90	<90
Metano	0.74	1.36	432.25	27.50	39.1	<50000	<50000	<40000	<40000	<40000
Dióxido de Carbono	0.75	1.15	76.73	28.10	39.8	<1000	<1000	<500	<500	<500
	CUMPLIMIENTO DE ESTANDARES			CALIFICACION			COMENTARIOS			
	Monóxido de Carbono	Es menor		MALO	REGULAR	BUENO				
	Metano	Es menor								
	Dióxido de Carbono	Es menor								
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Firma y Sello</b>									
<b>PROFESION:</b>										
<b>REGISTRO No CIP:</b>										
<b>EMAIL:</b>										
<b>No CELULAR:</b>										



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 21/04/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: PORFIRIO AGUILAR YUCRA

Dirección: PUNO/HUANCANE/TARACO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74253007

Teléfono: 929279365 email: porfirioaguilar569@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ELABORACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL AUTÓNOMO PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES

Palabras claves, (3 a 5 términos): Estación meteorológica, portátil, autónoma

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.  
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_  
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo  
 No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES – P19

  
Firma de Autor



huella digital

21 DE ABRIL DEL 2025

Fecha