



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CARBONO EN LOS INVERNADEROS DE TOMATES RIÑÓN EN LA PLANTACIÓN “TOAPANTA OSWALDO” UBICADA EN HUAPANTE GRANDE DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica.

Autores:

Quishpe Tigasi Rene Javier

Ulco Pisuña Angel Paul

Tutor Académico:

Ing. Freire Andrade Verónica Paulina; Ms.C.

LATACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Quishpe Tigasi Rene Javier y Ulco Pisuña Angel Paul, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CARBONO EN LOS INVERNADEROS DE TOMATES RIÑÓN EN LA PLANTACIÓN TOAPANTA OSWALDO UBICADA EN HUAPANTE GRANDE DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, siendo Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade tutor del presente Trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....

Quishpe Tigasi Rene Javier

C.I. 055024552-6

.....

Ulco Pisuña Angel Paul

C.I. 172598336-3



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CARBONO EN LOS INVERNADEROS DE TOMATES RIÑÓN EN LA PLANTACIÓN TOAPANTA OSWALDO UBICADA EN HUAPANTE GRANDE DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, de los postulantes: Quishpe Tigasi Rene Javier y Ulco Pisuña Angel Paul, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo del 2022

Tutora,

.....

Ing. Freire Andrade Verónica Paulina Ms.C.

C.I: 050205622-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Quishpe Tigasi Rene Javier y Ulco Pisuña Angel Paul con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CARBONO EN LOS INVERNADEROS DE TOMATES RIÑÓN EN LA PLANTACIÓN TOAPANTA OSWALDO UBICADA EN HUAPANTE GRANDE DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo del 2022

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Ing. Luis Rolando Cruz Panchi MgC.
CC: 050259517-6

Lector 2
Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr. C.
CC: 175836725-2

Lector 3
Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc
CC: 050234776-8



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Tungurahua, febrero del 2022

CERTIFICADO

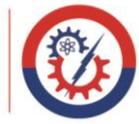
Informamos que los Señores Quishpe Tigasi Rene Javier con C.I. 055024552-6 y Ulco Pisuña Angel Paul con C.I. 172598336-3, hace la entrega de un dispositivo que cuenta con un sistema de medición y cuantificación de emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón. En el invernadero del Señor Toapanta Oswaldo.

Con un lapso de tiempo indefinido.

Atentamente,

.....

Oswaldo Toapanta
C.I. 180254431-6



AGRADECIMIENTO

A mi abuelita Rosa que es pilar fundamental de mi vida que gracias por su amor, dedicación, esfuerzo de enseñarme y la mayor motivación para completar esta etapa de la formación de mi educación, ya que con su ejemplo de humildad, trabajo y sacrificio me ha motivado a seguir firme con mis metas.

A toda mi familia por los valores inculcados, los consejos y la sabiduría que perdurara de ellos hacia mí, que de una u otra manera estuvieron pendientes de mi desarrollo con sus palabras de apoyo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme académicamente con una educación de calidad y excelencia, especialmente a mi tutora de proyecto, la Ingeniera Ms.C Verónica Paulina Freire Andrade por su colaboración y las facilidades que me ha brindado, en especial para el desarrollo de este proyecto.

Rene Quishpe



AGRADECIMIENTO

A mis Padres Miguel y Justa que son pilar fundamental de mi vida que gracias por su amor, sacrificio, esfuerzo, a mis hermanos Edwin y Javier, a mis hermanas Sandra y Marlene a mis suegros Alfredo y María, a mis sobrinas y sobrinos, familiares Primos y Primas, y amigos que supieron apoyarme a mi mujer Deysi y sobre todo a mis hijas Montserath y Valentina que son la mayor motivación para completar esta etapa de la formación de mi educación, ya que con su apoyo he logrado seguir firme con mis metas.

A toda mi familia en especial a mis abuelitos paternos José y María a mis abuelitos maternos Manuel y María (+) por los valores inculcados, los consejos y la sabiduría que perdurara de ellos hacia mí, que de una u otra manera estuvieron presentes con sus palabras de apoyo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme durante siete años y formarme académicamente con una educación de calidad y excelencia, especialmente a mi tutora de proyecto, la Ingeniera Ms.C Verónica Paulina Freire Andrade por su colaboración y dedicación que nos ha brindado al momento de desarrollar este proyecto.

Angel Ulco



DEDICATORIA

A mi abuelita Rosa que, gracias a su apoyo, cariño, amor incondicional es mi mayor motivación para completar esta etapa de la formación de mi educación.

A mi familia que gracias a sus consejos, preocupación y compañía ha sido un estímulo esencial para superar los obstáculos que se han presentado.

Rene Quishpe



DEDICATORIA

A mi Padres, hermanos, hermanas, suegros, primos, primas, sobrinas, sobrinos y amigos a mi mujer a mis abuelitos y en especial a mis hijas gracias a su apoyo, incondicional me motivaron a completar esta etapa de la formación de mi educación.

A toda mi familia que estuvieron desde el principio apoyándome y que, gracias a sus consejos, he aprendido a superar los obstáculos que se han presentado en la vida.

Angel Ulco



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CARBONO EN LOS INVERNADEROS DE TOMATES RIÑÓN EN LA PLANTACIÓN “TOAPANTA OSWALDO” UBICADA EN HUAPANTE GRANDE DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

Autores:

Quishpe Tigasi Rene Javier

Ulco Pisuña Angel Paul

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo la implementación de un dispositivo electrónico que identifique y cuantifique gases derivados del carbono como el Dióxido de Carbono, Metano y Óxido Nitroso, definiendo la importancia del análisis de gases para determinar niveles de riesgo al permanecer determinado tiempo en el lugar de estudio, los análisis de campo realizados se centran en el invernadero de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante Grande del cantón Santiago de Píllaro provincia de Tungurahua. Los parámetros del dispositivo electrónico fue diseñado e implementado bajo metodología cuantitativa y experimental que determina las especificaciones técnicas, el dispositivo cuenta con un microcontrolador, sensores categorizados como electroquímicos debidamente calibrados con procesos matemáticos, computacionales, verificación a nivel cero y mediante un patrón de referencia, con la posibilidad de visualizarse mediante una pantalla de tipo LCD y con una App diseñada en un entorno desarrollador de software para sistema operativo Android, que se enlaza mediante protocolos de comunicación inalámbricos, así mismo tiene la capacidad de emitir mensajes de alarma tipo visuales al momento de superar valores de peligrosidad de cada uno de los gases, cuenta con un almacenamiento de datos y el sistema es protegido por un armazón el cual impide cualquier tipo de corrosión ocasionada por el ambiente. Con la implementación del dispositivo electrónico se determinó de acuerdo a los análisis realizados en el invernadero el CO₂ es predominante con su presencia ya que en cada análisis realizado presentó valores promedio de 366,1 ppm cabe recalcar que la presencia del gas de efecto invernadero es producido por la respiración humana y la concentración atmosférica típica es de 350 a 450 ppm, a diferencia el CH₄ y N₂O presentaron valores de concentración bastante bajas de 0,09 y 0,10 ppm respectivamente. De acuerdo a ello se determina que son valores de calidad de aire aceptable.

Palabras claves: Medición, cuantificación, emisiones de carbono, microcontrolador, electroquímicos, calidad.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR MEASURING AND QUANTIFYING CARBON EMISSIONS IN KIDNEY TOMATO IN THE PLANTATION "TOAPANTA OSWALDO" LOCATED IN HUAPANTE GRANDE OF THE PROVINCE OF TUNGURAHUA.

Authors:

Quishpe Tigasi Rene Javier

Ulco Pisuña Angel Paul

ABSTRACT

The objective of this technological proposal is the implementation of an electronic device that identifies and quantifies gases derived from carbon such as Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide, defining the importance of gas analysis to determine risk levels when entering or staying for a certain time in the place of study, the field analysis conducted focuses on the greenhouse of kidney tomatoes in the plantation "Toapanta Oswaldo" located in Huapante Grande of the canton Santiago de Píllaro, province of Tungurahua. Under these parameters the electronic device was designed and implemented under quantitative and experimental methodology that determines the technical specifications, the device has a microcontroller, sensors categorized as electrochemical duly calibrated with mathematical processes, computational, verification at zero level and by a reference standard, with the possibility of being visualized through an LCD type screen and with an App designed in a software developer environment for Android operating system, which is linked through wireless communication protocols, it also has the ability to issue visual alarm messages at the time of exceeding hazardous values of each of the gases, it has a data storage and the system is protected by a frame which prevents any corrosion caused by the greenhouse environment. With the implementation of the electronic device, it was determined according to the analyses carried out in the greenhouse that CO₂ is predominant with its presence, since in each analysis it presented average values of 366.1 ppm. It should be emphasized that the presence of the greenhouse gas is produced by human respiration and the typical atmospheric concentration is 350 to 450 ppm, while CH₄ and N₂O presented quite low concentration values of 0.09 and 0.10 ppm, respectively. Accordingly, it is determined that these are acceptable air quality values.

Keywords: Measurement, quantification, carbon emissions, microcontroller, electrochemicals, quality.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DE TRADUCCIÓN



ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 EL PROBLEMA.....	2
2.1.1 Situación problemática.....	2
2.1.2 Formulación del problema	3
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.3.1 Objeto de estudio.....	4
2.3.2 Campo de acción	4
2.4 BENEFICIARIOS.....	4
2.4.1 Beneficiarios directos.....	4
2.4.2 Beneficiarios indirectos.....	4
2.5 JUSTIFICACIÓN	4
2.6 HIPÓTESIS.....	5
2.7 OBJETIVOS	6
2.7.1 Objetivo general	6
2.7.2 Objetivos específicos.....	6
2.8 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
3.1 ANTECEDENTES	8



3.2	Introducción	10
3.3	Diseño e implementación de un prototipo electrónico	10
3.4	Variables del sistema electrónico de entrada	10
3.4.1	Elementos fundamentales de un circuito eléctrico de corriente continua	10
3.4.2	Fuentes de voltaje y de corriente	11
3.4.3	Alimentación de un circuito de corriente continua mediante baterías	11
3.5	Variables del sistema electrónico para el proceso de información	12
3.5.1	Generalidad del Arduino	12
3.5.2	Tipos de Arduinos	13
3.5.3	Entorno de programación de Arduino IDE	14
3.5.4	App Inventor	15
3.6	Variables del sistema electrónico de salida (Comunicación y visualización)	17
3.6.1	Tecnología inalámbrica Bluetooth	18
3.6.2	Módulos Bluetooth compatibles con Arduino	19
3.6.3	Lector de tarjeta de micro SD	20
3.6.4	Reloj de tiempo real compatible con Arduino	21
3.6.5	Shield Datalogger para Arduino	22
3.6.6	Pantallas compatibles con Arduino para visualización de datos	23
3.7	Tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	24
3.7.1	Generalidades	24
3.7.2	Descripción botánica del tomate riñón	24
3.7.3	Clasificación del tomate riñón	24
3.7.4	Producción del cultivo de tomate riñón	24
3.8	Invernadero	25
3.8.1	Tipos de invernaderos	25
3.9	Condiciones edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo	25
3.9.1	Temperatura	25
3.9.2	Humedad relativa	26
3.9.3	Luminosidad	26
3.10	Tipificación y cuantificación de los gases	26
3.11	Variables derivadas del carbono	27
3.11.1	Dióxido de carbono CO ₂	27
3.11.2	Aporte de CO ₂ para el desarrollo de la planta	28



3.11.3 Metano CH ₄	29
3.11.4 Óxido nitroso N ₂ O.....	29
3.12 Sensores de gases basado en semiconductores	30
3.13 Sensores de Gases tipo MQ para la obtención de datos (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	30
3.14 DHT11 sensor para la temperatura y humedad.....	31
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4.1 Ubicación Geográfica	33
4.2 Métodos.....	34
4.2.1 Método bibliográfico.....	34
4.2.2 Método de campo	34
4.2.3 Método experimental.....	34
4.2.4 Método cuantitativo.....	35
4.3 Técnicas de investigación	35
4.3.1 Observación.....	35
4.3.2 Medición.....	35
4.3.3 Simulación.....	35
4.4 Instrumentos de medición	35
4.4.1 Software de simulación	35
4.4.2 Multímetro.....	36
4.4.3 Sensores.....	36
4.5 Tablas de Operacionalización de variables.....	36
4.6 Materiales.....	38
4.6.1 Alimentación	38
4.6.2 Módulo de conexión.....	39
4.6.3 Tarjetas electrónicas	40
4.6.4 Módulo lector de memoria micro SD.....	41
4.6.5 Módulos de reloj RTC.....	41
4.6.6 Software de programación	41
4.6.7 Módulos de visualización.....	41
4.6.8 Módulos de detección y medición de gases	42
4.6.9 Módulo de temperatura	44
4.6.10 Módulo de luminosidad.....	45
4.6.11 Ecuaciones.....	46



4.7 Diseño del dispositivo.....	47
4.7.1 Diagrama general	47
4.7.2 Esquema de conexión.....	48
4.7.3 Programación del dispositivo	49
4.8 Diseño de la app móvil	55
4.8.1 Programación de la App móvil.....	55
4.8.2 Instalación de la App en el celular	55
4.9 Diseño de la carcasa.....	56
4.10 Recolección de datos.....	57
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	58
5.1 Selección de los materiales	58
5.2 Calibración de los sensores	58
5.3 Ensamble del circuito en la carcasa	64
5.4 Descripción del funcionamiento del dispositivo	64
5.5 Prueba de funcionamiento del dispositivo	65
5.5.1 Encendido del dispositivo	65
5.5.2 Vinculación del dispositivo con el teléfono	65
5.6 Medición de gases dentro del invernadero.....	66
5.7 Análisis y comparación de datos medidos con datos permisibles de cada gas	69
5.8 Validación de la hipótesis	70
5.9 Certificación y validación del dispositivo.....	70
5.10 Presupuesto	71
5.11 Impacto técnico.....	71
5.12 Impacto económico.....	72
5.13 Impacto ambiental.....	73
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
6.1 Conclusiones	75
6.2 Recomendaciones	75
7. BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de Ishikawa.....	3
Figura 3.1. Monitoreo de CO ₂ en frutos rojos.....	8
Figura 3.2. Montaje de equipos en el tablero de control.....	9
Figura 3.3. Dispositivo electrónico para la cuantificación de tipos de carbono.....	9
Figura 3.4. Entorno de programación IDE de Arduino.....	15
Figura 3.5. Interfaz de usuario para App Inventor.....	16
Figura 3.6. Programación visual mediante Blockly.....	17
Figura 3.7. Origen del nombre de Bluetooth.....	18
Figura 3.8. Módulo Bluetooth HC-06.....	19
Figura 3.9. Módulo Bluetooth HC-05.....	20
Figura 3.10. Lector de tarjeta Micro SD.....	21
Figura 3.11. Reloj en tiempo real.....	22
Figura 3.12. Shield Datalogger.....	23
Figura 3.13. Pantalla LCD 128x64.....	24
Figura 3.14. Esquema general de un invernadero.....	25
Figura 3.15. Relación de concentración de CO ₂ con la tasa de fotosíntesis.....	28
Figura 4.1. Mapa de la Provincia de Tungurahua.....	33
Figura 4.2. Solidificación de la Comunidad de Huapante Grande.....	33
Figura 4.3. Ubicación específica de la Comunidad de Huapante Grande.....	34
Figura 4.4. Alcance de las diferentes conexiones inalámbricas.....	39
Figura 4.5. Diagrama general del dispositivo.....	48
Figura 4.6. Esquema de conexión.....	48
Figura 4.7. Diagrama de flujo del microcontrolador.....	50
Figura 4.8. Curva del sensor MQ-4.....	51
Figura 4.9. Curva del sensor MG-811.....	51
Figura 4.10. Valores que representan en escalas lineales.....	53
Figura 4.11. Diagrama resistencia vs lux.....	53
Figura 4.12. Esquema de conexión Pull Down del sensor.....	53
Figura 4.13. Diagrama de flujo para el teléfono móvil.....	55
Figura 4.14. Interfaz de la App móvil instalada en el teléfono celular.....	56
Figura 4.15. Diseño de la carcasa.....	56
Figura 5.1. En ceración del dispositivo en Zero.....	59
Figura 5.2. Comparación de la humedad relativa.....	63
Figura 5.3. Comparación de la temperatura.....	63
Figura 5.4. Ensamble del circuito en la carcasa.....	64
Figura 5.5. Encendido del dispositivo.....	65
Figura 5.6. Conexión con el dispositivo desde la app móvil.....	65
Figura 5.7. Medición de gases en el invernadero.....	66
Figura 5.8. Visualización de los valores medidos en tiempo real con el App inventor.....	66
Figura 5.9. Promedio de los gases derivados del carbono en el invernadero.....	67



Figura 5.10. Promedio de la temperatura en el invernadero.....	68
Figura 5.11. Promedio de la humedad relativa en el invernadero.....	68
Figura 5.12. Promedio de la luminosidad en el invernadero.....	69



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas con relación a los objetivos	6
Tabla 3.1. Fuentes de emisiones de GEI.....	26
Tabla 4.1. Variable independiente	36
Tabla 4.2. Variable dependiente	37
Tabla 4.3. Dispositivos electrónicos.....	38
Tabla 4.4. Características técnicas de Arduino.....	40
Tabla 4.5. Tipos y características de pantallas para Arduino	41
Tabla 4.6. Familia de sensores MQ para diferentes gases.....	42
Tabla 4.7. Características de sensores para temperatura	44
Tabla 4.8. Características de sensores de luminosidad.....	45
Tabla 4.9. Valores del factor de salida y el exponente para la calibración del sensor	52
Tabla 4.10. Valores de resistencia del sensor MQ-4 y MQ-135	52
Tabla 4.11. Valores del componente obtenidos del Datasheet	54
Tabla 4.12. Tabla de registro para la obtención de los datos en el invernadero	57
Tabla 5.1. Selección de los materiales.....	58
Tabla 5.2. Tabla comparativa primera medición	59
Tabla 5.3. Promedio de las mediciones para la calibración.....	60
Tabla 5.4. Tabla comparativa segunda medición	60
Tabla 5.5. Promedio de la segunda medición	61
Tabla 5.6. Tabla comparativa de las condiciones edafoclimaticas	62
Tabla 5.7. Promedio de las mediciones de la temperatura	62
Tabla 5.8. Promedio de las mediciones de la humedad relativa.....	62
Tabla 5.9. Nivel de exposición	70
Tabla 5.10. Descripción de la inversión total	71
Tabla 5.11. Equipos de protección	71
Tabla 5.12. Tablas del VAN y TIR.....	72
Tabla 5.13. Tablas de impactos	73



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1. Punto máximo y mínimo de la curva	46
Ecuación 4.2. Pendiente.....	46
Ecuación 4.3. Intersección con el eje Y.....	46
Ecuación 4.4. Voltaje de salida.....	46
Ecuación 4.5. Valor de R_s	47
Ecuación 4.6. Sensor MQ	47
Ecuación 4.7. Sensor MG	47
Ecuación 4.8. Sensor LDR.....	47
Ecuación 4.9. Margen de error	47

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Diseño e implementación de un sistema de medición y cuantificación de emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua.

Fecha de inicio:

Octubre 2021

Fecha de finalización:

Marzo 2022

Lugar de ejecución:

Región Sierra, Provincia de Tungurahua, Cantón Santiago de Pillaro, Parroquia San Andrés, Comunidad Huapante Grande

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto formativo

Equipo de trabajo:

Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade

Quishpe Tigasi Rene Javier

Ulco Pisuña Angel Paul

Área de Conocimiento:

07 Ingeniería, Industria y Construcción

071 Ingeniería y Profesiones Afines

0713 Tecnología de protección del medio ambiente

0714 Electrónica y automatización

Línea de investigación:

Procesos Industriales

Sublínea de investigación de la carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electrónicos

2. INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA

El cultivo de tomate riñón en el Ecuador es uno de los mercados más representativos en varias provincias como Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Guayas, Manabí, etc., ya que su principal beneficio es que puede ser cultivado sin restricciones de suelo, es por esto que hace varios años el cultivo de tomate riñón se lo dejó de hacer solamente a campo abierto, sino que ahora se lo hace en grandes extensiones en invernadero, ya que los horticultores pueden tener más control de los efectos climáticos [1].

En la provincia de Tungurahua específicamente en los sectores donde existe la agricultura tradicional, uno de los problemas es que no existen equipos de medición y cuantificación de carbono que permite verificar la mala calidad del aire en los invernaderos, a su vez para tomar acciones al momento de ingresar al ambiente laboral y con el equipo de protección adecuado.

También la utilización de fertilizantes, fungicidas y pesticidas ayudan al control de plagas, desarrollo de las plantas y la calidad del producto, pero debido a estos productos químicos que se utilizan al momento de fumigar se generan gases nocivos que son perjudiciales para la salud humana y al ambiente.

2.1.1 Situación problemática

La producción de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* mill), es una de las de mayor importancia a nivel mundial, debido a la alta demanda existente de esta hortaliza, misma que tiene mayor desarrollo al cultivarse bajo invernadero [2]. Para lo cual se necesita trabajadores tanto hombres como mujeres que sean mayores de 18 años y menores de 60 años para la recolección de la misma.

Para optimizar el desarrollo y crecimiento de las plantas de tomates riñón depende de las condiciones edafoclimáticas óptimas como son la temperatura, humedad y luminosidad, mismas que son beneficiarias para las plantas, pero perjudiciales para los trabajadores.

Los jornaleros que laboran en invernaderos, están expuestos ocupacionalmente a los plaguicidas que se aplican a través del contacto y a sus vapores aspirando el aire contaminado. Por las condiciones sociales y culturales de los jornaleros, desconocen la actividad tóxica de plaguicidas minimizando el riesgo para su salud [3]. El proceso de

fumigación se hace de manera manual, lo cual hace que permanezcan muchas horas dentro de la misma.

El trabajo al ser realizado dentro de un invernadero, donde se crea un microclima con temperaturas más elevadas que fisiológicamente, hace a un ser humano más susceptible a aceptar los tóxicos que se encuentran en el ambiente y junto a esto además los escasos elementos de protección utilizados por el fumigador vuelven a esta persona vulnerable de sufrir algún daño ocasionado por los plaguicidas [4].

Con el fin de minimizar el problema, la implementación de un dispositivo electrónico con capacidad de identificar y cuantificar las emisiones de carbono que se produce en el invernadero y la evaluación de las condiciones edafoclimáticas para el desarrollo de la planta de tomates riñón será el aporte científico y técnico que contribuirá para su continua producción y crecimiento del invernadero.

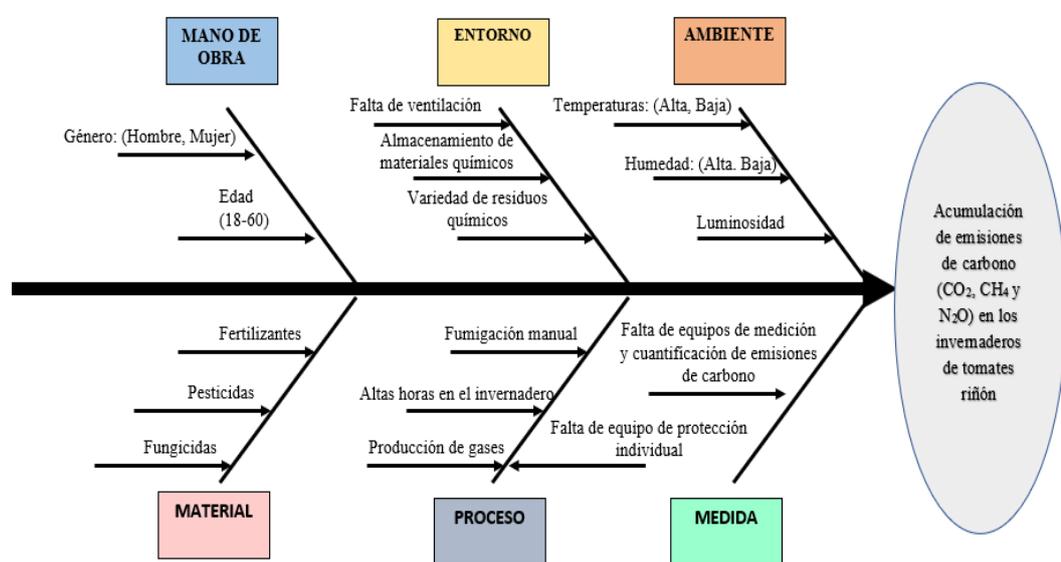


Figura 2.1. Diagrama de Ishikawa

Lo explicado en los párrafos anteriores se presenta en el siguiente ítem del problema que se desea resolver con esta propuesta tecnológica.

2.1.2 Formulación del problema

La acumulación de emisiones de carbono (CO_2 , CH_4 y N_2O) que afecta la salud de los trabajadores en los invernaderos de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante grande de la provincia de Tungurahua.

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1 Objeto de estudio

Dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de las emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón.

2.3.2 Campo de acción

Según la norma CINE - UNESCO establece las áreas y sub áreas de estudio, el campo amplio 330000 CIENCIAS TECNOLÓGICAS, a su vez inmiscuyéndose en los campos específicos: 3304 Tecnología de los ordenadores, 3306 Ingeniería y tecnologías eléctricas, 3307 Tecnología electrónica, 3308 Ingeniería y tecnologías de media ambiente, enfocándonos así en los campos detallados: 3304.02 Convertidores analógicos-digitales, 3304.12 Dispositivos de control, 3304.13 Dispositivos de transmisión de datos, 3304.14 Ordenadores digitales, 3304.18 Dispositivos de almacenamiento, 3304.14 Ordenadores digitales como estructura del tema de propuesta planteada.

2.4 BENEFICIARIOS

2.4.1 Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos del proyecto a ejecutar son: Propietario del invernadero Toapanta Oswaldo (1 familia) y los postulantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica Rene Quishpe y Angel Ulco.

2.4.2 Beneficiarios indirectos

Organizaciones encargadas del cuidado del medio ambiente, los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica que realicen investigaciones con respecto a las emisiones de carbono en invernaderos y las próximas generaciones de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica que estén interesados en realizar investigaciones con respecto a este tipo de problemática

2.5 JUSTIFICACIÓN

Con el propósito de adecuarse a las condiciones imperantes en el mercado y a las políticas públicas de autogestión, los productores agrícolas han sido objeto de innumerables recomendaciones que aún abundan en el discurso añejo de la modernización de su agricultura. Se propone que a través de los usos de tecnología y técnicas sofisticadas se logre la articulación

efectiva de un modelo de agricultura empresarial con la nueva dinámica global de competitividad mercantil [5], para ello es importante identificar y cuantificar las emisiones emitidas por el carbono y de las condiciones edafoclimáticas que se generan dentro de los invernaderos de tomates riñón. Por tal motivo la necesidad de implementar este dispositivo electrónico usando la tecnología Arduino, sensores de medición tanto de emisiones de carbono, de humedad relativa, temperatura y luminosidad para que las condiciones de la salud del trabajador y el crecimiento de las plantas sean favorables.

El principal inconveniente del tomate de mesa son los bajos rendimientos de cosecha debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades que afectan potencialmente a estos cultivos y para tratar de remediar dichas bajas de rendimiento los agricultores utilizan grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas para el control de plagas [6]. Sin embargo, la utilización indiscriminada de agroquímicos provocó que los índices de contaminación ambiental se hayan incrementado y con ello afectaron a la salud y bienestar de los seres vivos. El propósito de mantener una buena calidad de aire y un ambiente controlado dentro del invernadero puede tener rendimientos aceptables, reduciendo los gases de efecto invernadero por las constantes fumigaciones que hace el agricultor y proteger la salud humana.

Mediante la implementación del dispositivo electrónico se podrá deducir el equipo de protección individual que debe llevar puesto el trabajador a la hora de ingresar al invernadero y las horas de trabajo que puede permanecer dentro de la misma, además medirá la temperatura, la humedad relativa y la luminosidad del invernadero, aspectos que son de vitales importancias para el crecimiento de la planta, garantizando la continua producción de tomates riñón.

2.6 HIPÓTESIS

El diseño y la implementación de un prototipo electrónico, permitirá contar con un sistema de medición y cuantificación de emisiones de carbono (CO_2 , CH_4 y N_2O) en los invernaderos de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua.

2.7 OBJETIVOS

2.7.1 Objetivo general

Implementar un dispositivo electrónico mediante el uso de una tarjeta Arduino y un software de aplicación para la identificación y cuantificación de las emisiones de carbono (CO₂, CH₄ y N₂O) que se producen en el invernadero de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua.

2.7.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica que sustentan el estudio de la identificación y cuantificación de las emisiones de carbono que se producen en el invernadero.
- Diseñar un dispositivo con elementos electrónicos y materiales que estén disponibles en el mercado local para que cumpla con la identificación y cuantificación de emisiones de carbono que se produce en los invernaderos.
- Implementar el dispositivo en el invernadero de plantas de tomates riñón para la recopilación de datos.
- Validar el funcionamiento del dispositivo en el invernadero de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua.

2.8 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.1. Sistema de tareas con relación a los objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MÉTODOS Y TÉCNICAS
Realizar una revisión bibliográfica que sustentan el estudio de la identificación y cuantificación de las emisiones de carbono que se producen en el invernadero.	●Búsqueda de información de los temas relacionados a la identificación y cuantificación de carbono en los invernaderos de plantas de tomate de riñón.	Fundamentación Teórica.	Investigaciones bibliográficas.
	●Recopilación de información sobre la contaminación del aire en ambientes laborales y en la salud de las personas.	Fundamentación Teórica.	Investigaciones bibliográficas.

<p>Diseñar un dispositivo con elementos electrónicos y materiales que estén disponibles en el mercado local para que cumpla con la identificación y cuantificación de emisiones de carbono que se produce en los invernaderos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Selección de los diferentes componentes electrónicos, instalación, ensamblaje y programación de los mismos. 	Diseño, ensamblaje y programación.	Investigaciones bibliográficas y experimentación.
	<ul style="list-style-type: none"> ● Pruebas de funcionamiento de manera preliminar. 	Simulación en el software Arduino IDE y App Inventor.	Práctica de experimentación.
	<ul style="list-style-type: none"> ● Inter comparación con un dispositivo patrón. 	Sensores debidamente calibrados para medir y cuantificar las emisiones de carbono.	Experimentación en el laboratorio.
<p>Implementar el dispositivo en el invernadero de plantas de tomate riñón para la recopilación de datos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Comprobación de los elementos de forma física para verificar su estado funcional. 	Adquisición de los elementos necesarios y componentes electrónicos.	Investigaciones bibliográficas y experimentación.
<p>Validar el funcionamiento del dispositivo en el invernadero de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Pruebas de funcionamiento del dispositivo en el invernadero de plantas de tomates riñón. 	Prueba de funcionalidad del dispositivo en el invernadero.	Experimentación en el invernadero.
	<ul style="list-style-type: none"> ● Obtención y comparación de datos con los valores recomendados por las organizaciones nacionales e internacionales. 	Comparación de datos con los permitidos de las Organizaciones.	Experimentación en el invernadero.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

En el presente ítem se detallan las investigaciones que tienen relación con nuestro proyecto. Esta revisión bibliográfica se describirá en el ámbito macro, meso y micro.

La revista Vaisala publicó un trabajo con el título **“Empleando los sensores de CO₂ de Vaisala en un invernadero científico”**, cuyo autor son los científicos de la Universidad e Investigación de Wageningen en los Países Bajos, donde menciona que el proyecto tiene como objetivo el desarrollar la precisión, estabilidad y confiabilidad de los sensores de CO₂ en Bleiswijk son claramente de vital importancia para el éxito de la investigación del Instituto, particularmente porque los datos de un invernadero a menudo se comparan con los datos de otros. Por lo tanto, es importante que este recurso se controle y administre de manera efectiva para que la producción de la planta pueda optimizarse.



Figura 3.1. Monitoreo de CO₂ en frutos rojos [7].

El **“diseño e implementación de un dispositivo digital para el control de la temperatura en un invernadero de tomate”**, es un trabajo investigativo presentado por Baltazar Aguilar Jonathan, Enciso Hernández Daniel y Vargas Dominguez Michell Antonio previo a la obtención del título de Ingeniero en Control y Automatización del Instituto Politécnico Nacional, ubicada en México D. F. El proyecto tiene como objetivo fundamental mejorar a nivel mundial, pero seguirá disminuyendo debido a que las condiciones de operación no son las adecuadas para el cultivo, esto se debe a la falta de automatización dentro de los invernaderos de estos cultivos, la cual implica el control de las variables; Temperatura, Humedad, CO₂, Luminosidad.

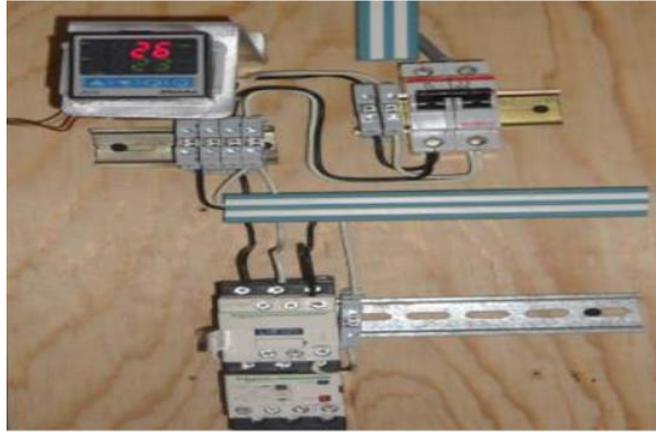


Figura 3.2. Montaje de equipos en el tablero de control [8].

El presente trabajo de titulación denominado **“Implementación de un dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de tipos de carbono en ambientes para determinar la calidad del aire en pequeñas y medianas empresas del sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi”**. Fue presentado en el año 2021 por Saca Morocho Inti Pacari y Ulcuango Chicaiza David Sebastián, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, en resumen, este documento presenta la implementación de un dispositivo electrónico que tipifique y cuantifique gases derivados del carbono. El dispositivo cuenta con un microcontrolador, sensores categorizados como electroquímicos debidamente calibrados con procesos matemáticos, computacionales y mediante un patrón de referencia que tienen la capacidad de monitorear los cambios en tiempo real de cada uno de los gases en estudio y con la posibilidad de visualizarse mediante una pantalla de tipo LCD y con una App diseñada en un entorno desarrollador de software para sistema operativo Android.



Figura 3.3. Dispositivo electrónico para la cuantificación de tipos de carbono [9].

3.2 INTRODUCCIÓN

En la presente sección está designado a la investigación y descripción de los conceptos técnicos teóricos que será necesario para el desarrollo del prototipo, las normas nacionales e internacionales que regulan la calidad del aire en ambientes laborales y el estudio de los principales gases derivados del carbono que son los fundamentales agentes químicos perjudiciales para la salud de los trabajadores. Tomando en cuenta que estará subdividido por variables independientes y dependientes.

3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO

El prototipo es, de manera general, un modelo preliminar del producto que se está diseñando; en tal virtud, este prototipo puede comprender la representación del objeto, la demostración de sus características o la simulación de la funcionalidad del producto. De la misma forma, un prototipo puede ser algo tangible como una máquina o una mesa preliminar, pero en otros casos puede ser un elemento virtual como un software [10].

El presente proyecto ejecutará un prototipo tangible con características de cuantificación de carbono en ambientes laborales de los invernaderos de tomates riñón.

3.4 VARIABLES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENTRADA

Identificar de una manera adecuada la alimentación de un circuito ya que es fundamental para el correcto funcionamiento, siendo importante reconocer los aspectos que determina el fabricante de los diferentes elementos electrónicos como puede ser, el tipo de voltaje, nivel de voltaje que soporta, corriente necesaria para su funcionamiento, potencia de consumo y entre otros.

3.4.1 Elementos fundamentales de un circuito eléctrico de corriente continua

Los circuitos eléctricos son circuitos cerrados, aunque podemos abrir el circuito en algún momento para interrumpir el paso de la corriente mediante un interruptor, pulsador u otro elemento. El Generador: produce y mantiene la corriente eléctrica por el circuito. Es la fuente de energía. Hay 2 tipos de corrientes: corriente continua y alterna.

Pilas y baterías: son generadores de corriente continua (c.c.), Alternadores: son generadores de corriente alterna (c.a.), Conductor: Es por donde se mueve la corriente eléctrica de un elemento a otro del circuito. Son de cobre o aluminio, materiales buenos conductores de la electricidad, o lo que es lo mismo que ofrece muy poca resistencia

eléctrica a que pase la corriente por ellos. Receptores: Son los elementos que transforman la energía eléctrica que les llega en otro tipo de energía. Por ejemplo, las bombillas transforman la energía eléctrica en luminosa o luz, los radiadores en calor, los motores en movimiento, entre otros [11].

3.4.2 Fuentes de voltaje y de corriente

Algunos dispositivos tienen como propósito suministrar energía a un circuito. A estos dispositivos se les llama fuentes. Están clasificados para funcionar en dos tipos de equipos como fuentes de voltaje y como fuentes de corriente. Una fuente es un generador de corriente o voltaje capaz de suministrar energía a un circuito. Una fuente independiente es un generador de voltaje o de corriente que no depende de otras variables del circuito [12].

3.4.3 Alimentación de un circuito de corriente continua mediante baterías

Las fuentes de voltaje de cd se dividen en tres tipos básicos: (1) baterías (de acción química o energía solar); (2) generadores (electromecánicos), y (3) fuentes de potencia (rectificación, un proceso de conversión que se describe en sus cursos de electrónica). Para las personas inexpertas en la materia, la batería es la más común de las fuentes de cd. Por definición, una batería (derivada de la expresión “batería de celdas”) consiste en una combinación de dos celdas similares; una celda es la fuente básica de energía eléctrica desarrollada por la conversión de energía química o solar [13].

Tipos de baterías

- Plomo-ácido (Pb-ácido): Es el tipo de batería recargable más común por su buena relación de desempeño costo, aunque es la de menor densidad de energía por peso y volumen.
- Nickel-cadmio (NiCd): Se caracteriza por sus celdas selladas, por tener la mitad del peso y por ser más tolerante a altas temperaturas, que una batería de plomo-ácido convencional.
- Níquel-hidruro metálico (NiMH): Es una extensión de la tecnología de NiCd, ofrece una mayor densidad de energía y el ánodo es hecho de metal hidruro evitando los problemas ambientales de la NiCd.

- Ion-Litio (Li-ion): Es una nueva tecnología, la cual ofrece una densidad de energía de 3 veces la de una batería plomo-ácido. Esta gran mejora viene dada por su bajo peso atómico 6,9 vs 209 para la de plomo.
- Polímero-Litio (Li-poly): Es una batería de litio con un polímero sólido como electrolítico. Estas baterías tienen una densidad de energía de entre 5 y 12 veces las de NiCd ó Ni-MH, a igualdad de peso. A igualdad de capacidad, las baterías de Li-Po son, típicamente, cuatro veces más ligeras que las de Ni-Cd de la misma capacidad.
- Aire-zinc: Las nuevas baterías de Zinc-Aire funcionan utilizando el oxígeno almacenado en un cuarto como electrodo, mientras la batería contiene un electrolito y el electrodo de Zinc permite que el aire circule dentro de una caja porosa, logrando el milagro de la electricidad.
- Celdas de combustible: Una pila de combustible, también llamada célula o celda de combustible es un dispositivo electroquímico de conversión de energía similar a una batería, pero se diferencia de esta última en que está diseñada para permitir el reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos; es decir, produce electricidad de una fuente externa de combustible y de oxígeno en contraposición a la capacidad limitada de almacenamiento de energía que posee una batería [14].

3.5 VARIABLES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL PROCESO DE INFORMACIÓN

Hoy en día el fácil uso de herramientas o software para crear o simular procesos mediante códigos e instrucciones está dirigido al desarrollo de proyectos y aplicaciones donde se pueda plasmar una idea y ayude a solucionar un problema. En el presente proyecto utilizaremos las herramientas que son: Arduino IDE y App Inventor.

3.5.1 Generalidad del Arduino

Es una plataforma de hardware libre, asentada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, creada para facilitar el uso de la electrónica en gran variedad de proyectos.

Arduino es una plataforma abierta que facilita la programación de un microcontrolador. Los microcontroladores nos rodean en nuestra vida diaria, usan los sensores para escuchar el mundo físico y los actuadores para interactuar con el mundo físico. Los microcontroladores leen sobre los sensores y escriben sobre los actuadores.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado, el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring (lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java) y el cargador de arranque (boot loader) que corre en la placa. Se pueden utilizar una variedad de módulos para la comunicación y sensores tales como termómetro, higrómetro, barómetros, sensores de proximidad, infrarrojos, y entre otros [15].

3.5.2 Tipos de Arduinos

Arduino UNO: Arduino de gama básica, todas las shields están diseñadas para usarse sobre esta placa. Cuenta con 14 pines entrada/salidas digitales de las cuales 6 se pueden usar como PWM, además cuenta con 6 entradas analógicas, además cuenta con I2C, SPI, además de un módulo UART.

Arduino DUE: Arduino basado en un microcontrolador de 32 Bits, Tiene 54 entradas/salidas digitales y 12 entradas analógicas, 2 buses TWI, SPI y 4 UARTs. Funcionan todos los módulos basados en 3.3V, no soporta 5V ya que puede dañar la placa. Posee adicionalmente dos puertos USB para poder controlar periféricos.

Arduino Leonardo: Arduino básico, con características similares a la Arduino, sin embargo, tiene 12 entradas analógicas y 20 entradas y salidas digitales. A diferencia del resto de Arduino con el microcontrolador ATmega32u4 en que no posee un controlador adicional para controlar el USB. Además, tiene más pines de interrupciones externas. Tiene comunicación TWI, SPI y dos UART.

Arduino Mega 2560: Arduino basado en un microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales, 16 de ellas pueden usarse como PWM, 16 entradas 14 analógicas y 4 UART además dos modos PWI y uno SPI. Tiene 6 interrupciones externas. Y es compatible con todos los shields de Arduino.

Arduino Micro: Es completamente similar al Leonardo, la única diferencia es el tamaño con el que fue construido. Es compatible con las Shields de Arduino, sin embargo, se debe instalar de forma externa, es decir, cableando, aunque en el caso de que se construya nuestra propia shield no es ningún problema.

Arduino Nano: Arduino basado en un microcontrolador ATmega328. Es similar en cuanto a características al Arduino uno. Las diferencias son tanto el tamaño como la forma de conectarlo al ordenador para programarlo. Es compatible con la mayoría de shield, aunque de la misma forma que el Arduino Micro.

Arduino YUN: El Arduino YUN se trata de un conjunto que trabaja por separado de forma complementaria, por un lado, se tiene la versatilidad de un Arduino normal. En este caso un ATmega 32u48 a 16Mhz, y por otro lado un dispositivo con microprocesador Atheros AR9331. El cual funciona con Lilino (Linux basado en OpenWrt (OpenWrt - Yun)) a 400 Mhz. Las características del Arduino son similares a la placa Leonardo. Tiene Ethernet, slot SD y WiFi incluidos, controlados por Lilino. Es compatible con todas las Shields y es capaz de trabajar por separado.

Arduino FIO: Arduino basado en un microcontrolador ATmega328p. Trabaja a 8 Mhz y 3.3V tiene 14 pines de entrada/salidas digitales (6 PWM), 8 pines de entrada analógicas e integra tanto un conector para la batería y su correspondiente módulo de carga, como un slot para poder instalar un módulo de comunicaciones xBee [16].

3.5.3 Entorno de programación de Arduino IDE

El entorno de desarrollo integrado también llamado IDE (sigla en inglés de Integrated Development Environment), es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o bien puede utilizarse para varios lenguajes. Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación; es decir, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además, en el caso de Arduino incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware. El IDE de Arduino va a ser la herramienta de trabajo durante el curso y habrá que conocer su funcionamiento [17].

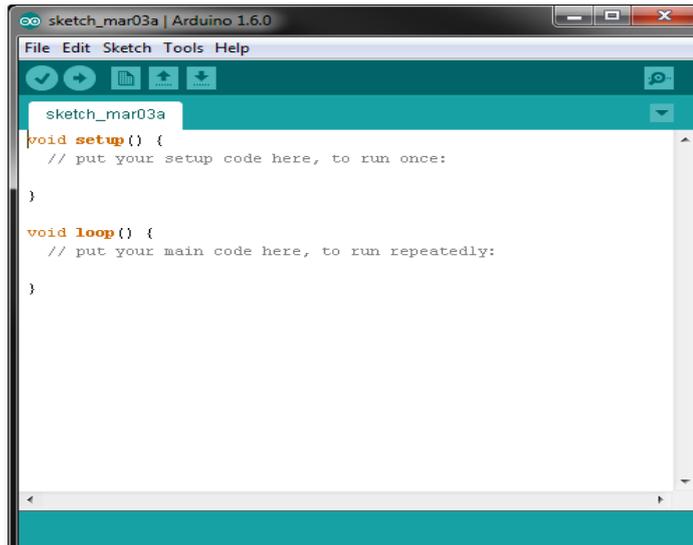


Figura 3.4. Entorno de programación IDE de Arduino [18].

Estructura básica del programa

La estructura básica de programación de Arduino es bastante simple y divide la ejecución en dos partes: setup y loop. Setup () constituye la preparación del programa y loop () es la ejecución. En la función Setup () se incluye la declaración de variables y se trata de la primera función que se ejecuta en el programa. Esta función se ejecuta una única vez y es empleada para configurar el pin Mode e inicializar la comunicación serie. La función loop () incluye el código a ser ejecutado continuamente [19].

Lenguaje de programación de Arduino

El lenguaje de programación que se utiliza con Arduino es muy similar respecto a C ++, un lenguaje muy popular en el mundo de la informática. La diferencia en el código Arduino respecto a C ++, es que los programas o sketches tienen su base de código en una librería especial llamada Wiring. La librería Wiring viene integrada por defecto en el Arduino IDE y la usarás todo el tiempo en todos los programas que vayas a desarrollar para tu placa [20].

3.5.4. App Inventor

Es un entorno de programación visual e intuitiva que permite a todos, incluso a los niños, crear aplicaciones completamente funcionales para teléfonos inteligentes y tabletas con Android e iOS. Aquellos nuevos en MIT App Inventor pueden tener una primera aplicación simple en funcionamiento en menos de 30 minutos. Y lo que es más, nuestra herramienta basada en bloques facilita la creación de aplicaciones complejas de alto

impacto en mucho menos tiempo que los entornos de programación tradicionales. El proyecto MIT App Inventor busca democratizar el desarrollo de software al empoderar a todas las personas, especialmente a los jóvenes, para pasar del consumo de tecnología a la creación de tecnología [21].

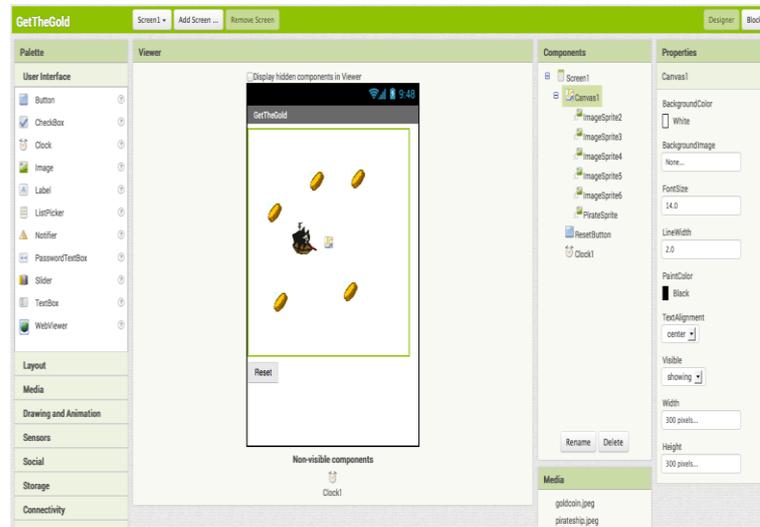


Figura 3.5. Interfaz de usuario para App Inventor [22].

Blockly un lenguaje de programación visual

Blockly es un proyecto de Google que muestra largos fragmentos de código basado en texto en bloques visuales. Estos bloques se pueden unir arrastrando y soltando. De este modo, se puede crear una sintaxis compleja de forma rápida y sencilla. Blockly es una biblioteca que proporciona un editor de código visual, por lo que la sintaxis de los programas creados de esta manera permanece en segundo plano. Blockly permite crear secuencias complejas de manera fácil, sin necesidad de saber qué comando se necesita exactamente en cada lenguaje de programación.

Su interfaz visual hace que el código sea claro y fácil de entender. Como las piezas de un rompecabezas, los bloques se van encajando entre ellos y se pueden convertir en código. Aunque Blockly es una biblioteca de JavaScript, permite producir código fuente en diferentes lenguajes de manera predeterminada, entre los que se incluyen JavaScript, Python, PHP, Lua, Dart y XML [23].

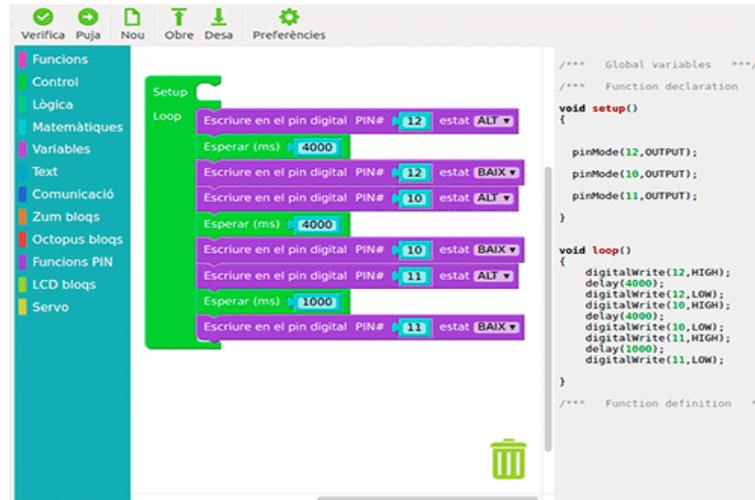


Figura 3.6. Programación visual mediante Blockly [24].

Requisitos del sistema App inventor

App Inventor requiere que el ordenador tenga alguno de estos sistemas operativos:

- GNU/Linux: Ubuntu 8+, Debian 5+
- Macintosh (con procesador Intel): Mac OS X 10.5, 10.6
- Windows: Windows XP, Windows Vista, Windows 7+, 10 y superior

Necesita también de conexión a Internet (los programas y las aplicaciones se cargan siempre desde Internet) y uno de los siguientes navegadores web con estas versiones mínimas:

- Mozilla Firefox 3.6, sin la extensión NoScript instalada
- Apple Safari 5.0
- Google Chrome 4.0
- Microsoft Internet Explorer 7

Se necesita también una cuenta de correo electrónico de Gmail y Java Web Start instalado en el ordenador [25].

3.6 VARIABLES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE SALIDA (COMUNICACIÓN Y VISUALIZACIÓN)

A continuación, se detalla la manera de cómo se va a ir desarrollando el dispositivo al momento de transmitir datos, el sistema de recepción y la visualización de los datos, para la implementación se utilizará una conexión directa para la visualización en una pantalla LCD y

a su vez con una conexión de Bluetooth que se comunicará con el teléfono celular que tenga instalada la aplicación del usuario.

3.6.1 Tecnología inalámbrica Bluetooth

Bluetooth es un estándar para comunicación inalámbrica de corta distancia para arquitecturas WPAN (Wireless Personal Area Network) basado en una arquitectura de maestro/esclavo que permite el envío y recepción de datos mediante ondas electromagnéticas en UHF, concretamente en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) desde 2,4 a 2,485 GHz. Las principales características de Bluetooth frente a otros estándares de comunicación son su sencillez en cuanto a configuración, su bajo consumo energético y su amplia compatibilidad [26].

Historia y evolución del Bluetooth

Bluetooth fue nombrado en homenaje al rey danés Harald Blatand (Harold Bluetooth en inglés) conocido por ser un gran comunicador y por haber unificado los pueblos de Dinamarca, Noruega y Suiza. Bluetooth fue creado con la intención de comunicar dos tecnologías diferentes, los ordenadores y los teléfonos móviles. A comienzos del año 2000 el Bluetooth SIG lanzó el logo como la fusión de dos letras que representan la H y la B, las iniciales del rey. Cuando observó en 1994 Ericsson vio la necesidad de una conexión entre dispositivos, con una interfaz vía radio y de bajo coste y consumo, se puso a investigar. Se llegó en un principio a un sistema basado en los principios de la comunicación por radio de corto alcance, llamado Mclink, y en seguida se vio que tenía múltiples aplicaciones.

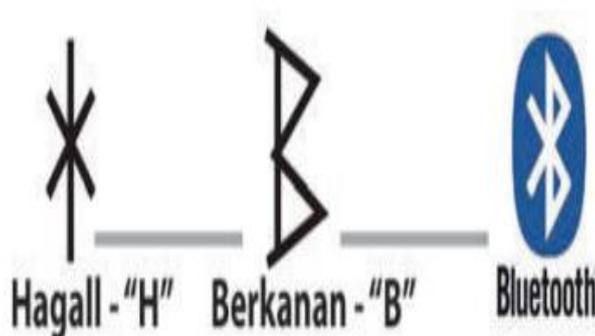


Figura 3.7. Origen del nombre de Bluetooth [27].

3.6.2 Módulos Bluetooth compatibles con Arduino

Es necesario saber que existen diferentes modelos de módulos Bluetooth entre los más populares se encuentran el HC-06 y el HC-05, y entre ellos diferentes modelos. Un módulo Bluetooth HC-06 se comporta como esclavo, esperando peticiones de conexión, Si algún dispositivo se conecta, el HC-06 transmite a éste todos los datos que recibe del Arduino y viceversa. El módulo HC-06 es prácticamente idéntico a simple vista con los demás módulos que existen en el mercado. Una simple diferencia es que el módulo HC-06 funciona como Slave y el HC-05 como Master y Slave.

Módulo Bluetooth HC-06

El módulo HC-06 entra en modo de programación en cuanto lo enciendes y mientras no haya nadie conectado por Bluetooth, el HC-05 es ligeramente más complicado de colocar en modo comandos y requiere una cierta manera de arrancado, concretamente requiere que el pin KEY, (Que no estaba conectado el caso del HC-06) esté en HIGH cuando encendemos el módulo.



Figura 3.8. Módulo Bluetooth HC-06 [28].

Módulo Bluetooth HC-05

El módulo HC-06 que solo podía trabajar en el modo Slave. En esta sesión, vamos a utilizar su hermano mayor el módulo HC-05, que puede configurarse tanto como Master que, como Slave, y que además dispone de bastante más parámetros de configuración y capacidades de interrogación. El aspecto externo es bastante similar y la mejor manera de diferenciarlos es por los pines el soporte, 4 para el HC 06 y 6 pines para el HC-05. No hay diferencias hardware entre ambos modelos, pero sí que hay diferencias muy importantes en el firmware.

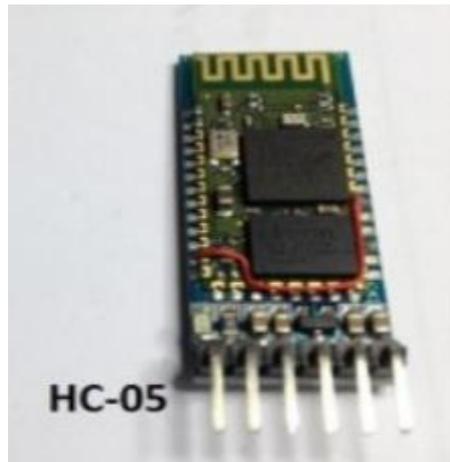


Figura 3.9. Módulo Bluetooth HC-05 [28].

3.6.3 Lector de tarjeta de micro SD

Un lector SD es un dispositivo que permite emplear como almacenamiento una tarjeta SD, que podemos incorporar en nuestros proyectos de electrónica y Arduino. Respecto a las tarjetas empleadas, podemos emplear tarjetas SD o SDSC (Standard Capacity) o SDHC (High Capacity), pero no SDXC (Extended Capacity). Deberá estar formateada en sistema de archivos FAT16 o FAT32. La tensión de alimentación es de 3.3V, pero en la mayoría de los módulos se incorpora la electrónica necesaria para conectarlo de forma sencilla a Arduino, lo que frecuentemente incluye un regulador de voltaje que permite alimentar directamente a 5V.

Emplear una tarjeta SD o micro SD con Arduino tiene la ventaja de proporcionar una memoria casi ilimitada para nuestros proyectos. Además, es no volátil (es decir, resiste cuando se elimina la alimentación), y puede ser extraída y conectada a un ordenador con facilidad.

La gran desventaja es que supone una importante carga de trabajo para Arduino. Sólo el programa ocupará el 40% de la memoria Flash, y casi el 50% de la memoria dinámica. El uso del procesador también es exigente.

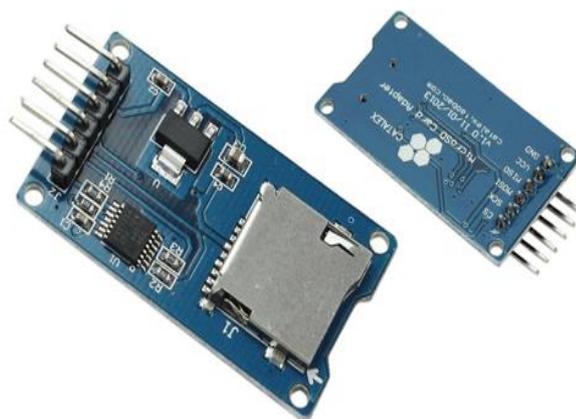


Figura 3.10. Lector de tarjeta MicroSD [29].

3.6.4 Reloj de tiempo real compatible con Arduino

Los RTC (Real Time Clock) o reloj en Tiempo Real son la solución ideal cuando necesitamos integrar mediciones de tiempo a nuestros proyectos. Los RTC son de muy bajo consumo por lo que pueden ser alimentados por baterías y de esa forma no perder la sincronización. Si bien los microcontroladores poseen contadores internos, estos no son tan exactos como un RTC dedicado [30].

Los RTC aportan la ventaja de reducir el consumo de energía, aportar mayor precisión y liberar a Arduino de tener que realizar la contabilización del tiempo e incorporan algún tipo de batería que permite mantener el valor del tiempo en caso de pérdida de alimentación.

En el modelo DS1307 las variaciones de temperatura que afectan a la medición del tiempo de los cristales resonadores se traducen en errores en un desfase acumulado. Esto hace que el DS1307 sufra de un desfase temporal, que puede llegar a ser 1 o 2 minutos al día. Para solucionarlo, el DS3231 incorpora medición y compensación de la temperatura garantizando una precisión de al menos 2ppm, lo que equivale a un desfase máximo 172ms/día o un segundo cada 6 días. En el mundo real normalmente consiguen precisiones superiores, equivalente a desfases de 1-2 segundos al mes [31].



Figura 3.11. Reloj en tiempo real [32].

3.6.5 Shield Datalogger para Arduino

En el mundo del prototipado electrónico sería sencillo construir un datalogger utilizando un módulo lector de memorias SD/Micro-SD sumado a un módulo RTC, sin embargo, ya existe una solución más práctica: un Shield Datalogger que combina ambos elementos y además posee un área de prototipado, con la ventaja de una rápida instalación al ser un Shield. El Shield es compatible con Arduino Uno y con algunas modificaciones puede trabajar con Arduino Mega y Leonardo.

Incluye un circuito integrado de reloj de tiempo real (RTC) DS1307 y el socket para su batería de respaldo. El RTC mantiene la hora gracias a su batería aun cuando el sistema no tenga alimentación externa. El lector de tarjetas micro-SD permite trabajar con memorias de hasta 32GB en formato FAT16 o FAT32. Es compatible con la librería para Arduino: SD Card Library. El shield incluye el chip 74HC125 encargado de convertir bidireccionalmente el voltaje lógico de 3.3V a 5V. El Shield además posee un área de prototipado con agujeros de 0.1" de espaciado. Permitiendo montar/soldar circuitos de forma rápida y segura utilizando este espacio. Su diseño permite su instalación dentro de una pila de shields de forma fácil y confiable.

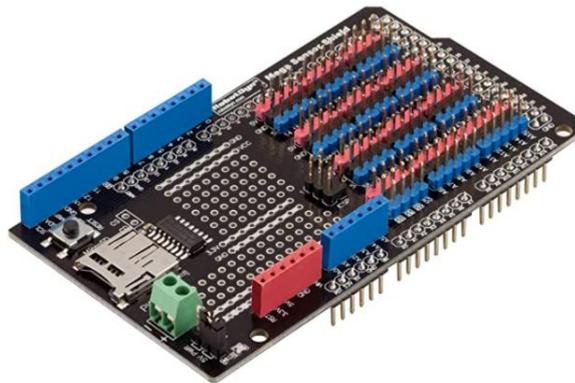


Figura 3.12. Shield Datalogger. [33].

3.6.6 Pantallas compatibles con Arduino para visualización de datos

Actualmente encontramos en el mercado tres tipos de pantallas LCD: LCD de líneas, LCD por puntos, Display OLED, Display LED, Display TFT.

El LCD por puntos funciona casi igual que el anterior tipo de LCD, pero a diferencia del anterior, en el LCD por puntos tenemos una matriz de puntos. Así, en este tipo de LCD podemos situar el texto e incluso imágenes en cualquier parte de la pantalla LCD. Además, podemos tener varios tamaños de letra dentro de la misma pantalla LCD, algo que no ocurre en el display LCD de líneas, cuyo tamaño debe de ser siempre el mismo. El Display OLED es para muchos un tipo de display propio mientras que para otros está dentro de los tipos de LCD. El Display OLED es una pantalla que nos muestra información, los displays OLED ofrecen una mayor resolución, color y un menor consumo energético. Al igual que los monitores de ordenador o los LCD por puntos, las pantallas OLED utilizan la matriz de puntos o píxeles (ya que podemos utilizar varios colores en el mismo display) para mostrar el contenido [34].

Pantalla LCD de 128x64

Pantalla LCD gráfica monocromo de 128x64 píxeles con interfaz serie. Permite controlar todas las funcionalidades de la pantalla de un modo muy sencillo utilizando comandos serie. Además de escribir texto, esta pantalla LCD gráfica serie permite dibujar líneas, círculos, rectángulos y establecer los píxeles individuales, borrar bloques específicos de la pantalla, controlar la luz de fondo y ajustar la velocidad de transmisión. Además, todo el código fuente para el procesador ATmega168 se compila utilizando el compilador WinRAR libre y es gratuito para descargar.



Figura 3.13. Pantalla LCD 128x64 [35].

3.7 TOMATE RIÑÓN (SOLANUM LYCOPERSICUM L.)

3.7.1 Generalidades

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia de las solanáceas y es originario de América del Sur específicamente de la región de los Andes, integrada por los países de Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres [36].

3.7.2 Descripción botánica del tomate riñón

El cultivo de tomate riñón es uno de los más importantes en invernadero, ya que es de consumo masivo, su producción y rentabilidad es muy alta; volviéndose significativo en la economía de todas las familias [37]. El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es utilizado ampliamente en el área gastronómica; sin embargo, cuando su cultivo se realiza bajo uso irracional de fertilizantes inorgánicos y pesticidas, causa daños a humanos y al ambiente [38].

3.7.3 Clasificación del tomate riñón

A escala mundial hay 44 variedades para el consumo del fruto fresco y 24 para la industria. En el Ecuador tiene mayor acogida las siguientes variedades de tomate como son: micaela, charleston, prieto, cherry, chonto, daniela y sheila [39].

3.7.4 Producción del cultivo de tomate riñón

El tomate riñón es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo. Se lo puede cultivar a campo abierto y en invernadero, desde el nivel del mar hasta una altura de 3.200 msnm; por lo tanto, puede ser cultivado en zonas tropicales, valles y en zonas andinas [40].

3.8 INVERNADERO

Un hecho muy significativo en la historia mundial de la agricultura fue la necesidad de proteger los cultivos de condiciones climáticas adversas, así como también de aumentar la producción durante todo el año y la aplicación de una producción integrada de abordaje de gestión de la protección para un mejor control de plagas y enfermedades:

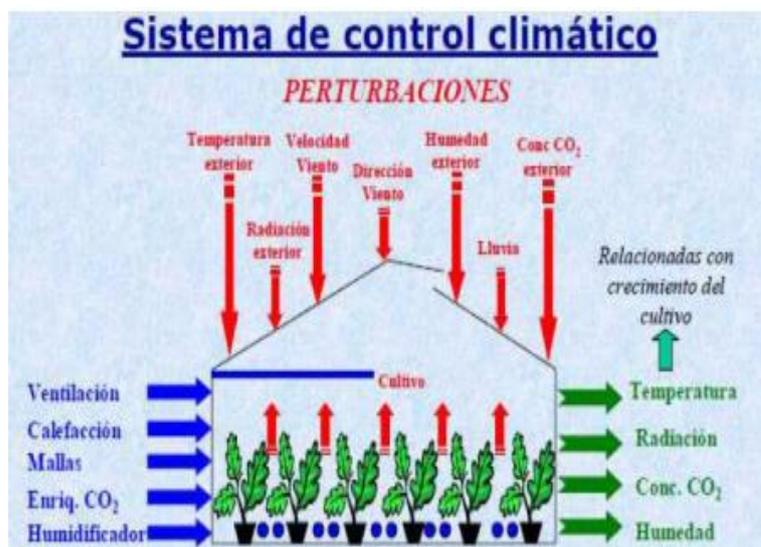


Figura 3.14. Esquema general de un invernadero [41].

3.8.1 Tipos de invernaderos

Para la producción de cultivos intensivos bajo cubierta, existen varios tipos de invernaderos, los más comunes son de tipo: capilla, doble capilla, asimétrico o inacral, túnel o semicilíndrico [42].

3.9 CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS PARA EL DESARROLLO DEL CULTIVO

Existen muchas variables para el desarrollo de la planta las cuales le permiten un buen desarrollo como, por ejemplo: la temperatura, humedad, el riego y la iluminación. Se hace necesario caracterizar las siguientes variables para el caso de investigación.

3.9.1 Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen la fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta [43]. Las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C.

3.9.2 Humedad relativa

La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y causan dificultad en la fecundación, debido a que el polen se compacta, provocando así el aborto de flores [44].

3.9.3 Luminosidad

La luminosidad en el cultivo de tomate es muy importante, además del crecimiento vegetativo de la planta, el tomate requiere al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer. Estos valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre este proceso la fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. En los sistemas bajo invernadero es importante realizar la debida limpieza de la cubierta plástica para permitir el mayor paso de luminosidad [45].

3.10 TIPIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS GASES

El principal gas causante del calentamiento global es el dióxido de carbono (CO_2) aunque no es el único participante, otros gases considerados como GEI son el óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6), siendo los dos primeros los más importantes después del CO_2 [46].

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) procedentes del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (AFOLU) consisten en gases distintos al CO_2 , concretamente, metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), generados por la producción agrícola y ganadera y las actividades de gestión. Las emisiones provenientes de la energía usada en agricultura se componen principalmente de CO_2 y, en menor medida, de CH_4 y N_2O [47].

Los gases de efecto invernadero se generan prácticamente en casi todas las actividades humanas y, por tanto, todos los sectores son responsables de su emisión, en la tabla siguiente se presentan las fuentes de emisiones de GEI que se producen en cada sector.

Tabla 3.1. Fuentes de emisiones de GEI [46].

Sector	Fuente de emisión	GEI
Residencial	Consumo de combustibles y electricidad	CO_2
Servicios	Consumo de combustibles y electricidad	CO_2

Industria	Consumos de combustible y emisiones de proceso	CO ₂ , CFC, HFC y SF ₆
Agrario	Utilización de fertilizantes sintéticos, fermentación entérica del ganado, gestión de estiércoles y uso de maquinaria agrícola	CO ₂ , N ₂ O, y CH ₄
Transporte	Consumo de combustibles	CO ₂
Residuos	Descomposición de materia orgánica en vertederos, incineración de residuos y transporte	CO ₂ y CH ₄
Sumideros	Cambios de uso en el suelo	CO ₂

La identificación de los tipos de gases derivados del carbono causantes de la contaminación del aire en el área de producción es de gran importancia para la obtención de información acerca del origen de las emisiones y composición del mismo. Los gases a identificar y cuantificar en el presente proyecto son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), mismos que son los contaminantes más habituales en los invernaderos, estos contaminantes tienen diferentes efectos nocivos sobre la salud de los seres humano y el medio ambiente.

3.11 VARIABLES DERIVADAS DEL CARBONO

3.11.1 Dióxido de carbono CO₂

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro e inodoro compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno en enlaces covalentes. Realmente el CO₂ forma parte de la naturaleza y es indispensable para la vida en la Tierra. De no existir el CO₂ las plantas no existirían, ya que éstas lo necesitan para realizar la fotosíntesis. El CO₂ no es realmente un tóxico, en el sentido de daño o envenenamiento por inhalación, ya que realmente es un gas que los seres vivos exhalan en su respiración. Se encuentra de forma natural en el aire ambiente en concentraciones que varían entre 300 ppm a 550 ppm dependiendo de si medimos en entornos rurales o urbanos [48].

Efectos a la salud humana producidas por CO₂

El principal efecto que produce el CO₂ es la asfixia por desplazamiento del oxígeno, pero esto se produce por concentraciones muy altas capaces de desplazar el oxígeno y reducir

su concentración por debajo del 20 %. En concentraciones altas, cercanas a 30.000 ppm, puede causar dolores de cabeza, falta de concentración, somnolencia, mareos y problemas respiratorios. En entornos laborales, como oficinas, se comienzan a tener quejas de olores a partir de las 800-1000 ppm [48].

Las normas OSHA establecen un límite máximo diario de hasta 8 horas de exposición a ambientes con concentraciones de 5,000 ppm de CO₂, y preferiblemente de manera no constante. Valores mayores se convierten en riesgos para la salud, y concentraciones superiores a los 40,000 ppm son consideradas peligrosas. De acuerdo con el NIOSH, una exposición de tan sólo 30 minutos a 70,000 ppm de CO₂ en el ambiente produce inconsciencia [49].

3.11.2 Aporte de CO₂ para el desarrollo de la planta

La aportación de CO₂ permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en invernadero. De este modo, se estimula la fotosíntesis y se acelera el crecimiento de las plantas [50].

En el cultivo de tomate, las cantidades óptimas de CO₂ se encuentran entre 600 a 1000 ppm para incrementar la fotosíntesis, la tasa de crecimiento y la producción. Esta práctica se aplica con frecuencia en regiones de bajo rendimiento y bajo sistemas de producción intensivos [51].

Una cantidad suficiente de CO₂ es esencial para el crecimiento de las plantas. Los productores deben mantener suficientes niveles de dióxido de carbono en sus invernaderos para asegurarse de que no se interrumpa el crecimiento de sus cultivos. En general, las plantas no crecerán en un entorno donde los niveles de dióxido de carbono sean inferiores a 250 ppm [52].

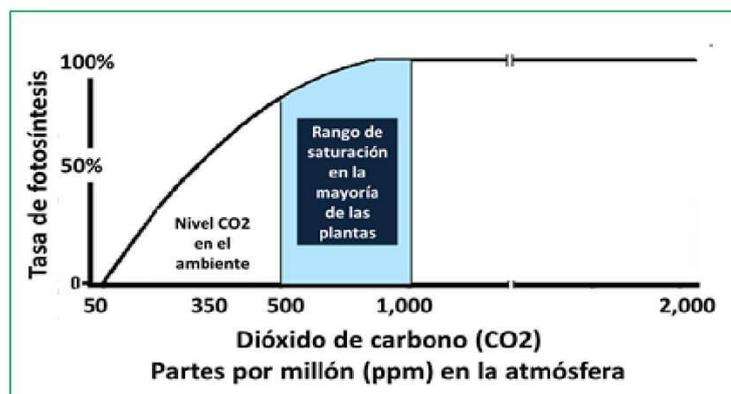


Figura 3.15. Relación de concentración de CO₂ con la tasa de fotosíntesis [53].

3.11.3 Metano CH₄

El metano es el hidrocarburo más simple, su molécula está formada por un átomo de carbono (C), al que se encuentran unidos cuatro átomos de hidrógeno (H). Gas incoloro, inodoro y muy inflamable, más ligero que el aire, que en la naturaleza se produce por la descomposición de la materia orgánica, especialmente en los pantanos. A temperatura ambiente es un gas y se halla presente en la atmósfera [54].

Afecciones producidas por Metano CH₄ hacia el ser humano

Se trata de una sustancia que se puede absorber por inhalación, y al hacerlo, puede originar asfixia por la disminución del contenido de oxígeno en el aire, conllevando una pérdida de conocimiento del individuo e incluso de su muerte. A efectos de una exposición cutánea de corta duración, el contacto con el líquido o gas comprimido, puede causar efectos de congelación grave.

Respecto a su incidencia sobre el medio ambiente, se trata del segundo compuesto que más contribuye al calentamiento global de la tierra (efecto invernadero) con un 15 %, sólo superado por el dióxido de carbono con un 76 % [55].

3.11.4 Óxido nitroso N₂O

El óxido nitroso es un gas volátil, incoloro, con un olor dulce y ligeramente tóxico, que provoca alucinaciones y estado eufórico en la persona, por lo que ha sido comúnmente utilizado como droga en algunos casos. Su estructura molecular es N₂O, y está formada por la unión de dos moléculas de nitrógeno y una de oxígeno. Químicamente es un gas estable, que no reacciona con otros elementos o compuestos [56].

Efectos a la salud humana producido por N₂O

La única vía de administración del óxido nitroso es pulmonar, y por lo general, se inhala una mezcla de 65 % de oxígeno y 35 % de óxido nitroso, ya que la administración de la sustancia al 100 % puede producir asfixia y consecuentemente la muerte. Su mecanismo de acción consiste en llegar al cerebro a través de las vías respiratorias y disminuir la actividad normal de las neuronas. Dependiendo de su concentración y exposición, puede generar analgesia, excitación, anestesia quirúrgica (que se manifiesta por pérdida de la conciencia y amnesia) o depresión total del sistema respiratorio (que, sin apoyo artificial, provoca un estado de coma y la muerte).

Con respecto a su incidencia sobre el medio ambiente, es un importante gas de efecto invernadero con una permanencia media de 100 años en la atmósfera. Actualmente se le atribuye el 5% del efecto invernadero artificial, además de atacar la capa de ozono, reduciéndolo a oxígeno molecular y liberando dos moléculas de monóxido de nitrógeno (NO) [56].

3.12 SENSORES DE GASES BASADO EN SEMICONDUCTORES

Los sensores de gases más utilizados se basan en óxidos metálicos semiconductores cuya conductividad eléctrica se ve modulada como consecuencia de la reacción producida entre el semiconductor y los gases presentes en la atmósfera.

Los sensores, pueden detectar una gran gama de gases en rangos de ppm o combustibles. Se pueden conseguir diferentes características de respuesta variando los materiales, las técnicas del proceso y la temperatura de trabajo. Su simplicidad de construcción resulta en una vida de 10 a 25 años libre de problemas.

Los sensores de gases semiconductores, ya sean de películas gruesas, películas delgadas de metal-óxido-semiconductores requieren ser calefactables de manera localizada y uniforme entre 200 y 450 °C (para mantenerlo a una temperatura óptima para la detección de gas). Debido a que su sensibilidad depende fuertemente de la temperatura de operación, es necesario controlar cuidadosamente dicha temperatura [57].

3.13 SENSORES DE GASES TIPO MQ PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS (CO₂, CH₄, N₂O)

Los sensores de gas de la serie MQ son sensores analógicos por lo que son fáciles de implementar con cualquier microcontrolador. Estos sensores son electroquímicos y varían su resistencia cuando se exponen a determinados gases, internamente posee un calentador encargado de aumentar la temperatura interna y con esto el sensor pueda reaccionar con los gases provocando un cambio en el valor de la resistencia. El calentador dependiendo del modelo puede necesitar un voltaje entre 5 y 2 voltios, el sensor se comporta como una resistencia y necesita una resistencia de carga (RL) para cerrar el circuito y con este hacer un divisor de tensión y poder leerlo desde un microcontrolador. Debido al calentador es necesario esperar un tiempo de calentamiento para que la salida sea estable y tenga las características que el fabricante muestra en sus datasheet, dicho tiempo dependiendo del modelo puede ser entre 12 y 48 horas. La diferencia entre los distintos tipos de sensores MQ es la sensibilidad a cierta

gama de gases, más sensibles a algunos gases que a otros, pero siempre detectan a más de un gas, por lo que es necesario revisar los datasheet para escoger el sensor adecuado para nuestra aplicación [58].

Sensor para detección de Dióxido de Carbono (MG-811)

Este sensor está basado en el chip MG-811 y es capaz de medir la concentración de CO₂ en el ambiente. Devuelve un voltaje analógico que desciende cuanto más concentración de CO₂ exista. Dispone también de un potenciómetro para establecer el punto de corte o alarma en la detección que será emitido por un pin. También puede recuperar la medición mediante su salida analógica. Este sensor es muy sensible al CO₂ y mucho menos sensible al alcohol y el CO. Está diseñado para funcionar en sistemas de 5V. Ten en cuenta que estos sensores son lentos y cada lectura puede tomar hasta 30 segundos. No intentes pararlo o las mediciones no serán correctas. Como todos los sensores, para una correcta y precisa medición, necesitarás calibrar en un entorno controlado [59].

Sensor para la detección de Gas Metano MQ-4

Este es un sensor para detectar Gas Metano (Gas Natural) en el aire, el MQ-4 puede detectar concentraciones desde las 300 hasta las 10000 ppm. Este sensor tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido. La salida del sensor tiene una resistencia analógica [60].

Sensor para la detección de Óxido Nitroso MQ-135

Este sensor se utiliza en equipos de control de calidad del aire para edificios y oficinas, y como detector de contaminación del aire industrial y detector portátil con un alcance de un metro de distancia. Son adecuados para la detección de amoníaco (NH₃), NO_x, alcohol, benceno, humo, CO₂, y entre otros. La puesta en funcionamiento de este sensor es muy sencilla: se alimenta con 5V, un calentador interno aumenta la temperatura del sensor para que éste pueda reaccionar con los gases provocando un cambio en el valor de la resistencia del sensor R_s (30 a 200 k), y con la ayuda de una resistencia de carga R_L (10 a 47 k) se cierra el circuito, haciéndose un divisor de tensión, y se conecta la salida a una entrada analógica de la placa, que permite su lectura desde el microcontrolador [61].

3.14 DHT11 SENSOR PARA LA TEMPERATURA Y HUMEDAD

El sensor de temperatura y humedad DHT11 presenta un complejo de sensores de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrada. Al utilizar la técnica exclusiva de

adquisición de señal digital y la tecnología de detección de temperatura y humedad, y se conecta a un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento, que ofrece excelente calidad, respuesta rápida, capacidad anti interferencia y rentabilidad. El voltaje de alimentación debe estar entre 3.3V y 5V DC. Cuando se suministra energía al sensor, no le envía ninguna instrucción dentro de un segundo para pasar el estado inestable. Se puede agregar un condensador de 100nF entre VDD y GND para el filtrado de ondas [62].

LM7805 regulador de tensión

El LM7805 es un regulador de voltaje que produce +5 voltios y que se puede usar con Arduino. Al igual que la mayoría de los demás reguladores del mercado, es un IC de tres pines; el pin de entrada para aceptar el voltaje de CC entrante, el pin de tierra para establecer la tierra para el regulador, y el pin de salida que suministra los 5 voltios positivos.

Características del LM7805:

- Reguladores de 3 Terminales
- Corriente de salida hasta 1.5A
- Protección interna de sobrecarga térmica
- Capacidad de disipación de alta potencia
- Limitación interna de corriente de cortocircuito
- Transistor de salida Compensación de área segura.

El LM7805 forma parte de la serie de reguladores de voltaje LM78XX, donde la XX indica el voltaje que produce cada regulador [63].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del dispositivo electrónico se fundamentó en la planificación y construcción que permitieron un diseño pleno del elemento, en base a herramientas computacionales de programación, simulación e implementación. El sustento del diseño e implementación del dispositivo se ve reflejado en la investigación de trabajos antecedentes, libros y software computacionales.

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El lugar donde se va a implementar el dispositivo electrónico es en la región Sierra, provincia de Tungurahua, cantón Santiago de Píllaro, parroquia San Andrés, Comunidad Huapante Grande, en los invernaderos de tomates riñón en la plantación “Toapanta Oswaldo”.

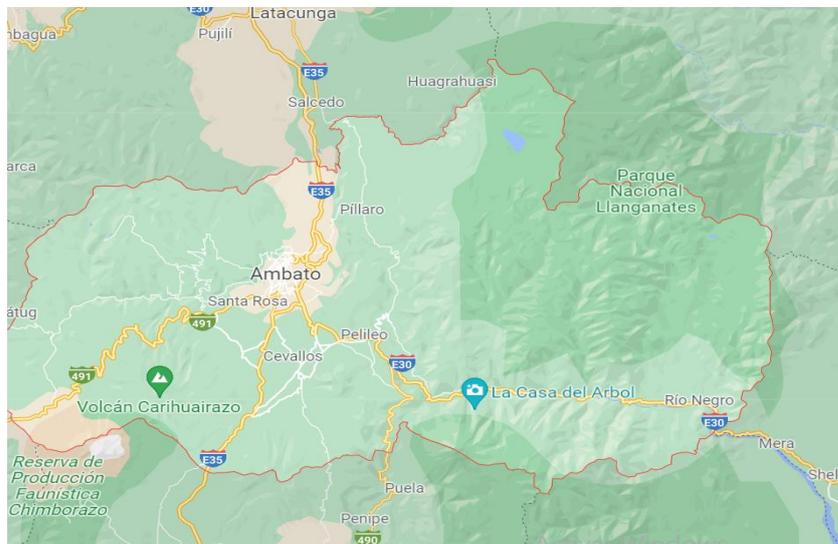


Figura 4.1. Mapa de la Provincia de Tungurahua

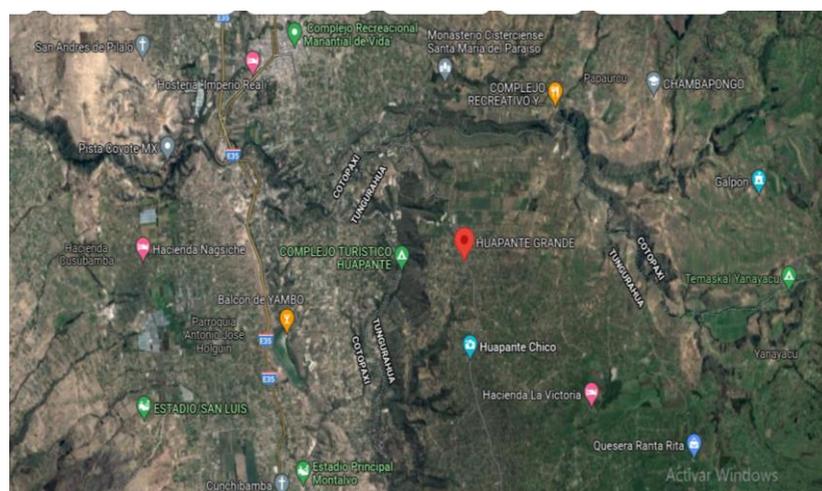


Figura 4.2. Solidificación de la Comunidad de Huapante Grande



Figura 4.3. Ubicación específica de la Comunidad de Huapante Grande

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Método bibliográfico

Previo a la implementación del dispositivo electrónico se investigaron antecedentes, dispositivos similares existentes en el mercado, normas y políticas públicas que son necesarios a ser tomados en cuenta ya que los mismos orientan y contribuyen para determinar la permeabilidad de gases en partes por millón (ppm) que una persona puede soportar sin dañar su salud y a las condiciones edafoclimáticas que las plantas deben tener para un adecuado desarrollo del cultivo en el invernadero.

4.2.2 Método de campo

En este estudio se realizó una investigación en la plantación “Toapanta Oswaldo” ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua para determinar las características que lo rigen como: temperatura, humedad relativa, luminosidad y los tipos de gases derivados del carbono al que están expuestos los trabajadores de tal manera permita determinar el rendimiento del dispositivo.

4.2.3 Método experimental

Este método se constituyó como uno de los más relevantes ya que para la obtención de cada uno de los datos de gases derivados del carbono, temperatura, humedad relativa y luminosidad, se efectuó en base a la experimentación práctica con el dispositivo en el invernadero, estos datos posteriormente fueron comparados con la tabla de permisibilidad y socializados con el dueño del invernadero.

4.2.4 Método cuantitativo

Este método cuantitativo y también es realizado en el proyecto ya que influye principalmente en las variables eléctricas como en el voltaje y corriente para las entradas analógicas y digitales del Arduino debido a que su voltaje es de 5 V y su corriente máxima de 20 mA.

4.3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

4.3.1 Observación

Mediante esta técnica se pudo visualizar el comportamiento de los componentes electrónicos análogos, a través de fichas de observación, se obtiene datos en lo cual se va a observar diferentes mediciones que se realizaron en pruebas experimentales y se adjunta en el anexo XII.

4.3.2 Medición

Con esta técnica de medición se tomó los datos de los valores reales mediante fichas que se adjunta en el anexo XII de los sensores del nivel de los gases en partes por millón (ppm), la temperatura en centígrados (°C), la humedad relativa en porcentaje (%) y la luminosidad (lux).

4.3.3 Simulación

Mediante esta técnica de simulación se visualiza el funcionamiento de la aplicación que será instalada en un teléfono celular Android y posteriormente vinculada con el dispositivo electrónico mediante Bluetooth el mismo que es ejecutada en el software de libre uso App Inventor y posteriormente el ensamble de los componentes electrónicos en su respectiva carcasa previamente seleccionada y diseñada.

4.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

4.4.1 Software de simulación

El software App Inventor es uno de los más utilizados en nuestro proyecto en cuanto a la simulación, ya que él mismo nos permite la visualización del funcionamiento de la aplicación una vez vinculada con el dispositivo electrónico mediante Bluetooth. Así mismo el ID de Arduino nos permite visualizar en tiempo real mediante el monitor serie

los datos de los gases, temperatura, humedad relativa y luminosidad proporcionados por los sensores.

4.4.2 Multímetro

La utilización de este dispositivo es para la identificación y agrupación de los elementos electrónicos con las mismas características ya sea voltaje o corriente de tal manera permita obtener datos reales de los gases, la temperatura, humedad relativa y luminosidad.

4.4.3 Sensores

Los sensores de los gases, temperatura, humedad relativa y luminosidad previamente programada nos proporcionan datos en ppm, grados centígrados, porcentaje y luxes respectivamente, estos datos nos permiten medir el grado de contaminación que tiene el ambiente en donde se ejecutó la medición, para posterior a ello comparar con los valores de peligrosidad y determinar si los trabajadores pueden permanecer dentro del invernadero sin afectar su salud.

4.5 TABLAS DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la presente propuesta tecnológica se presenta la siguiente variable independiente con sus categorías, indicadores, ítems, técnicas e instrumentos que son detallados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Variable independiente

VARIABLES DE ENTRADA					
Relacionadas con el diseño e implementación de un prototipo electrónico					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem (Variable)	Técnicas	Instrumentos
Sistema electrónico para la identificación y cuantificación de carbono en los invernaderos	Variables del sistema de entrada	Alimentación	Voltaje	Cálculo Ficha de datos	Voltímetro
			Corriente	Cálculo Ficha de datos	Amperímetro
			Consumo	Medición	Multímetro

			total		
Variables del sistema electrónico y del invernadero de tomates riñón para el proceso de información	Señales de sensores (Programación)	Int CO ₂ Int CH ₄ Int N ₂ O Temperatura Humedad relativa Luminosidad	C++ Diseño Lógico	Arduino IDE	
			Blockly Diseño Lógico	App Inventor	
Variables del sistema electrónico de salida	Comunicación	MBps	Ficha de datos	Módulo Bluetooth	
	Visualización	Números de formularios	Diseño Lógico Ficha de datos	Pantalla LCD Aplicación	

En la presente propuesta tecnológica se presenta la siguiente variable independiente con sus categorías, indicadores, ítems, técnicas e instrumentos que son detallados en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Variable dependiente

VARIABLES DE SALIDA					
Relación con la tipificación y cuantificación de gases derivados del carbono					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem (Variable)	Técnicas	Instrumentos
Obtención de datos necesarios para la determinación de la calidad del aire en invernaderos	Variables derivadas del carbono	CO ₂	Partes por millón (ppm)	Medición Observación	Sensor Analizador de Gases
		CH ₄	Partes por millón (ppm)	Medición Observación	Sensor Analizador de Gases

		N ₂ O	Partes por millón (ppm)	Medición Observación	Sensor Analizador de Gases
	Variables ambientales de la zona de análisis	Temperatura	Grados centígrados (°C)	Medición Observación	Sensor Termómetro
		Humedad	Porcentaje (%)	Medición Observación	Sensor Termómetro
		Luminosidad	Lux (lumex/m ²)	Medición Observación	Sensor LDR

4.6 MATERIALES

4.6.1 Alimentación

Nuestro dispositivo al ser una herramienta de medición de gases que en ocasiones debe estar trabajando en lugares donde no se pueda energizar directamente de una fuente eléctrica, necesitamos de una fuente de energía externa y en el mercado encontramos diversas alternativas entre ellas las pilas y baterías que son más afines a nuestro proyecto, para la determinación del mismo se ha analizado las diferencias de estos tipos de fuentes de energía.

En la tabla 4.3 se detallan los elementos a utilizar en el dispositivo electrónico con el consumo máximo de corriente eléctrica al momento del funcionamiento.

Tabla 4.3. Dispositivos electrónicos.

Función	Dispositivo	Consumo de corriente
Sensor de dióxido de carbono	MG-811	50 mA
Sensor de metano	MQ-4	150 mA
Sensor de óxido nitroso	MQ-135	160 mA
Módulo de visualización	Pantalla LDC 168x64	125 mA
Sensor de temperatura	DTH-11	2,5 mA
Sensor de luminosidad	LDR	10 mA
Transmisor Bluetooth	HC-06	40 mA
	Total, consumo	537,5 mA

La batería es seleccionada en base al consumo de corriente máxima usada por los componentes electrónicos que se detallan en la tabla 4.3, de acuerdo a ello se selecciona una batería recargable de Li-Po con corriente de 1000mA y una duración de una hora.

4.6.2 Módulo de conexión

Para la conexión del dispositivo detector de gases y mostrar los datos en tiempo real en el teléfono celular necesitamos una conexión inalámbrica y una de las opciones es el Bluetooth, aunque existen otros tipos de conexiones inalámbricas que se muestra a continuación con sus distintos límites de alcance en conectividad.

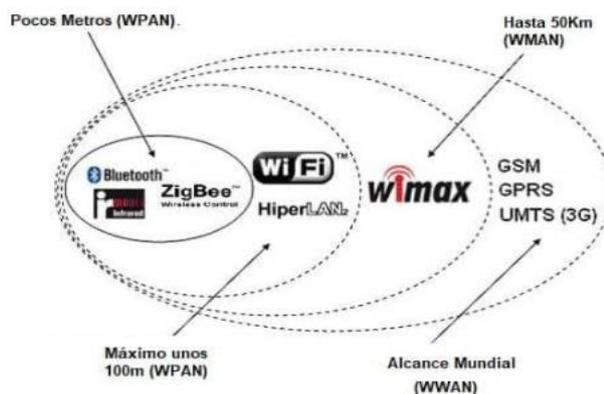


Figura 4.4. Alcance de las diferentes conexiones inalámbricas [64].

Se eligió la tecnología bluetooth debido a sus ventajas que ofrece entre ellas es la facilidad de su utilización y nada complejo, facilidad de conectar a varios dispositivos, es gratuito el servicio, esta tecnología se utiliza a nivel mundial y tiene un alcance de 10 metros.

En cuanto a las demás tecnologías inalámbricas no se eligió debido a que presentan múltiples falencias, dentro de ellas está la tecnología de radiofrecuencia debido a que las ondas de radio de frecuencia son absorbidas por la lluvia y obstáculos, donde la señal rebota en ciertas condiciones atmosféricas, en cuanto a la tecnología GSM emplean una tarjeta de identificación en que los usuarios pueden utilizar según su cobertura, costo de las llamadas o servicios de mensajería, esta tarjeta se denomina SIM o chip en que los equipos transmiten la información, la tecnología Wifi se requiere del servicio a internet y como toda tecnología presenta fallas al establecer la conexión y pérdida de la señal, además el dueño del invernadero no cuenta con este tipo de servicio, en cuanto a Ubiquiti se requiere de otros elementos para la comunicación como un Router Ethernet, un módulo wifi, cables LAN y servicios de internet.

4.6.3 Tarjetas electrónicas

Para el dispositivo electrónico se utilizará una tarjeta Arduino cuya función es recibir, procesar y enviar datos que son arrojados por los sensores, dicho de otra manera, sería como el cerebro del dispositivo, lo cual se compararon las siguientes tarjetas más comunes que a continuación presentamos las características técnicas de los mismos.

Tabla 4.4. Características técnicas de Arduino.

Arduino	UNO	DUE	Mega 2560	Leonardo
Tipo de microcontrolador	Atmega 328	AT91SAM 3X8E	Atmega 2560	Atmega 32U4
Voltaje de uso/ Entrada	5/7-12V	3.3/7-12V	5/7-12V	5/7-12V
Pines digitales de E/S	14	54	54	20
Velocidad de reloj	16 MHz	84 MHz	16 MHz	16 MHz
Entradas analógicas	6	12	16	12
Salidas analógicas	0	0	0	2 (DAC)
Memoria de datos (SRAM)	2 kb	96 kb	8 kb	2.5 kb
Memoria de programa	32 kb	512 kb	256 kb	32 kb
Memoria auxiliar	1 kb	0 kb	4 kb	1 kb

Las diferentes características de las tarjetas del mercado son un referencial para definir en base a las exigencias de nuestro proyecto, de forma general la mayoría de las tarjetas electrónicas se alimenta con un voltaje de 5 V ya sea por el puerto USB de un ordenador o con una fuente de poder externa, cuando se utiliza una fuente de energía externa se debe transformar la energía eléctrica de AC/DC, se consideró la velocidad de transmisión de datos y optamos por la utilización de un Arduino Mega, el cual tiene un mayor número

de entradas y salidas digitales o analógicas que servirán para la conexión de los sensores, módulo Bluetooth, una pantalla LCD, un reloj RTC, módulo lector de memoria micro SD y leds para el cual se requiere más potencia en cuanto a CPU, RAM y memoria interna.

4.6.4 Módulo lector de memoria micro SD

Para el almacenamiento de los datos se eligió el módulo SD que tiene una interfaz para acceder a memorias tipo micro SD en modo SPI, en este caso un documento de formato tipo .txt del bloc de notas de la plataforma Windows, compatible con Arduino y algunos otros tipos de microcontroladores.

4.6.5 Módulos de reloj RTC

Las lecturas de datos obtenidas por todos los sensores instalados deben estar acompañados de la hora y la fecha en que se registraron los datos, existiendo la necesidad de la implementación de un módulo RTC DS3231 que permite el ajuste de la hora y fecha requerida, con una duración de tiempo de batería de 3 años.

4.6.6 Software de programación

Para la programación del Arduino, sensores y módulo Bluetooth necesariamente se necesita una herramienta que realice la ejecución, edición, compilación y envío del programa en lenguaje de Arduino a los distintos dispositivos y para la ejecución de las aplicaciones móviles Android existen diversos software tanto en la web o mediante la adquisición de licencias, para nuestro proyecto se eligió App Inventor que es una aplicación de Google Labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android.

4.6.7 Módulos de visualización

Para la visualización de los datos proporcionados por los sensores y procesado por el Arduino de nuestro dispositivo existen varios tipos, modelos, tamaños, entre otros. Y para selección de este se analizó las características de algunas de ellas que son más afines a nuestro proyecto.

Tabla 4.5. Tipos y características de pantallas para Arduino [34].

TIPOS	CARACTERÍSTICAS
LCD de	Es un tipo de pantalla que muestra la información a través de líneas. La información se sitúa en líneas y no podemos salirnos de ese marco, es el

líneas	más utilizado, económico y conocido, pero también es el tipo de LCD que menos juego da, ya que solo muestra una determinada información y por lo general solo es texto.
LCD por puntos	En este tipo de LCD podemos situar el texto e incluso imágenes en cualquier parte de la pantalla LCD. Además, podemos tener varios tamaños de letra dentro de la misma pantalla LCD, algo que no ocurre en el display LCD de líneas.
Display OLED	Es una pantalla que nos muestra información, pero su construcción es diferente al de la pantalla LCD ya que utiliza diodos led con componentes orgánicos para su creación. A diferencia de los anteriores tipos, los displays OLED ofrecen una mayor resolución, color y un menor consumo energético.
Display LED	Es similar al Display OLED, pero los diodos led no contienen elementos orgánicos. Su rendimiento no es tan alto como el display OLED, pero sí ofrece más resolución que la pantalla LCD por puntos y ofrece color.
Display TFT	El display TFT utiliza píxeles como los monitores de los ordenadores o los televisores y que podemos emitir cualquier tipo de información a través de estas pantallas. Su consumo energético es mayor que cualquiera de los anteriores tipos de ahí que se utilicen tamaños pequeños.

En cuanto a la visualización de datos en el dispositivo se eligió la pantalla LCD de 128x64 (LCD por puntos), ya que esta pantalla presenta un gran tamaño donde se visualiza de una manera clara las imágenes y datos.

4.6.8 Módulos de detección y medición de gases

Para nuestro dispositivo se analizaron los modelos de sensores de la familia MQ, que detectan y miden distintos tipos de gases siendo compatibles con Arduino, tomando en cuenta sus características, disponibilidad en el mercado local y el precio.

Tabla 4.6. Familia de sensores MQ para diferentes gases [65].

Modelo	Sustancias detectadas	Calentador
MQ-2	Metano, butano, GLP, humo	5V
MQ-3	Alcohol, Etanol, humo	5V
MQ-303^a	Alcohol, etanol, humo	0.9V

MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
MQ-5	Gas natural, GLP	5V
MQ-6	Butano, GLP	5V
MQ-306A	Butano, GLP	0.9V
MQ-7	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V
MQ-307^a	Monóxido de carbono	Alternado 0.2V y 0.9V
MQ-8	Hidrógeno	5V
MQ-9	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 5V y 1.5V
MQ-309^a	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 0.2V y 0.9V
MQ-131	Ozono	6V
MQ-135	Benceno, alcohol, humo, calidad del aire	5V
MQ-136	Ácido sulfhídrico	5V
MQ-137	Amoniac	5V
MQ-138	Benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldehído, hidrógeno	5V
MQ-214	Metano, gas natural	5V
MQ-216	Gas natural, gas carbón	6V
MQ-811	Dióxido de carbono	6V
AQ-104	Calidad del aire	
AQ-2	Gases inflamables, humo	
AQ-3	Alcohol, Benceno	
AQ-7	Monóxido de carbono	

Para la toma de datos de los gases derivados del carbono como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) se optó por sensores de la familia MQ denominados como electroquímicos por su compatibilidad con el microcontrolador como son: MG811, MQ4 y MQ135 estos sensores luego de ser calibrados para la lectura de cada gas cumplen el requerimiento del proyecto.

4.6.9 Módulo de temperatura

En el presente proyecto es indispensable la verificación de la temperatura al momento de la medición de los gases ya que la peligrosidad de los mismos tiene relación directa con la temperatura, humedad relativa, por ende, se buscó en el mercado estos dispositivos y se analizaron las características para una posterior elección.

Tabla 4.7. Características de sensores para temperatura [66].

Modelo	Protocolo de comunicación	Rango de suministro de energía	Rango de temperatura	Rango de humedad	Periodo de muestreo
DHT11	Un hilo	3 a 5.5V	0 a 50 °C	20 a 90 %	1 seg
DHT22	Un hilo	3 a 6V	-40 a 80 °C	0 a 100 %	2 seg
LM35 DZ	Salida analógica	3 a 30V	-55 a 150 °C	-	-
BMP180	12C	1.8 a 3.6V	0 a 65 °C	-	-
TMP36	Salida analógica	2.7 a 5.5V	-40 °C a +125°C	-	-
LM75	12C	3.0 a 5.5V	-55 a 125 °C	-	-
BME280	12C o SPI	1.7 a 3.6V	-40 a 85 °C	-	-

El sensor DHT11 es ideal ya que tiene prestaciones con resultados de humedad relativa entre $\pm 5\%$ que va de 20-90 % y con un rango de medición entre $\pm 2\%$ en 50 grados centígrados para medir temperatura entre 0 y 50 °C, ya que el prototipo no estará sometido a temperaturas bajo cero o congelamiento.

4.6.10 Módulo de luminosidad

Es indispensable la verificación de luminosidad al momento de medir los gases, ya que viene conjuntamente con los sensores, y por ende se buscó en el mercado cual es más apto haciendo referencia a sus respectivas características para una buena elección del módulo a ser implementado.

Tabla 4.8. Características de sensores de luminosidad.

Modelo	Protocolo de comunicación	Rango de suministro de energía	Rango de temperatura	Periodo de muestreo
GL5528	Entradas analógicas	3.3 a 5V	-30 a 45 °C	20-100ms
LM393	Salida digital (3Hilos)	3.3 a 5V	-	-
BH1750	Salida digital	3.3 a 5V	-40 a 85 °C	120ms
TEMT60000	Salida digital	0.1V Vsat C-E	-	-
GL55	Salida digital	3.3 a 5V	-	-
KY-018	Salida digital (3 Hilos)	3.3 a 5V	-	-
SKU000135	Salida digital (4 Hilos)	5V	-	-

El sensor LDR es ideal ya que tiene prestaciones con un rango de alcance de 0 a 10000 lux, es el más utilizado de la familia GL5528.

4.6.11 Ecuaciones

Para calibrar los sensores se debe basar en el punto máximo y mínimo de la curva de sensibilidad de cada gas que el sensor pueda detectar.

Puntos de referencia para la calibración de los sensores.

$$(X1, Y1); (X2, Y2) \quad (4.1)$$

Donde:

(X1, Y1): punto máximo en el eje de las X y Y de la curva de sensibilidad del gas en el Datasheet del sensor.

(X2, Y2): punto mínimo en el eje de las X y Y de la curva de sensibilidad del gas en el Datasheet del sensor

Ecuación para calcular la pendiente

$$m = \frac{y2-y1}{x2-x1} \quad (4.2)$$

Donde:

X1: log (X1) Y1: log (Y1)

X2: log (X2) Y2: log (Y2)

Ecuación para calcular la intersección con el eje Y

$$\log(y) = m \cdot \log(x) + b \quad (4.3)$$

Despejamos

$$b = \log(y) - m \cdot \log(x)$$

Donde:

M= Pendiente

(X1, Y1): log X y Y punto máximo en el eje de las X y Y de la curva de sensibilidad del gas en el Datasheet del sensor.

(X2, Y2): log X y Y punto máximo en el eje de las X y Y de la curva de sensibilidad del gas en el Datasheet del sensor.

El voltaje de salida de los sensores se da por la ecuación, como se indica (4.4):

$$V_o = \frac{(R_s \cdot V_s)}{(R_s + R_L)} \quad (4.4)$$

Despejamos para calcular el valor de R_s , sabiendo que la resistencia de carga R_L en la mayoría de módulos es de 1K, como se indica (4.5):

$$R_s = \left(\frac{V_s}{V_o} - 1 \right) \quad (4.5)$$

Para el sensor MQ

$$ppm = \left(\frac{R_s}{R_o} \right)^{1/b} \quad (4.6)$$

Para el sensor MG

$$R_o = \left(\frac{R_{s_Media}}{a(ppm_CO2_actual)^b} \right) \quad (4.7)$$

Para el sensor LDR

$$\frac{I}{I_o} = \left(\frac{R}{R_o} \right)^{-gamma} \quad (4.8)$$

Fórmula para calcular el margen de error, como se indica en (4.6)

$$\epsilon \% = \frac{|Aprox - Exact|}{Exact} \cdot 100 \% \quad (4.9)$$

Donde:

Aprox: valor aproximado (dato de nuestro dispositivo)

Exact: valor exacto (dato del dispositivo referente)

4.7 DISEÑO DEL DISPOSITIVO

4.7.1 Diagrama general

El Arduino se encarga de recibir los datos proporcionados por los sensores de gases, temperatura, humedad relativa, luminosidad y a su vez es procesada y visualizada en la pantalla LCD, además mediante la conexión Bluetooth es transmitida todos los datos hacia el celular que será visualizada en una App por el usuario.

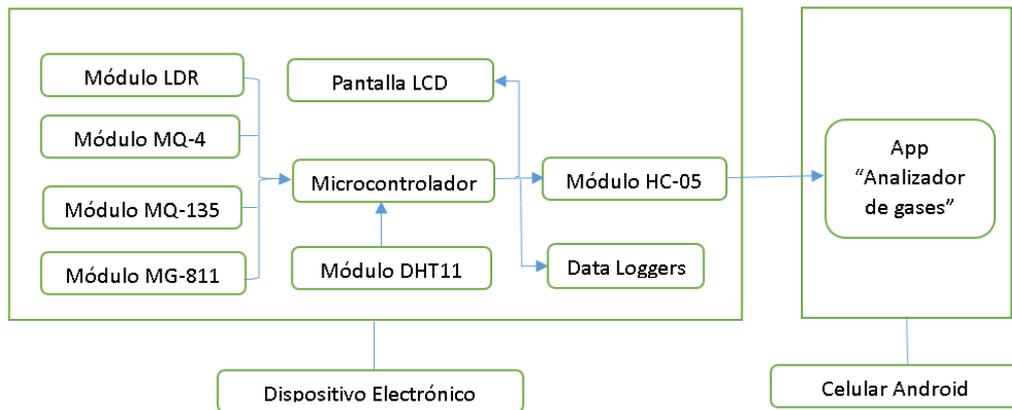


Figura 4.5. Diagrama general del dispositivo.

4.7.2 Esquema de conexión

La conexión de cada uno de los componentes se efectuó de manera preliminar en un protoboard, mismo que nos sirvió para comprobar la funcionalidad de cada uno de los sensores de gases, módulo Bluetooth, DHT-11, Data Logger y pantalla LCD. De la misma forma se comprobó la conexión con el teléfono celular y se pudo visualizar todos los datos obtenidos por el dispositivo.

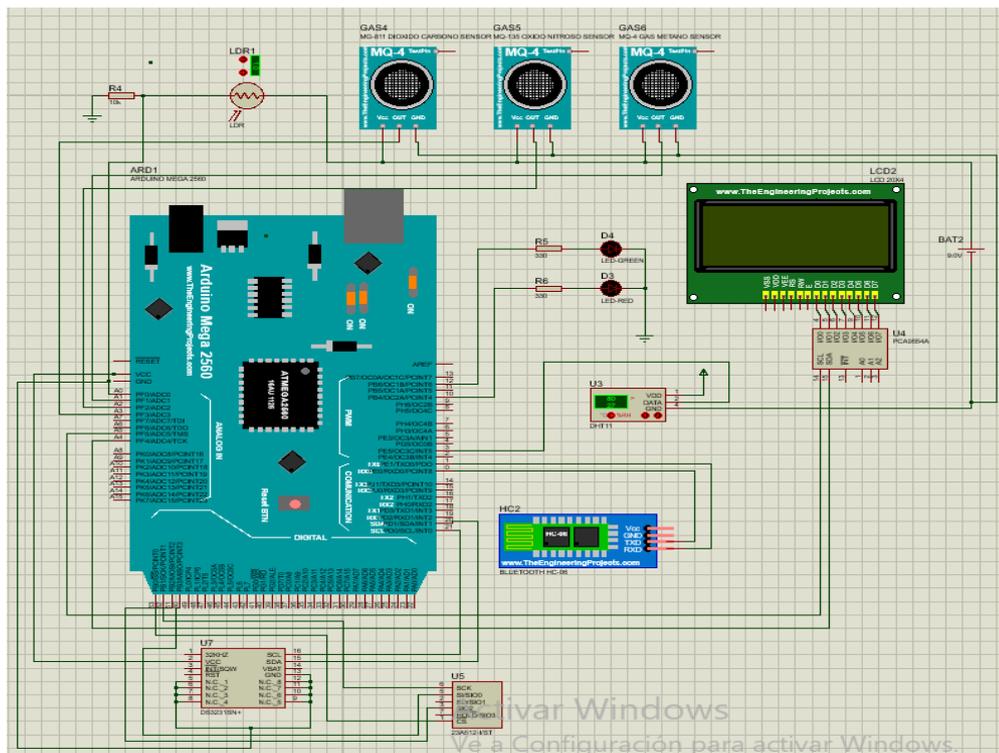


Figura 4.6. Esquema de conexión.

Distribución de pines:

Sensores de gases

Los tres sensores de gases están alimentados con 5 V desde los pines VCC y GND del Arduino, para la lectura analógica el mg 811 con A4; mq-135 con A2; mq-4 con A1.

Sensor de temperatura

El sensor DTH-11 es alimentado con 5 V desde los pines VCC y GND del Arduino, y el pin data del sensor al pin 3 del Arduino.

Sensor de luminosidad

El sensor LDR es alimentado con 5 V desde los pines VCC y GND del Arduino, para la lectura analógica es pin A0 del Arduino.

Módulo Bluetooth

Alimentado con 5 V desde los pines VCC y GND del Arduino, TXD en el pin 0 y RXD con el pin 1.

Pantalla LCD

Para la instalación de la pantalla se realizó la siguiente distribución de los pines pantalla y Arduino respectivamente: VCC con VCC, GND con GND, SCL con el pin 21, SDA con el pin 20.

Lector de tarjetas micro SD

Alimentado con 5 V desde los pines VCC y GND del Arduino, Cs en el pin 53, SCK en el pin 52, MOSI con el pin 51 y MISO con el pin 50.

Reloj RTC

Alimentado con 5 V desde los pines VCC y GND del Arduino, SCL en el pin 21 (R3) y SDA con el pin 20 (R3).

Leds

Los leds rojo y verde están conectados en serie con una resistencia de 330 Ω al pin 10 y pin 12 respectivamente.

4.7.3 Programación del dispositivo

De acuerdo a los requerimientos del diseño se realizó el programa para el Arduino Mega 2560, este programa fue elaborado en el software de IDE de Arduino el mismo que trabaja en el lenguaje C ++. Este programa permite adquirir, procesar, almacenar y enviar información de los datos obtenidos por los sensores por lo tanto se debe configurar parámetros, incluir librerías y declarar variables, una vez realizada la lectura de los gases los valores se visualizan en la pantalla LCD y en la App móvil que es conectada a través de Bluetooth con el Arduino. En el anexo I se detalla la programación de cada uno de los componentes del dispositivo.

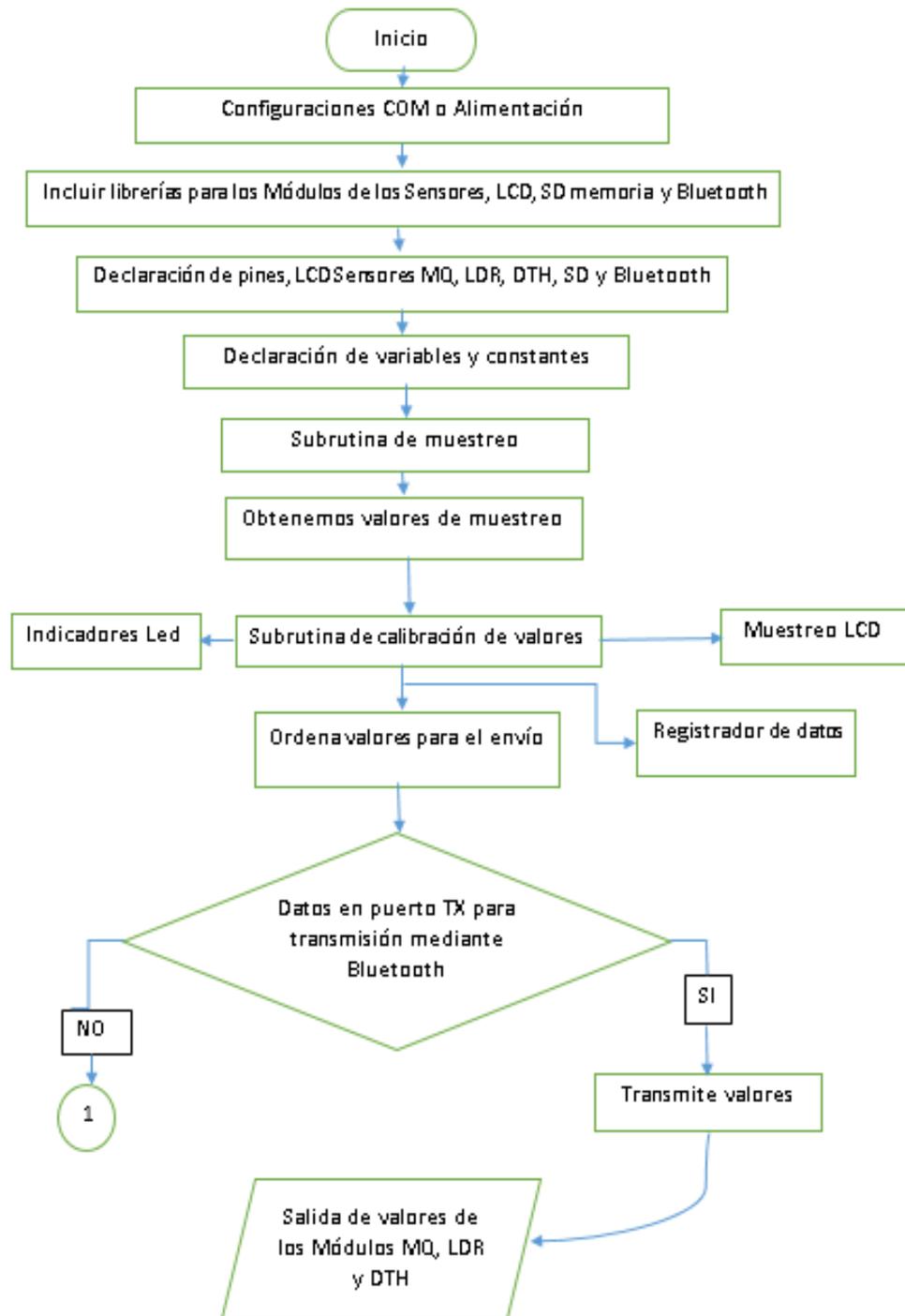
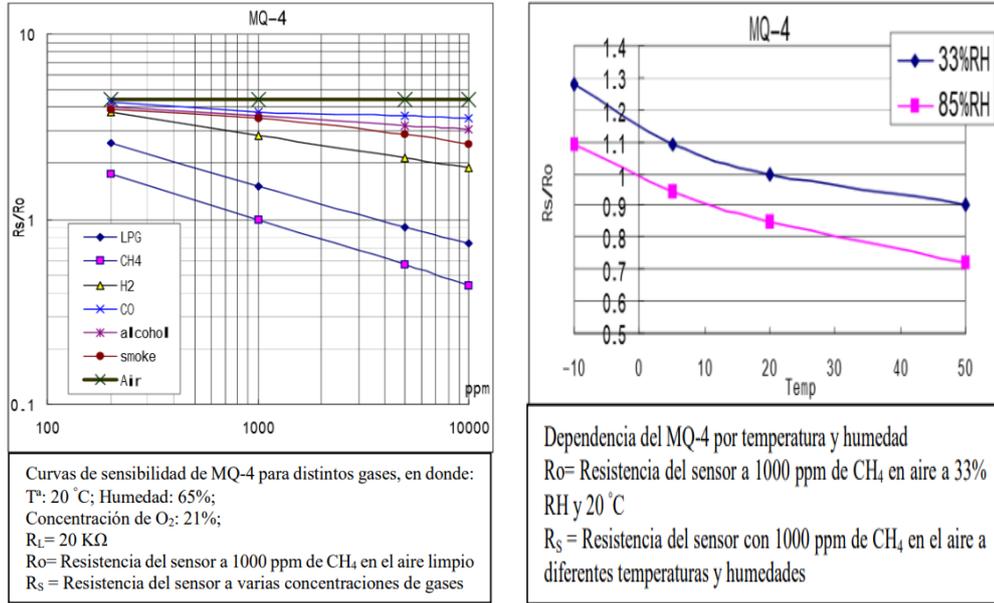


Figura 4.7. Diagrama de flujo del microcontrolador.

Transformación de voltaje a ppm sensor MQ-4

Se recomienda calibrar el detector (dependiendo del nivel de ppm que alcance para CH₄ 1000 ppm, N₂O ppm y CO₂ ppm), y usando un valor de resistencia de carga (RL) sobre 20 KΩ (10 KΩ a 47 KΩ).

La gráfica muestra las curvas características de cada gas y se usa para convertir la lectura de la salida analógica del sensor a ppm.

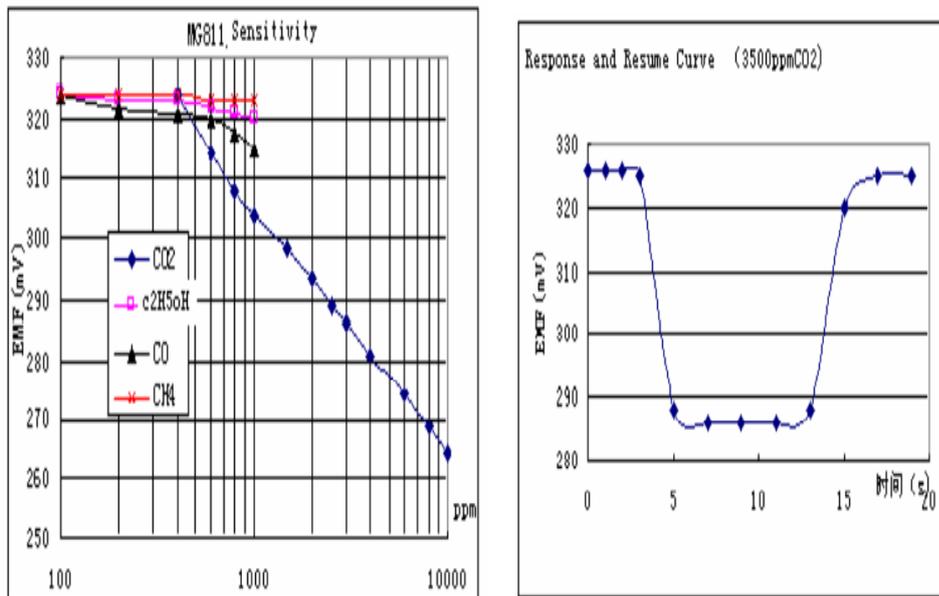


a) Curva de sensibilidad del MQ-4

b) Dependencia del MQ-4

Figura 4.8. Curva del sensor MQ-4.

Transformación de voltaje a ppm sensor MG-811



a) Curva de sensibilidad del MG-811

b) Dependencia del MG-811

Figura 4.9. Curva del sensor MG-811.

Tabla 4.9. Valores del factor de escala y el exponente para la calibración del sensor MQ-4 y MG-811

Sensor	a	b
MQ-4	11,82	-0,357
MG-811	5,60	-0,365

Una vez obtenidos los anteriores valores, se determina el valor de la resistencia del sensor R_s en ausencia del gas que se pretende medir, en el caso del metano para el sensor MQ-4 y óxido nitroso para el MG-811. Así se determina también la resistencia del sensor en el aire limpio R_o es igual a R_s . De esa manera se emplea la ecuación (4.6), en el caso del sensor MQ-4 para leer el valor de R_s y con ello ya es posible calcular el valor de R_o calibrado, para el sensor MG-811 se empleó la ecuación (4.7) para hallar el valor de R_o calibrado.

Tabla 4.10. Valores de resistencia del sensor MQ-4 y MQ-135.

Sensor	R_s	Ecuación
MQ-4	10 K Ω	$ppm = \left(\frac{R_s}{R_o}\right)^{1/b} (4.6)$
MG-811	20 K Ω	$R_o = \left(\frac{R_{s_Media}}{a(ppm_CO2_actual)^b}\right) (4.7)$

Transformación de voltaje a lumex del sensor LDR

Matemáticamente, la relación entre la iluminancia y la resistencia de una LDR sigue una función potencial, ver ecuación 4.8.

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^{-gamma}$$

Siendo R_0 la resistencia a una intensidad I_0 , ambas conocidas.

La constante gamma es la pendiente de la gráfica logarítmica, o la pérdida de resistencia por década. Su valor típicamente 0,5 a 0,9.

Por este motivo, frecuentemente las gráficas que relacionan ambos valores se representan en escalas logarítmicas para ambos ejes. Bajo esta representación, la relación se muestra como una gráfica lineal.

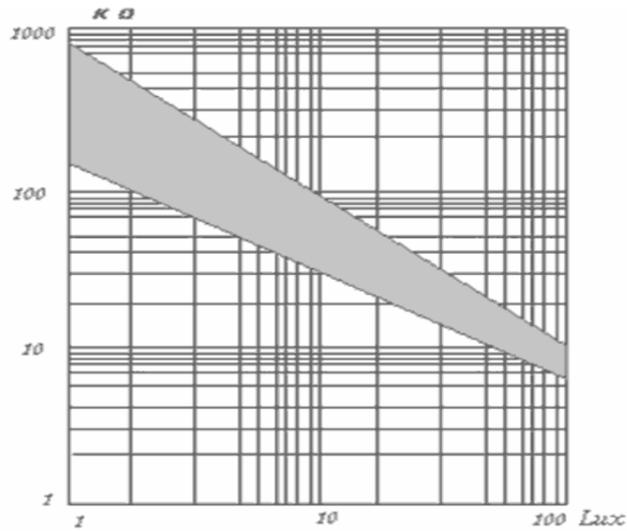


Figura 4.10. Valores que representan en escalas lineales

Estos valores pueden ser obtenidos del Datasheet del componente. Por ejemplo, para la familia GL55 de fotoresistores.

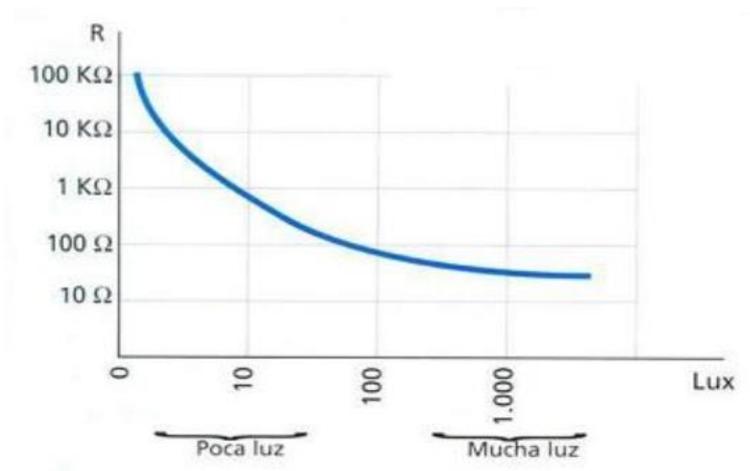


Figura 4.11. Diagrama resistencia vs lux.

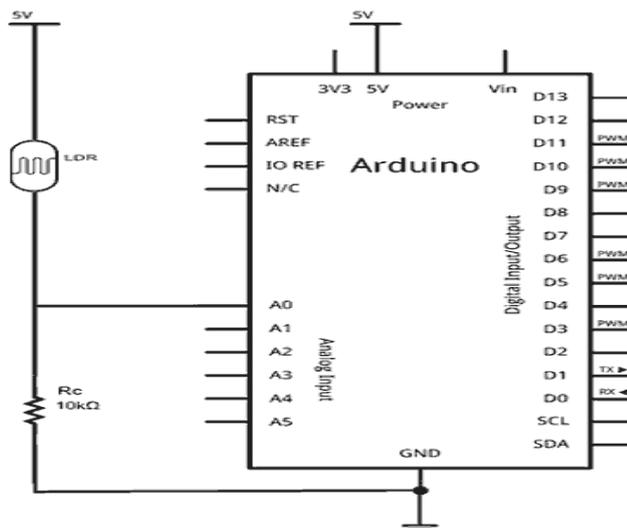


Figura 4.12. Esquema de conexión Pull Down del sensor.

Divisor de voltaje

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{sensor} = \frac{1024 \ln R_c}{V - R_c}$$

Tabla 4.11. Valores del componente obtenidos del Datasheet.

Modelo	Pico espectral (nm)	Resistencia luz brillante (KΩ)	Resistencia oscuridad (KΩ)	Gamma	Tiempo respuesta (ms)
GI5516	540	5-10	500	0.5	30
GI5528	540	10-20	1000	0.6	25
GI5537-1	540	20-30	2000	0.6	25
GI5537-2	540	30-50	3000	0.7	25
GI5539	540	50-100	5000	0.8	25
GI5549	540	100-200	10000	0.9	25

A = 1000 Resistencia en oscuridad en KΩ

B = 15 Resistencia a la luz (10 Lux) en KΩ

Rc = 10 Resistencia calibración en KΩ

V = lee la señal analógica

$$illum = \frac{\log(V \cdot A, 10)}{\log(B \cdot R_c \cdot (1024 - V))}$$

$$illum = \frac{\log(5V \cdot 1000 \cdot 10)}{\log(15 \cdot 10 \cdot (1024 - 5V))}$$

$$illum = 0,90$$

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^{-gamma}$$

$$I = I_0 \cdot \left(\frac{R}{R_0}\right)^{-gamma}$$

$$I = 10 \cdot \left(\frac{0,90}{10}\right)^{-0.6}$$

$$I = 42,41 \frac{lumex}{m^2}$$

Un fotoresistor disminuye su resistencia a medida que aumenta la luz sobre él.

Los valores típicos son de 1 MΩ en total oscuridad, a 50-100 Ω bajo luz brillante.

Por otro lado, la variación de la resistencia es relativamente lenta, de 20 a 100 ms en función del modelo. Esta lentitud hace que no sea posible registrar variaciones rápidas, como las producidas en fuentes de luz artificiales alimentadas por corriente alterna.

4.8 DISEÑO DE LA APP MÓVIL

4.8.1 Programación de la App móvil

La App para el teléfono móvil se realizó en el software de App inventor, esta herramienta trabaja con el lenguaje de bloques para su programación, un lenguaje de fácil manejo y entender. Esta App permite visualizar en tiempo real los datos que está arrojando el dispositivo. En el anexo II se detalla la programación de la App móvil.

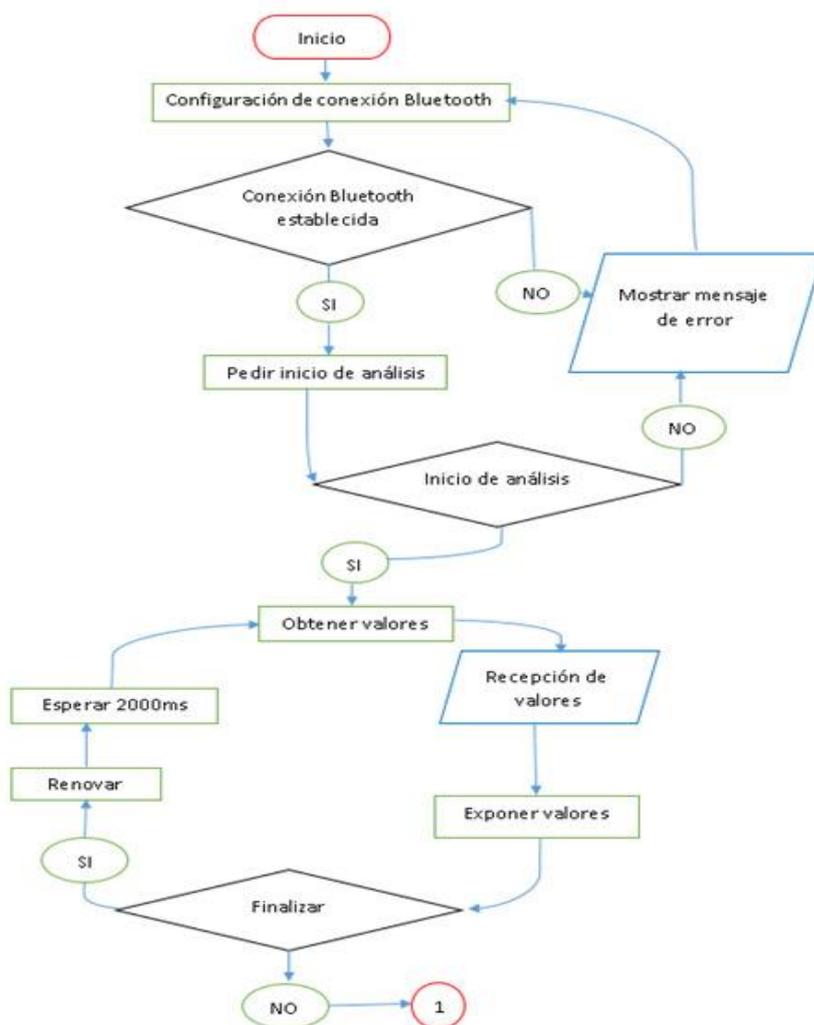


Figura 4.13. Diagrama de flujo para el teléfono móvil.

4.8.2 Instalación de la App en el celular

Luego de realizar la aplicación en el software App inventor se efectuó la instalación del mismo en el teléfono móvil Android, primero se descarga la App con el lector qr, este código qr genera el software cuando se elabora un programa y posteriormente se realiza la instalación.

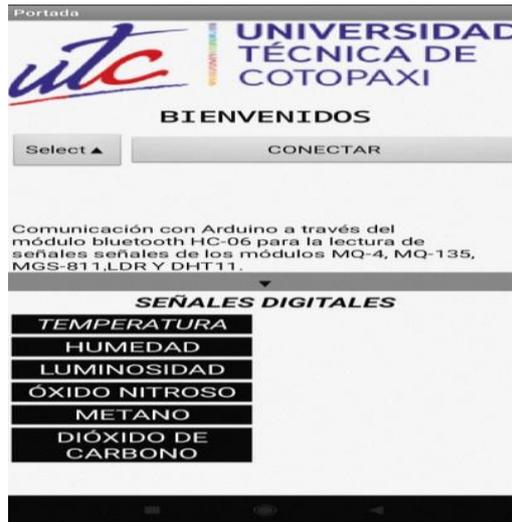


Figura 4.14. Interfaz de la App móvil instalada en el teléfono celular.

4.9 DISEÑO DE LA CARCASA

Una vez diseñado el circuito y programada cada uno de los componentes electrónicos se procedió al diseño de la carcasa el cual deberá cumplir las siguientes características y funciones, ver el anexo XIII y anexo XIV con sus planos esquemáticos y su manual de funcionamiento y mantenimiento del dispositivo electrónico:

- Fácil movilización del dispositivo.
- Protección del circuito y sus componentes correspondientes de daños físicos y químicos.
- Mantener estable los componentes y conexiones del circuito.
- Facilidad de cambio de cada uno de los componentes en caso de sufrir algún daño.

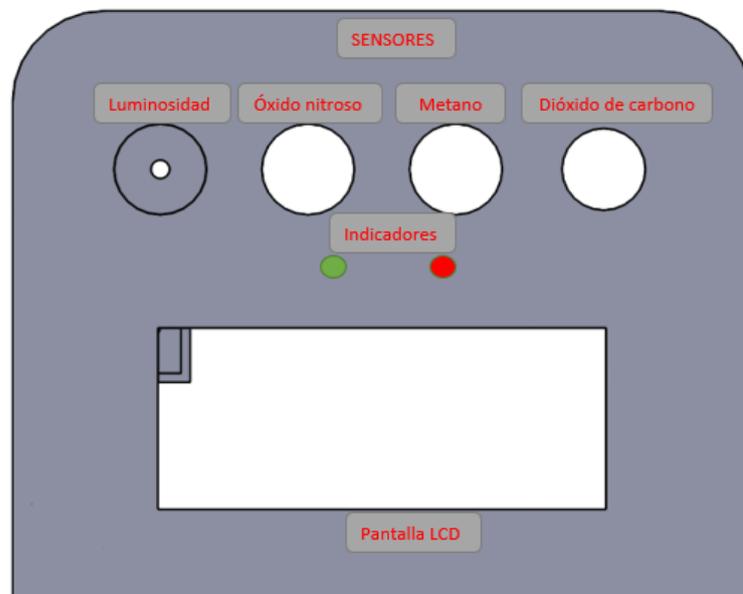


Figura 4.15. Diseño de la carcasa.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se realizó los análisis del comportamiento práctico del dispositivo detector de gases derivados del carbono y de las condiciones edafoclimáticas en el invernadero de tomates riñón en la plantación Toapanta Oswaldo ubicado en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua.

5.1 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Se efectuó la selección de cada uno de los elementos que conformaran el dispositivo, esta selección se realizó tomando en cuenta las características que mejor se adapte a cumplir nuestro objetivo de la propuesta tecnológica. En el anexo VII se puede observar cada uno de los elementos seleccionados, sus características y la función que cumple cada uno. En la tabla 5.1 se muestra los resultados de la selección.

Tabla 5.1. Selección de los materiales.

Referencia	Nombre
Microcontrolador	Arduino MEGA 2560
Sensor de CO ₂	MG-811
Sensor de CH ₄	MQ-4
Sensor de N ₂ O	MQ-135
Sensor de temperatura	DHT-11
Sensor de luminosidad	LDR
Visualización	Pantalla LCD 128x64
Almacenamiento	Lector de tarjetas micro SD
Reloj	DS 3231
Conexión inalámbrica	Módulo HC-06
Alimentación externa	Batería de LI-PO
Conexiones	Cable número 20

5.2 CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

Los datos y cálculos matemáticos son ingresados al programa como variables, mismo que se ejecuta de forma automática con fórmulas que se encuentran implementados en la programación y nos arroja los datos en ppm, estos procesos se pueden evidenciar en el Anexo I.

La calibración y validación de los datos que está arrojando los sensores del dispositivo se Inter comparó mediante un dispositivo patrón modelo CO₂ Meter + HUMIDITY THERMOMETER y testo 350 que es propiedad de IPGMServicios ambientales, el cual se encuentra calibrado y

certificado para el monitoreo de los gases de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), ver anexo X y anexo XI.

A los sensores de CO₂, CH₄ y N₂O se encero mediante la inyección de aire cero lo cual ayuda a los sensores a eliminar cualquier impureza dándonos como resultados valores que no sean superiores a cero, a través de un generador de aire Zero, Thermo scientific, modelo 111 como se visualiza en la figura 5.1.



(a) Generador de aire Zero.



(b) En ceración de los sensores.

Figura 5.1. En ceración del dispositivo a Zero.

En la figura 5.1. se visualiza la en ceración de los sensores de emisiones de carbono (CO₂, CH₄ y N₂O), mediante la inyección de aire cero lo cual ayuda a los sensores a eliminar cualquier impureza dándonos como resultados valores que no sean superiores a cero.

Tabla 5.2. Tabla comparativa primera medición.

Fecha	Dispositivo Patrón			Dispositivo Implemetado		
	CO2 (ppm)	CH4 (ppm)	N2O (ppm)	CO2 (ppm)	CH4 (ppm)	N2O (ppm)
19/02/2022	605	0,5	0,9	392	0,4	0,77
19/02/2022	600	0,5	0,8	372	0,43	0,76
19/02/2022	598	0,5	0,9	384	0,42	0,78
19/02/2022	599	0,5	0,9	396	0,42	0,75
19/02/2022	598	0,5	0,8	395	0,44	0,75
19/02/2022	600	0,5	0,9	396	0,42	0,76
19/02/2022	610	0,5	0,9	390	0,42	0,76
19/02/2022	624	0,5	0,9	388	0,4	0,75
19/02/2022	623	0,5	0,9	384	0,41	0,78
19/02/2022	622	0,5	0,9	388	0,39	0,76
19/02/2022	621	0,5	0,8	399	0,4	0,76
19/02/2022	620	0,5	0,9	396	0,42	0,76
19/02/2022	620	0,5	0,9	412	0,4	0,75
19/02/2022	620	0,5	0,9	433	0,39	0,75
19/02/2022	619	0,5	0,9	420	0,42	0,78
19/02/2022	619	0,5	0,8	408	0,39	0,78
19/02/2022	617	0,5	0,9	404	0,42	0,77
19/02/2022	614	0,5	0,9	396	0,42	0,77
19/02/2022	614	0,5	0,8	408	0,42	0,76
Promedio	612,8	0,50	0,87	397,9	0,41	0,76

En la siguiente tabla 5.2., se muestra los valores recolectados en la primera medición con un total de 20 datos del dispositivo patrón como del dispositivo implementado, dando los siguientes promedios que se muestra en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Promedio de las mediciones para la calibración.

Gases (ppm)	Dispositivo patrón	Dispositivo implementado
CO ₂	612,8	397,9
CH ₄	0,50	0,41
N ₂ O	0,87	0,76

$$\epsilon \% = \frac{|Aprox - Exact|}{Exact} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \%CO_2 = \frac{|397,9 - 612,8|}{612,8} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \%CO_2 = 35,06 \%$$

$$\epsilon \%CH_4 = \frac{|0,41 - 0,50|}{0,50} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \%CH_4 = 18 \%$$

$$\epsilon \%N_2O = \frac{|0,76 - 0,87|}{0,87} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \%N_2O = 12,64 \%$$

Luego de haber obtenido estos márgenes de error se procedió a realizar algunas modificaciones en la programación de los sensores para reducir el margen de error.

Tabla 5.4. Tabla comparativa segunda medición.

Fecha	Dispositivo Patrón			Dispositivo Implemetado		
	CO2 (ppm)	CH4 (ppm)	N2O (ppm)	CO2 (ppm)	CH4 (ppm)	N2O (ppm)
19/02/2022	619	0,5	0,9	594	0,49	0,85
19/02/2022	619	0,5	0,8	588	0,52	0,86
19/02/2022	619	0,5	0,9	590	0,49	0,86
19/02/2022	619	0,5	0,9	585	0,5	0,84
19/02/2022	619	0,5	0,9	570	0,48	0,84
19/02/2022	619	0,5	0,9	582	0,46	0,86
19/02/2022	616	0,5	0,9	570	0,48	0,85
19/02/2022	616	0,5	0,9	582	0,49	0,87
19/02/2022	615	0,5	0,9	582	0,51	0,86
19/02/2022	614	0,5	0,9	594	0,46	0,86
19/02/2022	614	0,5	0,8	574	0,46	0,86
19/02/2022	613	0,5	0,9	582	0,48	0,85
19/02/2022	612	0,5	0,9	592	0,47	0,85
19/02/2022	613	0,5	0,9	582	0,51	0,88
19/02/2022	613	0,5	0,9	582	0,48	0,87
19/02/2022	613	0,5	0,9	584	0,5	0,86
19/02/2022	613	0,5	0,9	588	0,48	0,87
19/02/2022	613	0,5	0,9	594	0,49	0,86
19/02/2022	613	0,5	0,9	586	0,47	0,86
Promedio	615,4	0,50	0,89	584,3	0,49	0,86

En la siguiente tabla 5.5., se muestra los valores recolectados en la segunda medición con un total de 20 datos del dispositivo patrón como del dispositivo implementado.

Tabla 5.5. Promedio de la segunda medición.

Gases (ppm)	Dispositivo patrón	Dispositivo implementado
CO ₂	615,4	584,3
CH ₄	0,50	0,49
N ₂ O	0,89	0,86

$$\epsilon \% = \frac{|Aprox - Exact|}{Exact} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% CO_2 = \frac{|584,3 - 615,4|}{615,4} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% CO_2 = 5,05 \%$$

$$\epsilon \% CH_4 = \frac{|0,49 - 0,50|}{0,50} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% CH_4 = 2 \%$$

$$\epsilon \% N_2O = \frac{|0,86 - 0,89|}{0,89} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% N_2O = 3,37 \%$$

Luego de modificar algunos parámetros en la programación se logró la reducción del margen de erros con referencia al dispositivo patrón con un total de 40 datos.

Para los sensores de condiciones ambientales se realizó una Inter comparación mediante un dispositivo patrón extech, modelo HT30, propiedad de IPGMServicios ambientales el cual se encuentra calibrado y certificado, ver anexo IX y anexo XI., con base al mismo se registró un total de 20 mediciones para determinar el margen de error.

Tabla 5.6. Tabla comparativa de las condiciones edafoclimáticas.

Fecha	Humedad (%)		Temperatura (°K)	
	Dispositivo patrón	Dispositivo Implementado	Dispositivo patrón	Dispositivo Implementado
17/01/2022	56,6	56,8	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	56,8	57	292,76	292,76
17/01/2022	57	57,3	292,76	292,76
17/01/2022	56,8	57,1	292,76	292,76
17/01/2022	57,1	56,9	292,76	292,76
17/01/2022	57,8	57,7	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,4	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,5	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,3	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,4	57,9	292,76	292,76
17/01/2022	57,6	56,7	292,76	292,76
17/01/2022	57,6	56,8	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,7	292,76	292,86
17/01/2022	57,4	56,8	292,76	292,76
17/01/2022	57,4	56,7	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,7	292,76	292,86
Promedio	57,25	57,30	292,8	292,77

En la siguiente tabla 5.6 se muestra los valores recolectados en la primera medición con un total de 20 datos del dispositivo patrón como del dispositivo implementado, dando los siguientes promedios que se muestra en la tabla 5.7.

Tabla 5.7. Promedio de las mediciones de la temperatura.

Temperatura	Dispositivo patrón	Dispositivo implementado
T (°K)	292,8	292,77

$$\epsilon \% = \frac{|Aprox - Exact|}{Exact} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% = \frac{|292,77 - 292,8|}{292,8} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% = 0,01 \%$$

Tabla 5.8. Promedio de las mediciones de la humedad relativa.

Humedad	Dispositivo patrón	Dispositivo implementado
H (%)	57,30	57,25

$$\epsilon \% = \frac{|Aprox - Exact|}{Exact} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% = \frac{|57,30 - 57,25|}{57,25} \cdot 100 \%$$

$$\epsilon \% = 0,09 \%$$

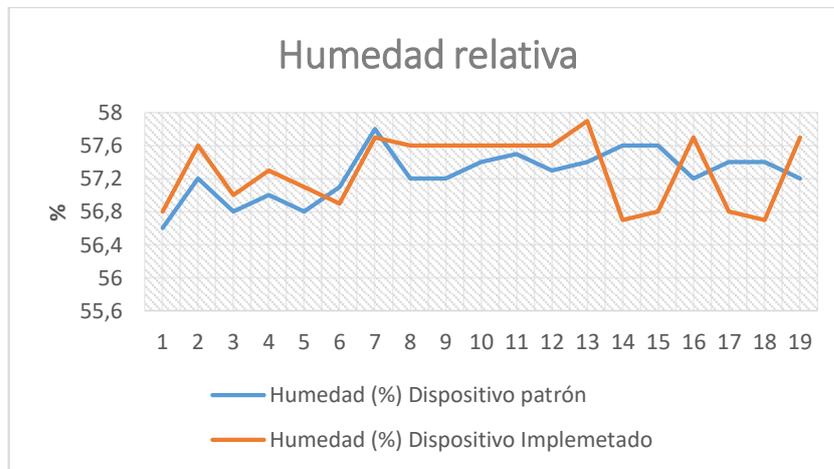


Figura 5.2. Comparación de la humedad relativa.

En la figura 5.2., se representa la lectura de los datos medidos con el dispositivo patrón, dándonos unas variaciones de humedad relativa de 0,09 % ya que en los puntos 2, 13, 16 y 19 hay un incremento 0,04 % y en los puntos 14, 15, 17 y 18 hay una disminución 0.04 % a comparación del dispositivo implementado con el dispositivo patrón.

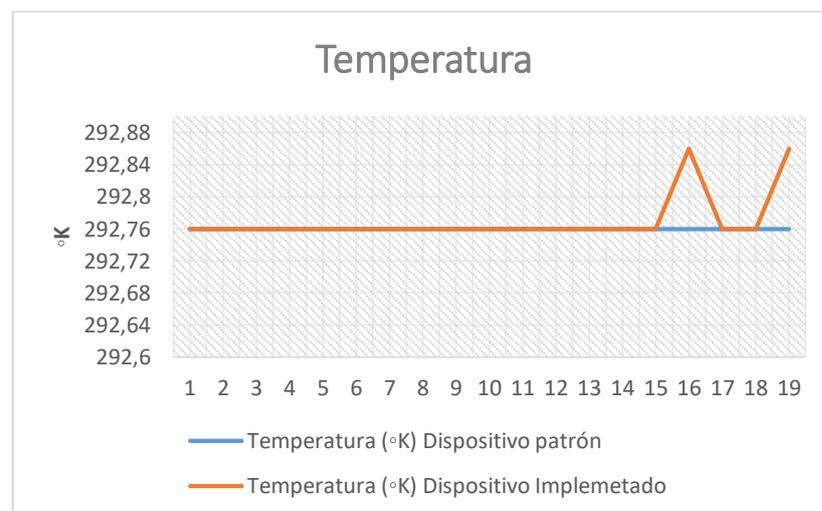


Figura 5.3. Comparación de la temperatura.

En la figura 5.3., se representa la lectura de los datos medidos con el dispositivo patrón, dándonos unas variaciones de temperatura de 0,01 % ya que en los puntos 16 y 19 hay un incremento 0,04% a comparación del dispositivo implementado con el dispositivo patrón.

5.3 ENSAMBLE DEL CIRCUITO EN LA CARCASA

Una vez diseñada la carcasa con todos los requerimientos del circuito y sus respectivos componentes se realiza la impresión en 3D, esta impresión es realizada con el material de fibra de carbono mismo que cumple con las características y requerimientos antes mencionados, además nos garantiza la resistencia a temperaturas elevadas. Posteriormente se realiza el ensamble del circuito y sus componentes para luego realizar la respectiva prueba de funcionamiento en los invernaderos.

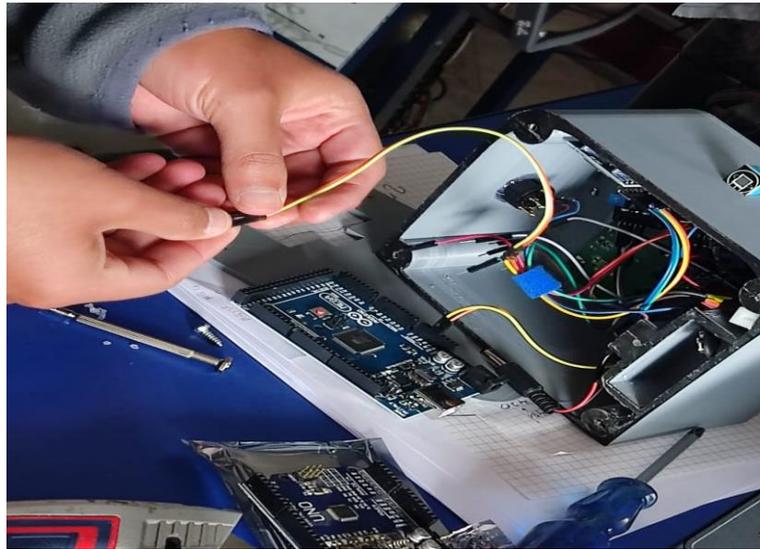


Figura 5.4. Ensamble del circuito en la carcasa.

5.4 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

Es un dispositivo que permite detectar los niveles de gases contaminantes en los invernaderos de tomates riñón, se basa en la utilización de sensores de gases como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además posee sensores para detectar el ambiente tales como la temperatura DHT11, humedad relativa y la luminosidad (LDR), una pantalla LCD de 128x64, un lector de tarjetas micro SD para el almacenamiento de los datos y un módulo Bluetooth HC-06, todo esto conectado y programado en una placa de Arduino Mega 2560.

Los datos que adquiere el dispositivo son visualizados en la pantalla LCD y a su vez es transmitida mediante conexión Bluetooth a un teléfono celular Android que previamente será instalada la App que permitirá visualizar dichos datos.

5.5 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

5.5.1 Encendido del dispositivo

El dispositivo es encendido por medio de un interruptor on/off al realizar esta acción en la pantalla nos muestra un saludo de aproximadamente tres segundos posteriores a eso automáticamente empieza analizar los gases.



Figura 5.5. Encendido del dispositivo.

5.5.2 Vinculación del dispositivo con el teléfono

Una vez encendido el dispositivo se podrá vincular con el teléfono móvil Android para la visualización de los datos, desde la App instalada presionamos el botón “select” y se desplegará una lista de dispositivos que se encuentre al alrededor y seleccionamos “medi” ya que es el nombre del módulo Bluetooth y presionaremos el botón conectar y ya estaremos conectados.



Figura 5.6. Conexión con el dispositivo desde la App móvil.

5.6 MEDICIÓN DE GASES DENTRO DEL INVERNADERO

La prueba de funcionamiento del dispositivo se realizó en el invernadero de tomates riñón en la plantación Toapanta Oswaldo ubicado en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua, el comportamiento de cada uno de los sensores fue muy acertados debido a que con anterioridad al dispositivo se le realizó una Inter comparación con un dispositivo patrón que es propiedad de IPGMServicios ambientales, tanto para los sensores electroquímicos y de condiciones ambientales, se realizó también una verificación en nivel cero, a través de un generador de aire Zero mismo que se puede evidenciar en el anexo XI. Los datos de cada medición se registraron en tablas ver anexo XII.



Figura 5.7. Medición de gases en el invernadero.



Figura 5.8. Visualización de los valores medidos en tiempo real con el App inventor.

Para la recolección de datos se llevó a cabo primeramente con todos los protocolos de bioseguridad por la situación actual de la pandemia para precautelar nuestra salud, de los trabajadores y del dueño del invernadero.

Debido a los problemas de la pandemia se tomó datos durante varios días en diferentes horarios, es decir se obtuvieron 280 datos. Estos datos fueron analizados mediante un software para obtener su gráfica.

En la figura 5.9., se puede observar los promedios de los gases derivados del carbono en el invernadero arrojados por el dispositivo. Los datos registrados de los gases en el invernadero fueron permisibles y no representan daños en la salud de los trabajadores, mismo que se socializó con el propietario.

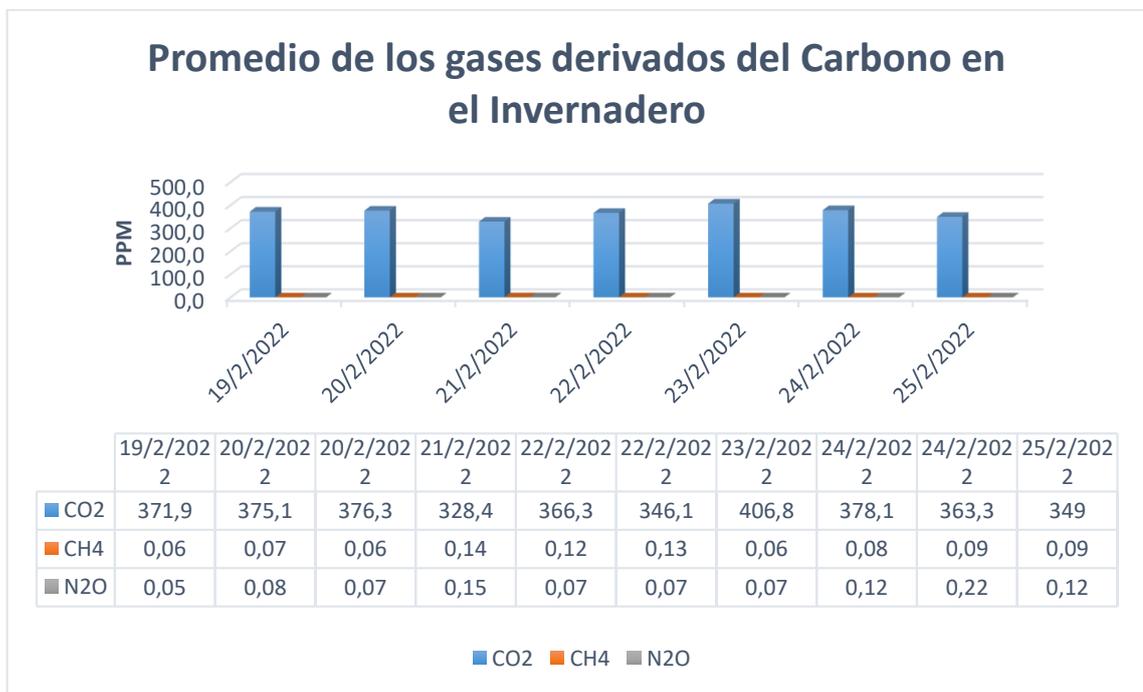


Figura 5.9. Promedio de los gases derivados del carbono en el invernadero.

En la figura 5.10., se puede observar el promedio de la temperatura arrojados por el dispositivo, donde se obtuvo temperaturas que rondan de 19 °C a 34,1 °C. Para el desarrollo óptimo del cultivo se debe mantener en una temperatura que oscila entre los 14 °C a 30 °C durante el día y la noche, en el invernadero se registró temperaturas superiores a los 30 °C, los valores exceden de lo recomendado reduciendo la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos, disminuyen el crecimiento y la biomasa de las plantas, mismo que se socializó con el propietario.

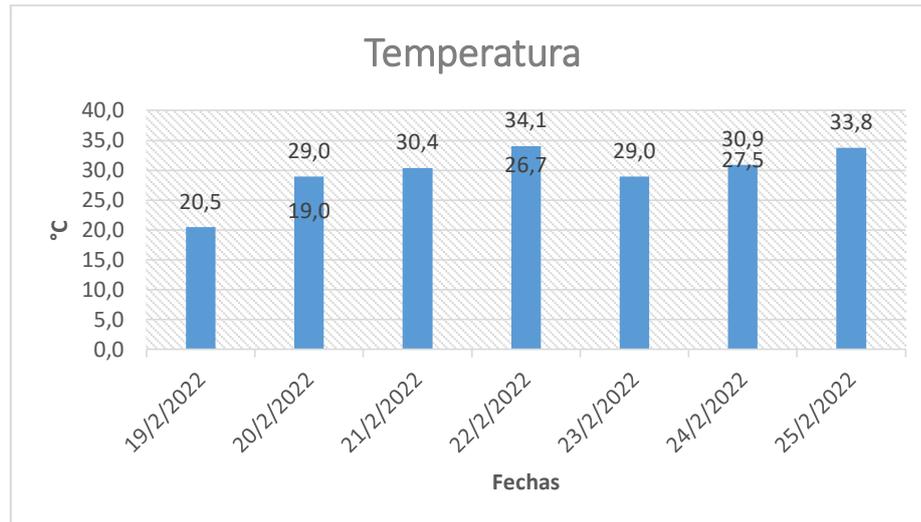


Figura 5.10. Promedio de la temperatura en el invernadero.

Los datos registrados de la humedad relativa en el invernadero representan daños a la planta debido a que se registraron humedades promedio de 44,9 % por debajo de lo recomendado como se ve en la figura 5.11., generando enfermedades fungosas y bacterianas mismo que se socializó con el propietario.

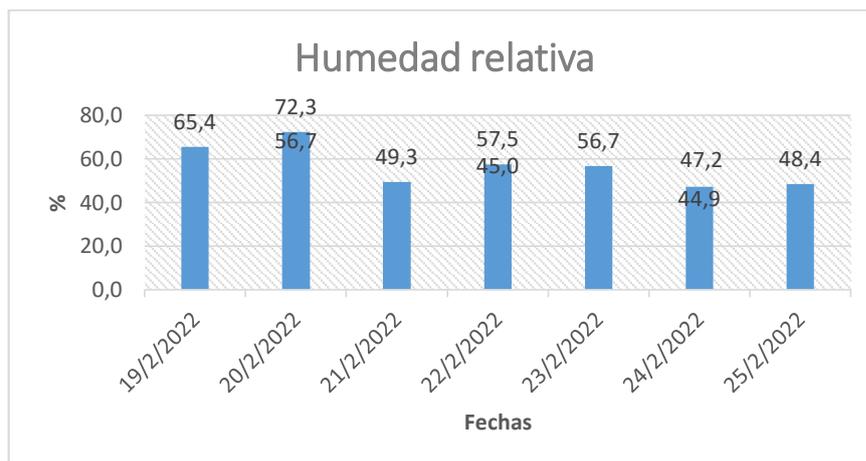


Figura 5.11. Promedio de la humedad en el invernadero.

En la figura 5.12., se puede observar el promedio de luminosidad arrojados por el dispositivo, donde se registraron datos por bajo de los 634,4 lumex debido a que la mayor parte de los días paso nublado, estos valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre el proceso de fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, ya que requiere al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer, mismo que se socializó con el propietario.

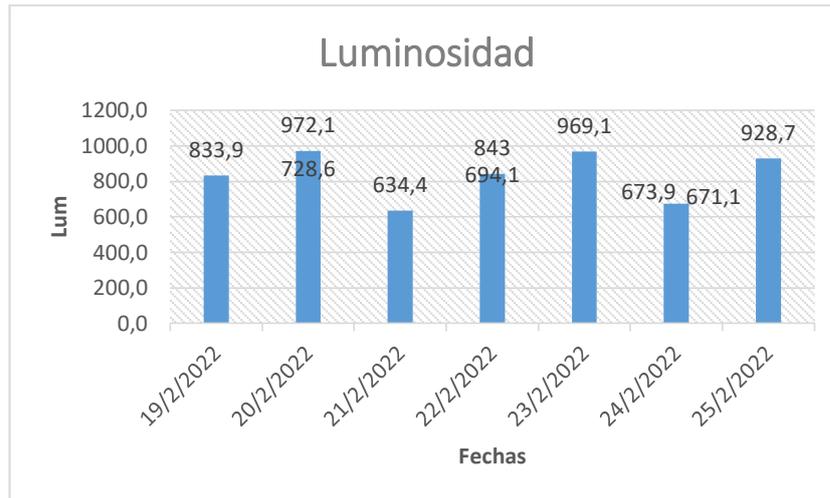


Figura 5.12. Promedio de la luminosidad en el invernadero.

5.7 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE DATOS MEDIDOS CON DATOS PERMISIBLES DE CADA GAS

En la tabla 5.2., se visualiza los valores permisibles de cada gas que una persona puede soportar sin afectar su salud al momento de ingresar al invernadero.

De manera general los gases derivados del carbono predominantes en el invernadero de tomates riñón donde se realizaron las mediciones es el dióxido de carbono (CO₂) con promedio de 366,1 ppm, pero este gas no presenta ningún peligro para la salud de los trabajadores y del dueño del invernadero ya que no supera el rango permisible del gas, cabe recalcar que el dióxido de carbono en el aire siempre oscila entre los 350 a 450 ppm, al superar las 1000 ppm se debería tomar precauciones.

En cuanto a los gases de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) presentaron valores promedios de concentración bastante bajas de 0,09 y 0,10 ppm respectivamente. De acuerdo a ello no superan el rango permisible del gas y se determina que son valores de calidad de aire aceptable según las Organizaciones Nacionales e Internaciones que regulan la calidad del aire.

En cuanto a las condiciones edafoclimáticas se presentó bastante déficit debido a que el invernadero no cuenta con un control de las mismas, los datos de temperatura oscilaban de 19 °C a 34,1 °C, valores que exceden lo recomendado, la humedad relativa presento un promedio de 44,9 % por debajo de lo recomendado, causando daños a la plata, reduciendo la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos, disminuyen el crecimiento, fungosas y bacterianas.

Debido a que la mayor parte de los días paso nublado luminosidad los datos arrojados por el dispositivo fue por bajo de los 634,4 lúmenes, estos valores reducidos inducen de forma negativa sobre el proceso de fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, ya que requiere

al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer, todos estos datos se socializaron con el propietario.

Tabla 5.9. Nivel de exposición.

NIVEL DEL CONTAMINANTE (PPM)	AFECCIONES A LA SALUD DE ACUERDO AL NIVEL DE EXPOSICIÓN
Dióxido de Carbono CO₂	
350 a 450	Concentración atmosférica típica
600 a 800	Calidad del aire interno aceptable
800 a 1000	Calidad del aire interno tolerable
1000 a 5000	Límite promedio de exposición de 8 horas
6000 a 30000	Preocupación, solo exposición breve
3-8%	Incremento de la frecuencia, Dolor de cabeza
>10	Nauseas, Vómito, Pérdida de conocimiento
>20%	Pérdida de conocimiento repentina, Muerte
Metano CH₄	
1000	El valor límite que una persona puede ser sometida al gas antes de que empiece a sentir síntomas en su salud
50000-150000	Potencialmente explosivo
500000	Asfixia
Óxido Nitroso N₂O	
10 a 20	Ligeramente irritante
25	Límite de exposición recomendado (10 horas)
50	Límite de exposición profesional recomendado (8 horas)

5.8 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Con la implementación del dispositivo electrónico que identifica y cuantifica gases derivados del carbono (CO₂, CH₄ y N₂O) se suplemento la inexistencia del mismo debido a que en las mediciones realizadas en el invernadero con un total de 280 datos nos dan valores que no superan los rangos permisibles que dañan la salud del trabajador, también se constata estas mediciones por lo que el dispositivo se Inter comparó con un dispositivo patrón, con un total de 80 datos lo cual hace que el dispositivo sea confiable en cuanto a las mediciones.

5.9 CERTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO

Para la validación de los datos que está arrojando los sensores del dispositivo electrónico se Inter comparó mediante dispositivos patrón que son propiedad de la empresa IPGMServicios ambientales, el cual se encuentra calibrado y certificada para el monitoreo de los gases. La Inter comparación de los sensores de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso se utilizó el modelo CO₂ Meter + HUMIDITY THERMOMETER y testo 350 dándonos un margen de error 5,05 %, 2 % y 3,37 % respectivamente, también se encero al dispositivo mediante la inyección de

aire cero lo cual ayuda a los sensores a eliminar cualquier impureza dándonos como resultados valores que no sean superiores a cero, a través de un generador de aire Zero, Thermo scientific, modelo 111. Para los sensores de condiciones ambientales de temperatura y humedad se utilizó el dispositivo extech, modelo HT30 dándonos un margen de error de 0,01 % y 0,09 % respectivamente.

Para lo cual se presenta en el Anexo IX, X, XI y XII la debida certificación que valida lo anteriormente mencionado.

5.10 PRESUPUESTO

En la tabla 5.3 se puede observar los gastos realizados para el desarrollo del dispositivo electrónico tanto en diseño, materiales, construcción y calibración. En el anexo XVI se puede observar la tabulación de los gastos correspondientes en una manera más detallada de acuerdo a lo desarrollado.

Tabla 5.10. Descripción de la inversión total.

Inversión Total	
Costos directos	\$ 241,99
Mano de obra	\$ 799,20
Costos indirectos	\$ 140,00
Total	\$ 1181,19

5.11 IMPACTO TÉCNICO

El impacto técnico que brinda el desarrollo del presente proyecto beneficia a los agricultores del sector en lo que tiene que ver con los parámetros a cuantificar para observar el nivel de los derivados del carbono en el cultivo de tomates, detección de enfermedades por inhalación de gases tóxicos y bajas temperaturas que pueden afectar a las plantas de tomate de riñón.

Tabla 5.11. Equipo de protección.

Equipos de protección personal	
Ubicación del equipo de protección	Descripción
Cabeza	Capucha o gorra impermeable
Ojos	Antiparras o capucha con protección
Vías respiratorias	Mascaras respiratorias

Mano	Guante de nitrillo, acrilonitrillo o pvc
Torso	Delantal impermeable o mameluco
Pies	Botas impermeables de suela gruesa

5.12 IMPACTO ECONÓMICO

El desarrollo del presente proyecto es de fácil accesibilidad para los agricultores que ven en el dispositivo un sistema de seguridad con una inversión económica mínima al momento de construir el dispositivo electrónico.

Tabla 5.12. Tablas del VAN y TIR.

Datos	Valores
Número de periodo	5
Tipo de periodo	Anual
Tasa de descuento	10%

Flujo de egresos	
	B
Año	Valor
1	3000
2	3000
3	3000
4	3000
5	3000
TOTAL	15000

Flujo de ingresos	
	A
Año	Valor
1	3500
2	3600
3	3500
4	3700
5	3400
TOTAL	17700

Flujo de Efectivo Neto	
	A-B
Año	Valor
1	500
2	600
3	500
4	700
5	400

Detalle año	Flujo efectivo neto
0	-1000
1	300
2	600
3	500
4	700
5	400

VAN y TIR	
VAN=	\$3052,55
TIR=	46 %

Formulación de datos	
f1=	500
f2=	600
f3=	500

f4=	700
f5=	400
n=	5 años
i=	10 % de tasa de interés (0,10)
Io=	Inversión inicial 1000

Observando el flujo de egresos y el flujo de ingresos durante cinco años, con una inversión de 1000 se recupera en dos años y con una tasa de interés del 10% se puede ver que, si hay una ganancia, para poder obtener una ganancia debe darnos mayor a 25% en el caso que nos dé un mismo porcentaje del 25% no estamos ni ganando ni perdiendo, pero en cambio sí tenemos una ganancia menor al 25% ya es perdida y recomendable ya no es de seguir invirtiendo.

5.13 IMPACTO AMBIENTAL

La implementación del dispositivo desarrollado ayudará a determinar si en el lugar de los invernaderos existen altos valores de contaminación producidos por gases derivados del carbono (CO₂, CH₄, N₂O), ya que el Dióxido de carbono y el Metano son los principales gases de efecto invernadero, que pueden ser producidos por fuentes existentes en dichos lugares, de esta manera el usuario tendría la posibilidad de observar y determinar si las fuentes de contaminación por ejemplo, al momento de la fumigación, al quemar materiales plásticos dentro del invernadero.

Tabla 5.13. Tabla de impactos.

IMPACTOS					
Con el dispositivo			Sin el dispositivo		
Descripción	Precio U	Precio total	Descripción	Precio U	Precio Total
Plantas	1000	1000	Plantas	1000	1000
Enraizante	60	60	Enraizante	60	60
KMELOT Insecticida Agrícola	45	270	KMELOT Insecticida Agrícola	45	270
ESLABÓN Acaricida - Insecticida	50	300			
Ca-B-Zn Fertilizante Foliar	60	360	Ca-B-Zn	60	360

			Fertilizante Foliar		
ORTHOCIDE Fungicida Agrícola	45	270			
BELLKUTE Fungicida Agrícola	45	270	BELLKUTE Fungicida Agrícola	45	270
TOTAL		2530			1960

Mediante el proceso del CO₂ se puede controlar el crecimiento de la planta y la producción sea más rápido, a su vez controlando las variables edafoclimáticas para reducir el uso de fungicidas, reduciendo los costos y teniendo una mayor ganancia, queda abierto a los agricultores que deseen adquirir este dispositivo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Las emisiones de carbono presentes en el invernadero de tomates riñón es de gran importancia especialmente el CO₂, CH₄ y N₂O ya que son los principales gases causantes del efecto invernadero y cambio climático. Es determinante el estudio de dichos gases para evaluar los riesgos como la explosión por gases inflamables, riesgo de asfixia por desplazamiento de oxígeno o por el aumento de la inflamabilidad por enriquecimiento en oxígeno y por último el riesgo de intoxicación por gases tóxicos respectivamente.
- Para el diseño del dispositivo electrónico se evaluaron 3 variables principales que son de entrada, de procesamiento de información y de salida que determinaron el correcto funcionamiento del dispositivo. En primera instancia se diseñó el esquema de conexión de manera preliminar en el software, esto permitió la programación de cada uno de los componentes del dispositivo.
- La calibración y validación del dispositivo se lo hizo mediante una Inter comparación con un dispositivo patrón tanto para los sensores electroquímicos y de condiciones ambientales, y mediante la inyección de aire Zero ayuda a los sensores a eliminar cualquier impureza, dándonos un margen de error en los sensores de dióxido de carbono con 5,05%, metano de 2%, óxido nitroso de 3,37%, temperatura de 0,01% y en la humedad de 0,09%.
- El gas predominante derivado del carbono es el CO₂ con un promedio de 366,1 ppm, la presencia del CH₄ y N₂O no fue tan significativa ya que se obtuvo valores bajos a comparación del otro gas analizado con promedios de 0,09 y 0,10 ppm respectivamente, de acuerdo a ello no superan el rango permisible del gas y se determina que son valores de calidad de aire aceptable.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que cada uno de los sensores electroquímicos sea precalentado durante 12 a 24 horas para un equilibrio y estabilidad de las mediciones este procedimiento solo se lo debe realizar la primera vez a partir de su compra.
- Para la correcta calibración de cada uno de los sensores electroquímicos en el caso de cambio es necesario tomar en cuenta la revisión de la ficha técnica correspondiente

(Datasheet), para la determinación de la sensibilidad y la dependencia de la temperatura y humedad de acuerdo al sector de análisis.

- Para el control de humedad y temperatura del invernadero se debería abrir las ventanillas laterales del invernadero e implementar ventilación forzada.
- Con la información obtenida se recomienda implementar un sistema automatizado para controlar las condiciones edafoclimáticas.
- Se recomienda implementar un dispositivo que inyecte CO₂ al invernadero para disminuir el tiempo de producción.
- Se recomienda implementar una máquina clasificadora de tomates riñón para reducir el tiempo de clasificado de la misma.
- El tiempo de duración de la batería es de 1 hora, en el caso de ser necesario el uso continuo que sobrepase las 4 horas de estudio realizar el cambio de la alimentación a una batería de tipo Li-Po de 3000 mAh.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. C. Vela Cantos, «Caracterización física, química y nutricional del tomate riñón (*Lycopersium Esculentum*), en diferentes suelos edafoclimáticos, cultivados a campo abierto e invernadero, como un aporte a la norma INEN.», p. 186, 2010.
- [2] M. E. M. Gómez, D. E. L. Alarcón, y D. K. C. Santos, «Caracterización estática del comportamiento agroeconómico del tomate riñón producido en invernadero», *AlfaPublicaciones*, vol. 3, n.º 3.1, Art. n.º 3.1, ago. 2021, doi: 10.33262/ap.v3i3.1.104.
- [3] L. D. Ortega Martínez *et al.*, «Nivel tecnológico de invernadero y riesgo para la salud de los jornaleros», *Nova Sci.*, vol. 9, n.º 18, pp. 21-42, 2017, doi: 10.21640/ns.v9i18.730.
- [4] P. Nuñez y J. Jose, «Determinantes de afecciones respiratorias por exposición a componentes agroquímicos en el personal de campo que labora en una empresa dedicada a la producción de tomate riñón bajo invernadero (*Lycopersicum esculentum*), en el Cantón Urcuquí Provincia de Imbabura», 2017, Accedido: 6 de marzo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/18123>
- [5] F. Herrera Tapia, «Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana: Una aproximación teórica», *Gac. Labor.*, vol. 12, n.º 1, pp. 93-119, ene. 2006.
- [6] A. F. Dascon Hurtado, «Evaluación de cinco variedades de tomate (*solanum lycopersicum* l.) obtenidas usando germoplasma nativo ecuatoriano frente a dos tratamientos de control de plagas, en la provincia de Loja», 2018, Accedido: 6 de marzo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7671>
- [7] «Empleando los sensores de CO2 de Vaisala en un invernadero científico», *Vaisala*. <https://www.vaisala.com/es/case/employing-vaisalas-co2-sensors-scientific-greenhouse> (accedido 11 de enero de 2022).
- [8] D. E. Hernández, M. A. V. Domínguez, y J. Aguilar, «Diseño e implementación de un dispositivo digital para el control de la temperatura en un invernadero de tomate.», p. 98, 2014.
- [9] I. P. Saca Morocho y D. S. Ulcuango Chicaiza, «Implementación de un dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de tipos de carbono en ambientes para determinar la calidad del aire en pequeñas y medianas empresas del sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.», mar. 2021, Accedido: 24 de febrero de

2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8086>
- [10] A. Ruales, «Colegio de comunicación y artes contemporáneas (COCOA)», p. 59, may 2017.
- [11] «701-Electr--nica--Jaime.pdf». Accedido: 15 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/118/fea/701-Electr--nica--Jaime.pdf
- [12] R. S. Dorf y James, *Circuitos eléctricos*. Place of publication not identified: Alfaomega Grupo Editor, 2011. Accedido: 15 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3213897>
- [13] «boylestad_introduccion_al_analisis_de_circuitos_13e_anexo_02.pdf». Accedido: 15 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: http://www.pearsonenespanol.com/docs/librariesprovider5/files_recursoismcc/boylestad_introduccion_al_analisis_de_circuitos_13e_anexo_02.pdf?sfvrsn=f68ee2b2_2
- [14] «Tecnología de las baterías.pdf». Accedido: 15 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/PresentacionBaterias.pdf?fbclid=IwAR2HvEQce8y3DFo_boSk3CZQWK2c1Sx7zyd_2GaT740kyyeGxsBn0TBuEYo
- [15] R. P. G. Andrés, «Diseño e implementación de un sistema para detección y monitoreo de la concentración de gas GLP mediante arreglo de sensores orientado al sector residencial», p. 136.
- [16] «tiposarduino.pdf». Accedido: 16 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/tiposarduino.pdf>
- [17] jecrespom, «IDE Arduino y configuración», *Aprendiendo Arduino*, 18 de junio de 2017. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/18/ide-arduino-y-configuracion/> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [18] jecrespom, «Entorno de programación de Arduino (IDE)», *Aprendiendo Arduino*, 29 de marzo de 2016. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/03/29/entorno-de-programacion-de-arduino-ide/> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [19] «Estructura básica de un programa». http://dfists.ua.es/~jpomares/arduino/page_04.htm (accedido 16 de diciembre de 2021).

- [20] «Arduino IDE», *Proyecto Arduino*, 14 de septiembre de 2018. <https://proyectoarduino.com/arduino-ide/> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [21] «Sobre nosotros». <https://appinventor.mit.edu/about-us> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [22] «Obtener el oro». <https://appinventor.mit.edu/explore/ai2/get-gold> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [23] «¿Qué es Blockly?», *IONOS Digitalguide*. <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/blockly/> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [24] JC Mouse, «Google Blockly: Lenguaje de programación visual por bloques». <https://www.jc-mouse.net/noticias/google-blockly-lenguaje-de-programacion-visual-por-bloques> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [25] J. Rederjo, «Uso de AppInventor en la asignatura de tecnologías de la información y la comunicación | observatorio tecnológico», 20 de febrero de 2013. <http://recursostic.educacion.es/observatorio/version/v2/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [26] «TFG_Josue_Gonzalez_Pariente.pdf». Accedido: 16 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30479/TFG_Josue_Gonzalez_Pariente.pdf?sequence=
- [27] A. R. Castellano, «Bluetooth. Introducción a su Funcionamiento.», p. 16.
- [28] «ConfigHC05.pdf». Accedido: 16 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/ConfigHC05.pdf>
- [29] «Leer y escribir en una tarjeta SD o micro SD con Arduino», *Luis Llamas*. <https://www.luisllamas.es/tarjeta-micro-sd-arduino/> (accedido 6 de marzo de 2022).
- [30] «Módulo RTC DS3231 + EEPROM AT24C32 (I2C)», *Naylamp Mechatronics - Perú*. <https://naylampmechatronics.com/sensores/107-modulo-rtc-ds3231-eprom-at24c32-i2c.html> (accedido 6 de marzo de 2022).
- [31] «Reloj y calendario en Arduino con los RTC DS1307 y DS3231», *Luis Llamas*.

- <https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>
(accedido 6 de marzo de 2022).
- [32] «Reloj con Arduino, cómo controlar los tiempos con un RTC», 21 de febrero de 2017. <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/reloj-con-arduino-rtc/> (accedido 6 de marzo de 2022).
- [33] «Shield Datalogger», *Naylamp Mechatronics - Perú*. <https://naylampmechatronics.com/ardusystem-shields/274-shield-datalogger.html>
(accedido 6 de marzo de 2022).
- [34] J. G. Cobo, «Las mejores pantallas LCD para Arduino», *Hardware libre*, 3 de julio de 2018. <https://www.hwlibre.com/pantallas-lcd-arduino/> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [35] BricoGreek, «Pantalla Serial LCD 128x64 Sparkfun LCD-09351 | BricoGeek.com». <https://tienda.bricogeek.com/descatalogado/334-pantalla-serial-lcd-128x64.html> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [36] M. A. Cacoango Pilco, «Estudio de la adaptación y rendimiento de 10 variedades de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.», 2018, Accedido: 7 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10347>
- [37] K. F. Moncayo Suarez, «Visión por computador para reconocimiento de malezas en cultivos de tomate riñón de invernadero, mediante redes neuronales», oct. 2021, Accedido: 11 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11567>
- [38] E. Ramirez Iglesias, M. Riofrío-Vega, C. Gonzáles-Quirola, y P. Ortiz, «Efecto de diferentes bioabonos en el crecimiento de plantas de tomate de riñón var. Alambra (*Solanum lycopersicum* Mill.)», *Rev. Fac. Agron.*, vol. 71, p. 2021, sep. 2021, doi: 10.5281/zenodo.5091803.
- [39] C. F. Alcalde Cajamarca y E. G. Bone Fonte, «Diseño de una máquina clasificadora de tomates de 700 [Kg/h] de capacidad», sep. 2013, Accedido: 16 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6697>
- [40] B. A. Lema Caba, «Evaluación de la calidad ambiental en suelos de invernaderos de Tomate Riñón (*Lycopersicum esculentum* mil) en el sector san antonio de la parroquia San

- Luis cantón Riobamba.», jul. 2019, Accedido: 1 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13270>
- [41] R. E. Suárez Vinueza, «Automatización y control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética.», jul. 2021, Accedido: 29 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.UTC.edu.ec/handle/27000/7819>
- [42] S. M. Ramírez, R. S. Vinueza, E. D. N. Rivera, J. S. S. Pilaguano, J. Á. Pastuña, y G. R. Estrada, «Automatización y control de un invernadero», *Cienc. Ing. Apl.*, vol. 4, n.º 1, Art. n.º 1, sep. 2021.
- [43] F. J. Quishpe Cushicondor, «“Aplicación de tres dosis de biol con fertirriego en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en el cantón Quito provincia de Pichincha.», ago. 2021, Accedido: 15 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.UTC.edu.ec/handle/27000/7690>
- [44] D. F. Pérez Méndez, «Evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*), variedad Sheila Victory bajo invernadero en el cantón Mira.», Thesis, UPEC, 2021. Accedido: 2 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://www.repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1017>
- [45] Y. S. Herrera Baquero, «Evaluación agronómica de un portainjerto de vigor para tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) vs una planta franca bajo condiciones De invernadero en Santa Sofia, Boyacá.», nov. 2021, Accedido: 18 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/3854>
- [46] A. Urquijo y ° Planta, «7 metodologías para el cálculo de emisiones de carbón de efecto invernadero», p. 31.
- [47] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo», p. 193, 2015.
- [48] «Dióxido de carbono CO₂», *Instituto para la Salud Geoambiental*, 14 de junio de 2017. <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2> (accedido 29 de noviembre de 2021).
- [49] «El dióxido de carbono y la calidad del aire». <https://www.tfm.pe/noticias/mantener-el->

- balance-el-dioxido-de-carbono-y-la-calidad-de-aire (accedido 22 de noviembre de 2021).
- [50] infoAgro, «El cultivo del tomate (Parte I)». https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp (accedido 5 de noviembre de 2021).
- [51] «Tomates de invernadero | Yara Ecuador», *Yara None*, 5 de abril de 2018. <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/tomates-de-invernadero/> (accedido 27 de noviembre de 2021).
- [52] Product KROSAGRO, «¿Cuánto CO₂ utilizan los invernaderos?». <https://krosagro.com/es/tuneles-de-plastico/cuanto-co2-utilizan-los-invernaderos/> (accedido 8 de noviembre de 2021).
- [53] «Inyección de bióxido de carbono (CO₂) en invernadero | Intagri S.C.». [https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-\(CO2\)-en-invernadero](https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-(CO2)-en-invernadero) (accedido 5 de enero de 2022).
- [54] P. M. de L. Cornejo Arteaga, «Aplicaciones del metano». <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n4/m2.html> (accedido 5 de diciembre de 2021).
- [55] «CH₄ (Metano) | PRTR España». <https://prtr-es.es/CH4-metano,15588,11,2007.html> (accedido 22 de noviembre de 2021).
- [56] «N₂O (Óxido nitroso) | PRTR España». <https://prtr-es.es/n2o-oxido-nitroso,15592,11,2007.html> (accedido 25 de noviembre de 2021).
- [57] L. Castañeda-Aviña y L. Castañeda-Aviña, «Sensores de gases basados en semiconductores», *RIIT Rev. Int. Investig. E Innov. Tecnológica*, vol. 6, n.º 33, pp. 0-0, ago. 2018.
- [58] «kit, sensores, gas, MQ». <https://altronics.cl/kit-9-sensores-gas-mq> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [59] «Módulo sensor CO₂ (MG-811) DFRobot SEN0159 | BricoGeek.com». <https://tienda.bricogeek.com/co2/1494-modulo-sensor-co2-mg-811.html> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [60] «Sensor de gas metano (Gas Natural) - MQ-4», *Electronilab*.

- <https://electronilab.co/tienda/mq-4-sensor-de-gas-metano-gas-natural/> (accedido 16 de diciembre de 2021).
- [61] «PFC_VICTOR_PABLO_GOZALO.pdf». Accedido: 4 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/63136/1/PFC_VICTOR_PABLO_GOZALO.pdf?fbclid=IwAR2a3LPVY_LIzNVF2c2MrLKcvHjtctEjfHleFX-BrI4KJaxMjKOWK9_r8kU
- [62] O. F. Alzate, «DHT11 datasheet», <http://codigoelectronica.com>, 19:13:25.0. <http://codigoelectronica.com/blog/dht11-datasheet> (accedido 4 de enero de 2022).
- [63] «LM7805 Regulador de tensión: Características, comparaciones y más - Electrogeek». <https://www.electrogeekshop.com/lm7805-regulador-de-tension-caracteristicas-comparaciones-y-mas/> (accedido 4 de enero de 2022).
- [64] «▷Conexiones inalámbricas aprende fácil todos los tipos», [redesinalámbricas.es](https://www.redesinalambricas.es). <https://www.redesinalambricas.es/conexiones-inalambricas/> (accedido 4 de enero de 2022).
- [65] «Detector de gases con Arduino y la familia de sensores MQ», *Luis Llamas*. <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/> (accedido 4 de enero de 2022).
- [66] «9 increíbles sensores de temperatura para Arduino», *kolwidi*. <https://kolwidi.com/blogs/blog-kolwidi/9-increibles-sensores-de-temperatura-para-arduino> (accedido 4 de enero de 2022).

ANEXOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I Programación del microcontrolador

1/7

```
//Declaración de variables y librerías
#include <Wire.h>
#include <SD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <RtcDS3231.h>
#include <SoftwareSerial.h> // Librería software serial: 1=rx; 2=tx
#define rojo 10
#define verde 12
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 4); //16,4 es el tamaño de la pantalla
float LDR;
SoftwareSerial Gases(1, 2);
RtcDS3231<TwoWire> Rtc(Wire);

const int MQ_PIN = A4; // Pin del sensor
const float RL_VALUE = 10; // Resistencia RL del módulo en Kilo ohms
const float R0 = 2; // Resistencia R0 del sensor en Kilo ohms

//Datos para lectura multiple
const int READ_SAMPLE_INTERVAL = 5; // Tiempo entre muestras
const int READ_SAMPLE_TIMES = 100;
const float X0 = 400;
const float Y0 = 325;
const float X1 = 10000;
const float Y1 = 265;
const float punto0[] = { log10(X0), log10(Y0) };
const float punto1[] = { log10(X1), log10(Y1) };
//Calcular pendiente y coordenada abscisas
const float scope = (punto1[1] + punto0[1]) / (punto1[0] + punto0[0]);
const float coord = punto0[1] + punto0[0] * scope;

//Datos medición iluminación
const long A = 1000; //Resistencia en oscuridad en KΩ
const int B = 15; //Resistencia a la luz (10 Lux) en KΩ
const int Rc = 10; //Resistencia calibración en KΩ
const int LDRPin = A0; //Pin del LDR
float RS;
int V;
int ilum;
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I Programación del microcontrolador

2/7

```
#include "DHT.h" //datos de medición humedad y temperatura
#define DHTPIN 3
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup()
{
  lcd.backlight(); //Inicio de fondo retroalimentado
  lcd.init(); //inicializacion de la pantalla
  lcd.clear();
  dht.begin();

  Serial.begin(9600);
  Rtc.Begin();// Comenzamos el sensor DHT
  Gases.begin(38400);
  if (! SD.begin()) { // si falla la inicializacion del modulo
    Serial.println("Fallo la tarjeta, o no hay tarjeta!"); // muestra mensaje de error
    return;
  }
  SD.remove("datalog.txt");
  pinMode(rojo, OUTPUT);
  pinMode(verde, OUTPUT);
  lcd.clear();
  delay(500);

  //Datos generales
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("UNIVERSIDAD TECNICA ");
  lcd.setCursor(4, 2);
  lcd.print("DE COTOPAXI ");
  delay(2500);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("ING. ELECTROMECAÁNICA");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Postulantes: ");
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Rene Quishpe ");
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("Angel Ulco ");
  delay(1500);
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I Programación del microcontrolador

3/7

```
lcd.clear();
lcd.setCursor(6, 0);
lcd.print("MEDICION Y");
lcd.setCursor(3, 1);
lcd.print("CUANTIFICACION");
lcd.setCursor(6, 2);
lcd.print("DE GASES");
delay(1500);
//Limpieza de la pantalla
}

void loop()
{
RtcDateTime now = Rtc.GetDateTime();
printDateTime(now);
Serial.println();

}

#define countof(a) (sizeof(a) / sizeof(a[0]))
void printDateTime(const RtcDateTime& dt)
{
char datestring[20];
snprintf_P(datestring,
countof(datestring),
PSTR("%02u/%02u/%04u %02u:%02u:%02u"),
dt.Month(),
dt.Day(),
dt.Year(),
dt.Hour(),
dt.Minute(),
dt.Second() );
Serial.print(datestring);
V = analogRead(LDRPin);
ilum = ((long)V * A * 10) / ((long)B * Rc * (1024 - V)); //usar si LDR entre A0 y Vcc
float h = dht.readHumidity(); //Leemos la humedad relativa
float h1 = h * 0.86;
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

4/7

```
float temp = dht.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados centígrados (por defecto)
float t1 = temp * 0.886;
float f = dht.readTemperature(true); //Leemos la temperatura en grados Fahrenheit
if (isnan(h) || isnan(temp) || isnan(f)) //Comprobamos si ha habido algún error en la lectura
float hif = dht.computeHeatIndex(f, h); // Calcular el índice de calor en Fahrenheit
float hic = dht.computeHeatIndex(temp, h, false); // Calcular el índice de calor en grados centígrados

//Medicion de MQ4
int adc_MQ = analogRead(A1); //Lemos la salida analógica del MQ4
float voltaje = adc_MQ * (0.0048); //5/1023= 0.0048 Convertimos la lectura a voltaje
float RSS = 20000 * ((5 - voltaje) / voltaje); //Calculamos Rs con un RL de 20k
double ppm = 23.341 * pow(RSS / 5463, -1.456); // calculamos la concentración ppm.

//Medicion de MQ135
int adc_MQ135 = analogRead(A2); //Lemos la salida analógica del MQ135
float voltaje2 = adc_MQ135 * (0.0048); //5/1023= 0.0048 Convertimos la lectura a voltaje
float RSS2 = 20000 * ((5 - voltaje2) / voltaje2); //Calculamos Rs con un RL de 20k
double ppm2 = 23.341 * pow(RSS2 / 5463, -1.456); // calculamos la concentración ppm.

//Medicion de MG811
float rs_med = readMQ(MQ_PIN); // Obtener la Rs promedio
float concentration = getConcentration(rs_med / R0); // Obtener la concentración
float lec = analogRead(MQ_PIN);
float ppm3 = concentration / 20;

//Indicadores
if ((ppm > 1) || (ppm2 > 1) || (ppm3 > 1000))
{
digitalWrite(rojo, HIGH);
digitalWrite(verde, LOW);
}
else
{
digitalWrite(rojo, LOW);
digitalWrite(verde, HIGH);
}
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I	Programación del microcontrolador	5/7
---------	-----------------------------------	-----

```
// Mostrar en LCD
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("T:");
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print(t1);
lcd.setCursor(7, 0);
lcd.print(char(223));
lcd.print("C");
lcd.setCursor(10, 0);
lcd.print("H:");
lcd.setCursor(12, 0);
lcd.print(h1);
lcd.setCursor(17, 0);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Illum:");
lcd.setCursor(5, 1);
lcd.print(illum);
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print("lux");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("CH4:");
lcd.setCursor(4, 2);
lcd.print(ppm);
lcd.setCursor(8, 2);
lcd.print("");
lcd.setCursor(10, 2);
lcd.print("N2O:");
lcd.setCursor(14, 2);
lcd.print(ppm2);
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("CO2:");
lcd.setCursor(4, 3);
lcd.print(ppm3);
lcd.setCursor(13, 3);
lcd.print("(ppm)");
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I	Programación del microcontrolador	6/7
---------	-----------------------------------	-----

```
// Enviar datos por Bluetooth
Serial.print(t1);
Serial.print(" °C|");
Serial.print(illum);
Serial.print(" lux|");
Serial.print(h1);
Serial.print(" %|");
Serial.print(ppm2);
Serial.print(" ppm|");
Serial.print(ppm3);
Serial.print(" ppm|");
Serial.print(ppm);
Serial.println(" ppm|");
Serial.print(punto1[1]);
Serial.println(" p1");
delay(1000);

//if ((dt.Minute() == 0) or (dt.Minute() == 10)or(dt.Minute() == 20)or(dt.Minute() ==
30)or(dt.Minute() == 40)or(dt.Minute() == 50)) {
//if ((dt.Minute() == 0) or (dt.Minute() == 30)) {

if (dt.Second() == 30)
{
//if (dt.Second() == 0) {
File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

if (dataFile) {
dataFile.print(dt.Day());
dataFile.print("/");
dataFile.print(dt.Month());
dataFile.print("/");
dataFile.print(dt.Year());
dataFile.print(" ");
dataFile.print(dt.Hour());
dataFile.print(":");
dataFile.print(dt.Minute());
dataFile.print(" ");
dataFile.print("T: ");
dataFile.print(t1);
dataFile.print(", ");
dataFile.print("H: ");
dataFile.print(h1);
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I Programación del microcontrolador

7/7

```
dataFile.print(", ");
    dataFile.print("Illum: ");
    dataFile.print(illum);
    dataFile.print(" lux");
    dataFile.print(", ");
    dataFile.print("CO2:");
    dataFile.print(ppm3);
    dataFile.print(", ");
    dataFile.print("CH4: ");
    dataFile.print(ppm);
    dataFile.print(", ");
    dataFile.print("N2O:");
    dataFile.print(ppm2);
    dataFile.println(" ");
    dataFile.close();
}
}
//delay(1000);
//}
}

float readMQ(int mq_pin)
{
float rs = 0;
for (int i = 0; i < READ_SAMPLE_TIMES; i++)
{
    rs += getMQResistance(analogRead(mq_pin));
    delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
}
return rs / READ_SAMPLE_TIMES;
}
// Obtener resistencia a partir de la lectura analógica
float getMQResistance(int raw_adc)
{
return (((float)RL_VALUE / 100.0 * (1023 - raw_adc) / raw_adc));
}
// Obtener concentracion 10^(coord + scope * log (rs/r0))
float getConcentration(float rs_ro_ratio)
{
return pow(10, coord + scope * log(rs_ro_ratio));
}
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

Programación del dispositivo bluetooth

1/3



Figura II.1. Diseño de la interfaz principal “Diseñador”.

```
when Screen1 .BackPressed
do close application

when ListPicker1 .BeforePicking
do set ListPicker1 . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames

when ListPicker1 .AfterPicking
do set CONECT . Text to ListPicker1 . Selection
```

Figura II.2. Programación del estado inicio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

Programación del dispositivo bluetooth

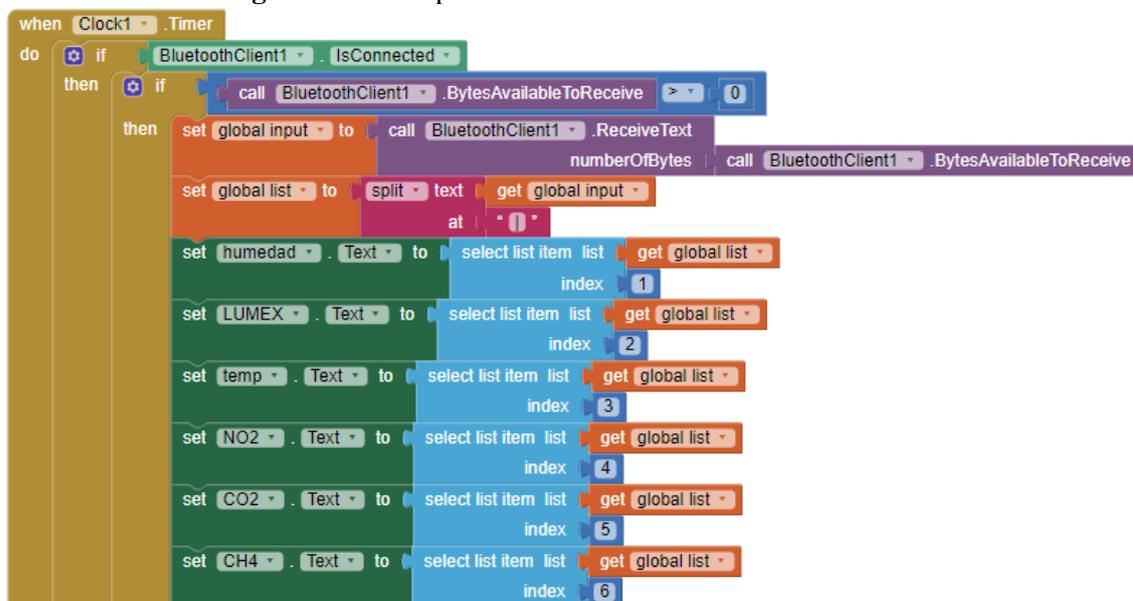
2/3



```
when CONECTAR .Click
do
  set ListPicker1 . Selection to call BluetoothClient1 .Connect
  address ListPicker1 . Selection
  set CONECT . Text to " CONECTADO "

initialize global list to create empty list
initialize global input to ""
```

Figura II.3. Comprobación si el Bluetooth está conectado.



```
when Clock1 .Timer
do
  if BluetoothClient1 .IsConnected
  then
    if call BluetoothClient1 .BytesAvailableToReceive > 0
    then
      set global input to call BluetoothClient1 .ReceiveText
      numberOfBytes call BluetoothClient1 .BytesAvailableToReceive
      set global list to split text get global input
      at " | "
      set humedad . Text to select list item list get global list
      index 1
      set LUMEX . Text to select list item list get global list
      index 2
      set temp . Text to select list item list get global list
      index 3
      set NO2 . Text to select list item list get global list
      index 4
      set CO2 . Text to select list item list get global list
      index 5
      set CH4 . Text to select list item list get global list
      index 6
```

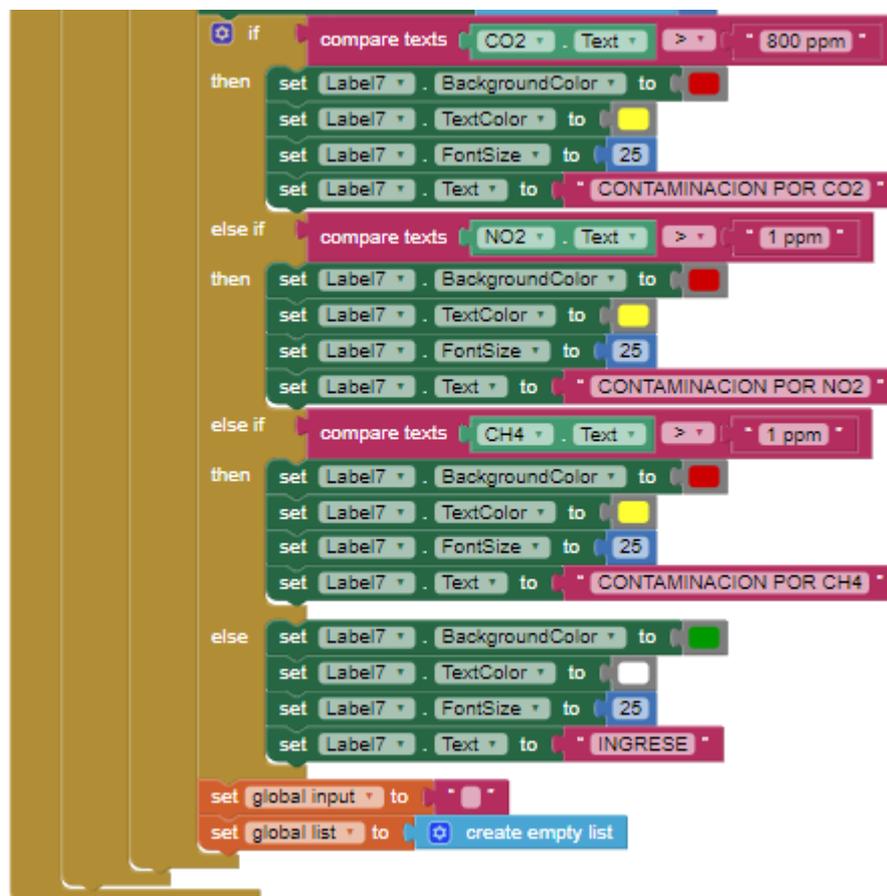
Figura II.4. Subrutina para recibir los datos y visualizar en la pantalla.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

Programación del dispositivo bluetooth

3/3



```
if (compare texts: CO2 . Text > 800 ppm)
then
  set Label7 . BackgroundColor to red
  set Label7 . TextColor to yellow
  set Label7 . FontSize to 25
  set Label7 . Text to "CONTAMINACION POR CO2"
else if (compare texts: NO2 . Text > 1 ppm)
then
  set Label7 . BackgroundColor to red
  set Label7 . TextColor to yellow
  set Label7 . FontSize to 25
  set Label7 . Text to "CONTAMINACION POR NO2"
else if (compare texts: CH4 . Text > 1 ppm)
then
  set Label7 . BackgroundColor to red
  set Label7 . TextColor to yellow
  set Label7 . FontSize to 25
  set Label7 . Text to "CONTAMINACION POR CH4"
else
  set Label7 . BackgroundColor to green
  set Label7 . TextColor to white
  set Label7 . FontSize to 25
  set Label7 . Text to "INGRESE"
set global input to ""
set global list to create empty list
```

Figura II.5. Subrutina de alerta de gases

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO III	Datos de permisibilidad para los gases analizados (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	1/1
-----------	--	-----

Tabla III.1. Datos permisibles para los gases analizados

NIVEL DEL CONTAMINANTE (PPM)	AFECCIONES A LA SALUD DE ACUERDO AL NIVEL DE EXPOSICIÓN
Dióxido de Carbono CO₂	
350 a 450	Concentración atmosférica típica
600 a 800	Calidad del aire interno aceptable
800 a 1000	Calidad del aire interno tolerable
1000 a 5000	Limite promedio de exposición de 8 horas
6000 a 30000	Preocupación, solo exposición breve
3-8%	Incremento de la frecuencia, Dolor de cabeza
>10	Nauseas, Vómito, Pérdida de conocimiento
>20%	Pérdida de conocimiento repentina, Muerte
Metano CH₄	
1000	El valor límite que una persona puede ser sometida al gas antes de que empiece a sentir síntomas en su salud
50000-150000	Potencialmente explosivo
500000	Asfixia
Óxido Nitroso N₂O	
10 a 20	Ligeramente irritante
25	Límite de exposición recomendado (10 horas)
50	Límite de exposición profesional recomendado (8 horas)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IV

Hoja Técnica del sensor MG-811

1/2

MG811 CO2 Sensor

Features

- Good sensitivity and selectivity to CO₂
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

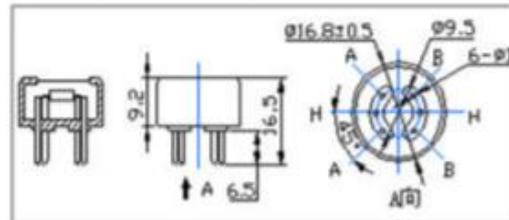
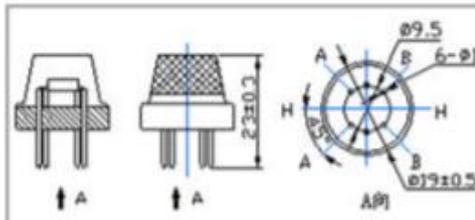
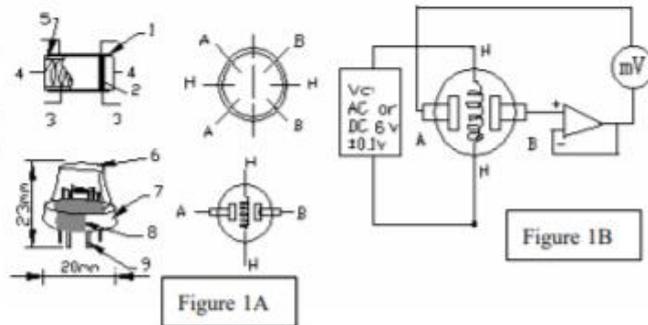
Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO₂ concentration Detection



Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9)



Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle , It is composed by the following solid cells :

Air , Au|NASICON|| carbonate|Au, air , CO₂

When the sensor exposed to CO₂ , the following electrodes reaction occurs :

Cathodic reaction : $2Li + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- = Li_2CO_3$

Anodic reaction : $2Na + 1/2O_2 + 2e^- = Na_2O$

Overall chemical reaction : $Li_2CO_3 + 2Na = Na_2O + 2Li + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation :

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

$P(CO_2)$ —CO₂--- partial Pressure E_c —Constant Volume R —Gas Constant volume

T — Absolute Temperature (K) F —Faraday constant

From Figure 1B , Sensor Heating voltage supplied from other circuit , When its surface temperature is high enough , the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal ,and its result accord with Nernst 's equation. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ , Its testing current should be control below 1nA.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IV

Hoja Técnica del sensor MG-811

2/2

Specifications :

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
V_H	Heating Voltage	6.0±0.1 V	AC or DC
R_H	Heating Resistor	30.0±5%Ω	Room Temperature
I_H	Heating Current	@200mA	
P_H	Heating Power	@1200mW	
Tao	Operating Temperature	-20—50	
Tas	Storage Temperature	-20—70	
? E?M F	Output	30—50mV	350—10000ppmCO2

Sensitivity :

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

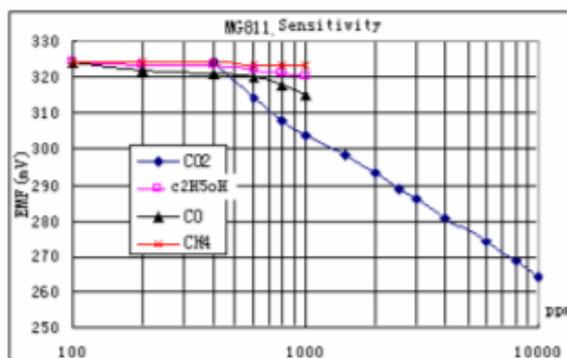
Conditions:

Tem : 28°C,

RH : 65%,

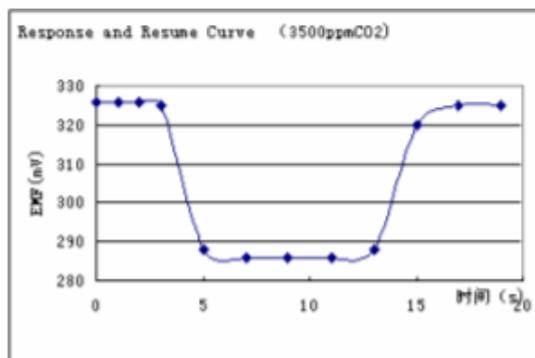
Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration .

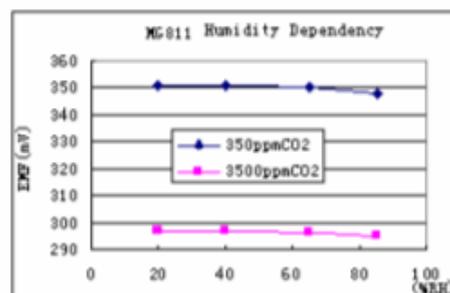
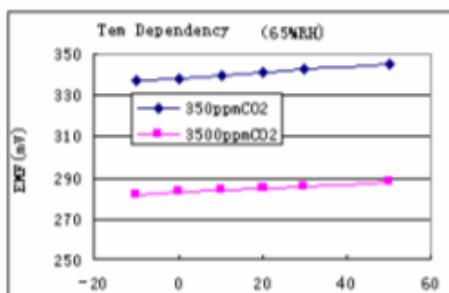


Response and Resume Characteristic :

Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



Temperature and Humidity Dependency :



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO V

Hoja Técnica del sensor MQ-4

1/2

HANWEI ELECTRONICS

MQ-4

www.hwsensor.com

TECHNICAL DATA MQ-4 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to CH₄, 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 CH₄, 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 _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
P _L	Load resistance	20K Ω	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 750mw	

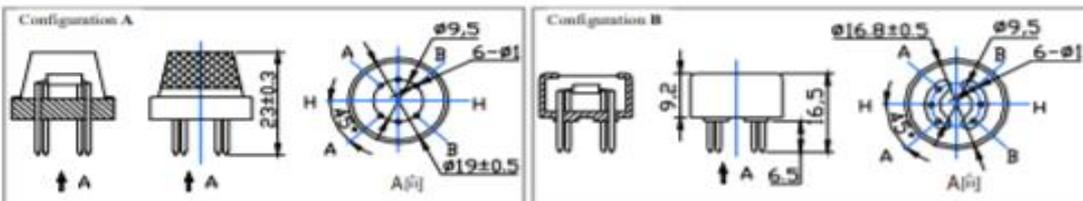
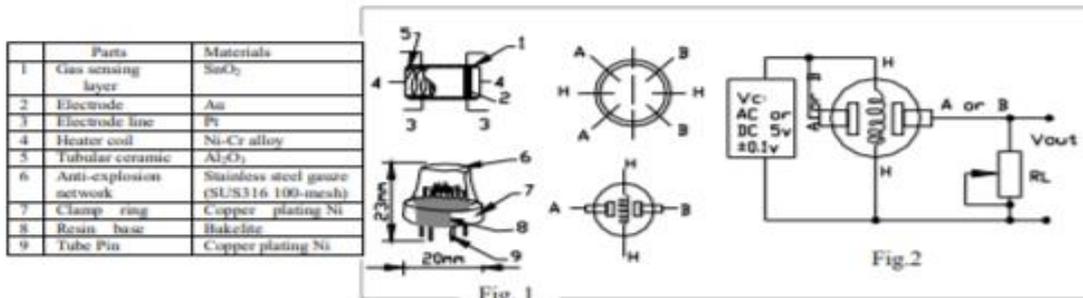
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃ -50℃	
T _{as}	Storage Tem	-20℃ -70℃	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	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 _s	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH ₄)	Detecting concentration scope: 200-10000ppm CH ₄ , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH ₄)	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65%±5%	V _c :5V±0.1 V _H : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



TEL:86-371-67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V

Hoja Técnica del sensor MQ-4

2/2

HANWEI ELECTRONICS

MQ-4

www.hwsensor.com

Structure and configuration of MQ-4 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-4 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

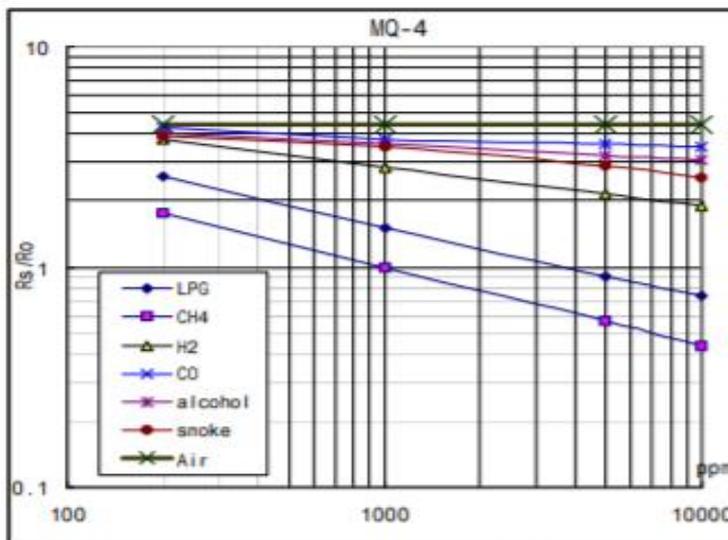


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-4

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-4 for several gases.

in their: Temp: 20°C,
 Humidity: 65%,
 O_2 concentration 21%
 $R_L=20k\ \Omega$

R_0 : sensor resistance at 1000ppm of CH_4 in the clean air.
 R_s : sensor resistance at various concentrations of gases.

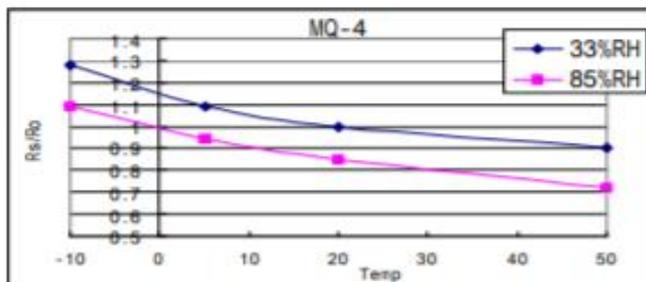


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-4 on temperature and humidity.

R_0 : sensor resistance at 1000ppm of CH_4 in air at 33%RH and 20 degree.

R_s : sensor resistance at 1000ppm of CH_4 in air at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-4 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 5000ppm of CH_4 concentration in air and use value of Load resistance (R_L) about $20K\ \Omega$ ($10K\ \Omega$ to $47K\ \Omega$).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO VI Hoja Técnica del sensor MQ-135

1/2

TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope Fast response and High sensitivity
 Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

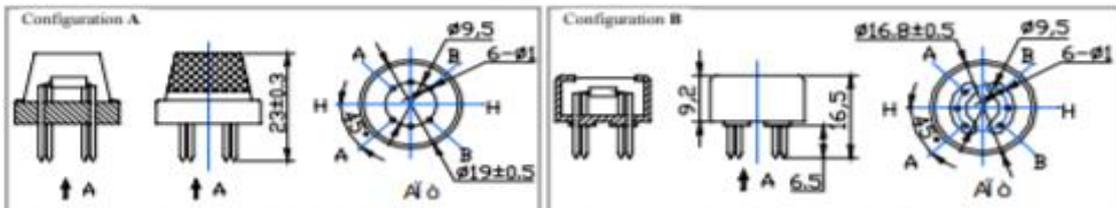
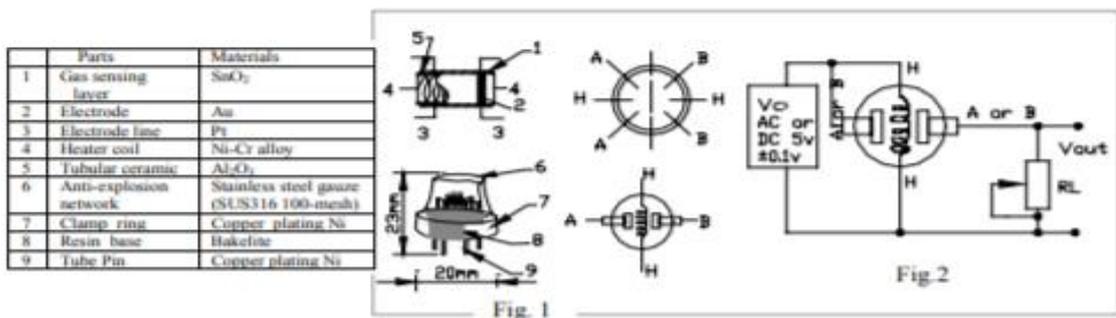
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10 -45	
T _{as}	Storage Tem	-20 -70	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	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 _s	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20 ±2 Vc: 5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

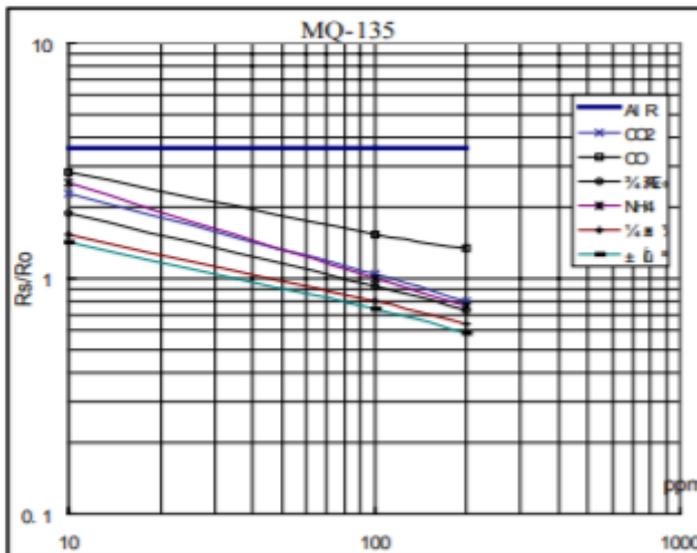


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20 Humidity: 65% O₂ concentration 21% R_L=20kΩ R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air. R_s:sensor resistance at various concentrations of gases.

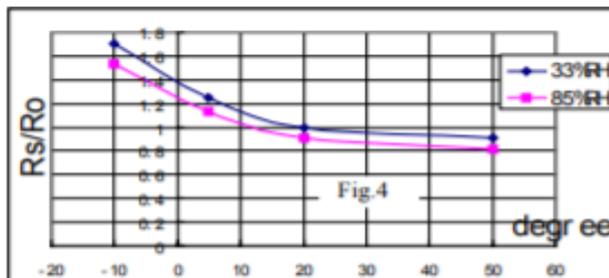


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree. R_s: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistancethat(R_L) about 20 KΩ(10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VII

Hoja Técnica del sensor LDR

1/5

GL55 Series

CdS Photoresistor Manual

GL55 Series Photoresistor

Photoresistor is a resistor which made of semi-conductor material, and the conductance changes with luminance variation. The photoresistor can be manufactured with different figures and illuminated area based on this characteristic. Photoresistor is widely used in many industries, such as toys, lamps, camera, etc.

Schematic Drawing



Performances and Features

- | | |
|-------------------|------------------------------|
| Coated with epoxy | Good reliability |
| Small volume | High sensitivity |
| Fast response | Good spectrum characteristic |

Typical Applications

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Camera automatic photometry | Photoelectric control |
| Indoor ray control | Annunciator |
| Industrial control | Light control switch |
| Light control lamp | Electronic toy |

Types and Specifications

Specification	Type	Max. Voltage	Max. power	Environmental temp.	Spectrum peak value
Φ 5 series	GL5516	150	90	-30~+70	540
	GL5528	150	100	-30~+70	540
	GL5537-1	150	100	-30~+70	540
	GL5537-2	150	100	-30~+70	540
	GL5539	150	100	-30~+70	540
	GL5549	150	100	-30~+70	540

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VII

Hoja Técnica del sensor LDR

2/5

GL55 Series

CdS Photoresistor Manual

Specification	Light resistance (10Lux) (KΩ)	Dark resistance (MΩ)	γ_{10}^{100}	Response time (ms)		Illuminance resistance Fig. No.
				Increase	Decrease	
Φ 5 series	5-10	0.5	0.5	30	30	2
	10-20	1	0.6	20	30	3
	20-30	2	0.6	20	30	4
	30-50	3	0.7	20	30	4
	50-100	5	0.8	20	30	5
	100-200	10	0.9	20	30	6

Test Conditions

Max. external voltage: Maximum voltage to be continuously given to component in the dark.

Dark resistance: Refer to the resistance ten seconds after the 10Lux light is shut up.

Max. power consumption: Maximum power at the environmental temperature 25°C.

Light resistance: Irradiated by 400-600Lux light for two hours, then test with 10Lux under standard light source A(as colour temperature 2856K).

γ value: Logarithm of the ratio of the standard resistance value under 10Lux and that under 100Lux.

$$\gamma = \frac{\text{Lg}(R_{10}/R_{100})}{\text{Lg}(100/10)} = \text{Lg}(R_{10}/R_{100})$$

R10,R100 are the resistances under 10Lux and 100Lux respectively.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VII

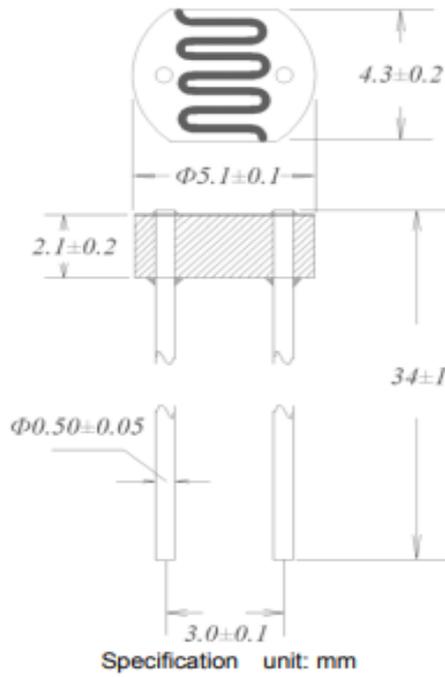
Hoja Técnica del sensor LDR

3/5

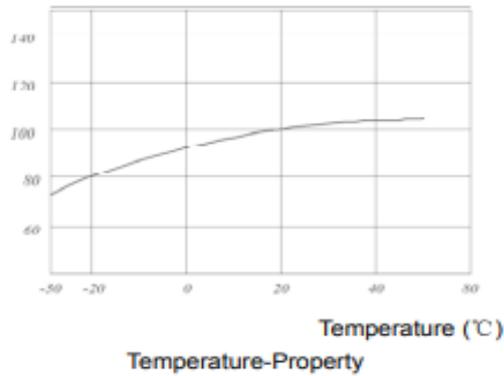
GL55 Series

CdS Photoresistor Manual

Main Characteristics Curve and Dimensions



Relative Resistance (%)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO VII

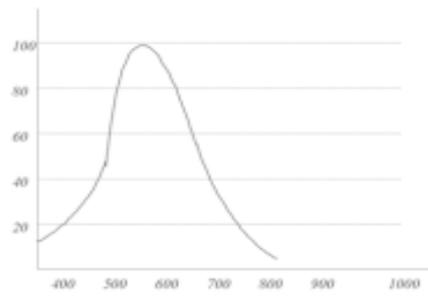
Hoja Técnica del sensor LDR

4/5

GL55 Series

CdS Photoresistor Manual

Relative Response (%)



Wavelength λ (nm)

Spectrum Response Characteristic

Illuminance-Resistance Characteristics Curve

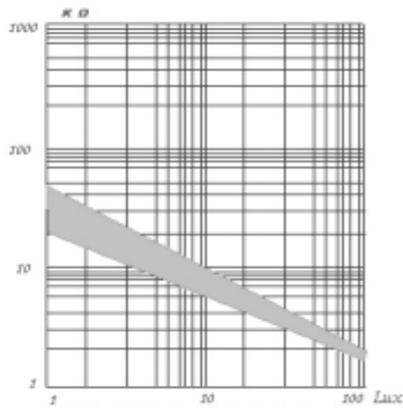


Fig. 1

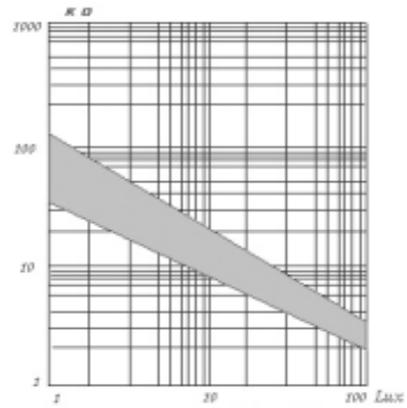


Fig.2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

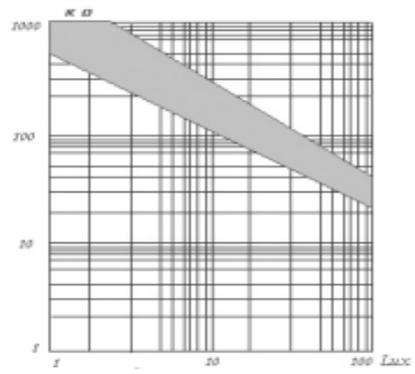
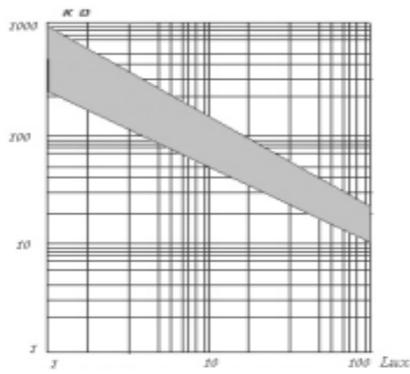
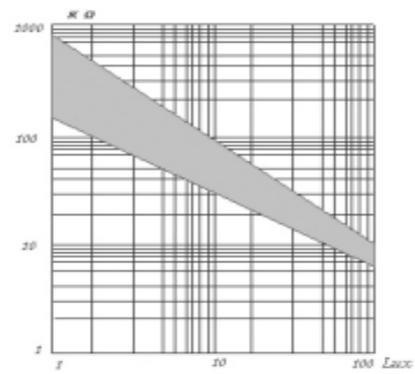
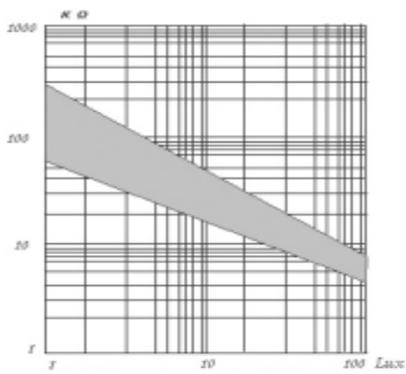
ANEXO VII

Hoja Técnica del sensor LDR

5/5

GL55 Series

CdS Photoresistor Manual



Packing and Precaution

This product is packed with the environmental protection material, 100pcs per small package, 1000pcs per big package.

Avoid high temperature and humidity for storing.

Soldering should be completed in the shortest possible time.

It is recommended that the soldering should keep 4mm away from ceramic substrate.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VIII

Lista de materiales

1/5

Tabla VIII.1. Selección de materiales y software

COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL DISPOSITIVO			
Referencia	Nombre	Características	Imagen
Microcontrolador	Arduino Mega 2560	Microcontrolador: ATmega328P. Velocidad de reloj: 16 MHz. Voltaje de trabajo: 5V. Voltaje de entrada: 7,5 a 12 voltios. Pinout: 14 pines digitales (6 PWM) y 6 pines analógicos. 1 puerto serie por hardware. Memoria: 32 KB Flash (0,5 para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom	
Conexión inalámbrica Bluetooth	Módulo HC-06	Voltaje de operación: 3.6V - 6V DC Consumo corriente: 50mA Bluetooth: V2.0+EDR Frecuencia: Banda ISM 2.4GHz Potencia de transmisión: 4dBm, Sensibilidad: -84dBm a 0.1% BER Alcance 10 metros Interface comunicación: Serial TTL Velocidad de transmisión: 1200bps hasta 1.3Mbps Baudrate por defecto: 38400,8,1, n. Seguridad: Autenticación y encriptación Temperatura de trabajo: -20C a +75C Compatible con Android Dimensiones: 37*16 mm Peso: 3.6 gramos	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VIII

Lista de materiales

2/5

Tabla VIII.2. Selección de materiales y software

COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL DISPOSITIVO			
Referencia	Nombre	Características	Imagen
Detección de concentraciones de dióxido de carbono de CO ₂	Sensor MG-811	Alimentación: 5V Salida: Analógica (2.7 a 4.1V) Un pin digital de salida (Alarma) Rango: 0 a 10000ppm Precisión: ±100ppm@400ppm Circuito de precalentamiento integrado Dimensiones: 32x42 mm Principio de medida: Electroquímico Tiempo de captura: inferior a 20 segundos	
Detección de concentraciones de Metano CH ₄	Sensor MQ-4	Alimentación 5V DC Temperatura de funcionamiento: -10 a 50 °C Consumo de potencia: menos de 900 mW Concentración: 300 hasta las 10000 ppm Sensibilidad: Rs (aire) / Rs(1000ppm C4H10)> 5 Integrado comparador de tensión LM393 y potenciómetro para calibrar la salida digital. Condiciones de trabajo: Temperatura ambiente: -10°C to 65°C, Humedad: ≤95% RH Alta sensibilidad al Gas Metano (Gas Natural), Gas Carbónico (CO), etc. Respuesta rápida Amplio rango de detección Funcionamiento estable, larga vida, bajo costo	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VIII

Lista de materiales

3/5

Tabla VIII.3. Selección de materiales y software

COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL DISPOSITIVO			
Referencia	Nombre	Características	Imagen
Detección de concentraciones de Óxido Nitroso N ₂ O	Sensor MQ-135	<p>Chip principal: sensor de gas natural MQ-135 y comparador LM393</p> <p>Voltaje de trabajo: 5V</p> <p>Corriente :150mA</p> <p>Salida digital : TTL 0/1</p> <p>Salida analogico: valor analogico de detecta tension</p> <p>Detection concentration:</p> <p>10ppm - 300ppm NH3</p> <p>10ppm - 1000ppm Benceno</p> <p>10ppm - 300ppm Alcohol</p> <p>Sensibilidad ajustable con el potenciómetro</p> <p>Tamaño: 32mm x 20mmx 18mm</p>	
Sensor para medir la temperatura ambiental	D HT11	<p>Alimentación de 3,5 V a 5 V</p> <p>Consumo 2,5 mA Señal de salida Digital Temperatura Rango de 0°C a 50°C Precisión a 25°C ± 2°C</p> <p>Resolución 1°C (8-bit)</p>	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VIII

Lista de materiales

4/5

Tabla VIII.4. Selección de materiales y software

COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL DISPOSITIVO			
Referencia	Nombre	Características	Imagen
Alimentación	Batería de Li-Po	Corriente 1000mAh Voltaje de salida 3.7V Soporta picos de corriente hasta 20 Amp. Tecnología LIPO Peso: 27g Medidas: 30 x 60 x 11 mm	
Visualización	Pantalla LCD de 128X64	LCD monocromo, gráfico 128x64 pixeles. Luz de fondo verde ajustable por software. Contraste ajustable por potenciómetro incluido en placa. Alimentación 6-7v (se puede alimentar perfectamente con el pin de 5v del Arduino). Consumo 220mA con la luz de fondo al 100%. Entrada de datos: 0-5v 115200bps (velocidad por defecto, ajustable por software).	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VIII

Lista de materiales

5/5

Tabla VIII.5. Selección de materiales y software

ENTORNO DESARROLLO DEL SOFTWARE			
Referencia	Nombre	Características	Imagen
Programación del microcontrolador	Arduino IDE	El software Arduino (IDE) de código abierto facilita la escritura de código y su carga en la placa. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino.	
Diseño de la App	App Inventor	Es software libre, no es necesario la adquisición de licencias por parte del profesor y los alumnos. Es multiplataforma: requiere sólo de un navegador y la máquina virtual de Java instalada, con "java web start". Es programación para dispositivos móviles	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IX

Certificado de calibración del dispositivo patrón

1/2

EXTECH

ISO 9001 Certified

FLIR Systems, Inc. • 9 Townsend West • Nashua, NH 03063

Certificate of Calibration

Certificate Number: 254704
Document Number: 183001

Customer Details:

Customer Name: FOTRONIC CORPORATION

Instrument Details:

Manufacturer: EXTECH INSTRUMENTS

Description: HEAT INDEX METER

Model Number: HT30

Serial Number: Z398535

Equip. ID Number: N/A

Calibration Date: November 16, 2021

Calibration Due: November 16, 2022

Cal. Interval: 12 MONTHS

As Received: LIMITED

Environmental Details:

Temperature: 21 Deg. +/- 5 C

Relative Humidity: 40 % +/- 15 %

Procedures Used:

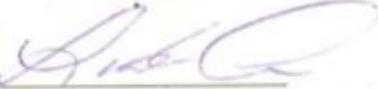
Calibration Procedure: EICMHT30-C

Certification

Extech certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). Methods used are in accordance with ISO 10012 and ANSINCSSL Z540-1-1994 and have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of self-calibration techniques. This certificate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of Extech.

Technicians Notes: Limited NIST: The following page includes data for RH and Air Temperature only.
Other ranges of the meter are not included on this certificate.

Technician: CHEN LI

Approved By: 

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IX

Certificado de calibración del dispositivo patrón

2/2

EXTECH

ISO 9001:2015 Certified

FLIR Systems, Inc. • 9 Townsend West • Nashua, NH 03063

Certificate of Calibration

Certificate Number: 254704

Document Number: 183001

Model Number: HT30

S/N: Z398535

As Received

Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
Function: Humidity						
33.0 % RH	33.6	±(3% RH)	36.0	30.0	0.6	PASS
75.0 % RH	75.4	±(3% RH)	78.0	72.0	0.4	PASS
Function: Temperature (TA)						
21.0 Deg C	21.3	±(1 Deg C)	22.0	20.0	0.3	PASS

Final Reading

Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
Function: Humidity						
33.0 % RH	33.6	±(3% RH)	36.0	30.0	0.6	PASS
75.0 % RH	75.4	±(3% RH)	78.0	72.0	0.4	PASS
Function: Temperature (TA)						
21.0 Deg C	21.3	±(1 Deg C)	22.0	20.0	0.3	PASS

UUT-Unit Under Test

Standards Used

Manufacturer	Model #	Serial #	Description	Cal. Due Date
OMEGA	RHCL-2	52175/2A4794X	RH CALIBRATOR	January 23, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO X

Certificado de calibración del dispositivo patrón

1/1

 **SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO**

CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN
IPGM SERVICIOS AMBIENTALES CÍA. LTDA.

QUITO - ECUADOR

Se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano en cumplimiento con los requisitos establecidos en la:

Norma NTE – INEN ISO/IEC 17025:2018 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", equivalente a la Norma ISO/IEC 17025:2017.

Esta acreditación demuestra la competencia técnica para la ejecución de los ensayos detallados en el Alcance de Acreditación *, que se realizan en las localizaciones identificadas en el mismo.


 **Servicio de Acreditación Ecuatoriano**
Acreditación Nº SAE LEN 10-015
LABORATORIO DE ENSAYOS



Mg. Carlos Echeverría Cueva
DIRECTOR EJECUTIVO
SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO

ACREDITACIÓN INICIAL:	2010/11/17		EXPIRA:	2015/11/16
RENOVACIÓN 1:	2015/08/19	(Oficio Nº SAE DE 15-417)	EXPIRA:	2020/08/18
RENOVACIÓN 2:	2019/08/20	(Resolución Nº SAE-ACR-0235-2019)	EXPIRA:	2024/08/19

La acreditación está condicionada al cumplimiento continuo por parte del laboratorio con los requisitos de acreditación, por lo que la vigencia del presente certificado de acreditación debe ser consultada en la página web del SAE, www.acreditacion.gob.ec.

El SAE es firmante de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo firmado entre Organismos Nacionales de Acreditación con IAAC e ILAC
* El presente certificado solo tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación

**Este certificado reemplaza al certificado Nº OAE LE C 10-015.*

Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad Art. 21
F PO11 04 R04

19058/LE069.2/19.08.20

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XI	Certificado de monitoreo de elementos que inciden en la calidad del aire	1/2
----------	--	-----



IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CÍA. LTDA.

Quito, 24 de enero del 2022

A quien corresponda.

Yo Ximena Del Rocio Carvajal, certifico se realizó una inter-comparación de condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa entre el equipo extech, modelo HT30, propiedad de IPGMServicios Ambientales y un prototipo medidor de gases, temperatura y humedad relativa. De la misma manera se realizó una verificación del prototipo en nivel cero, a través de un generador de aire Zero, Thermo scientific, modelo 111.

El prototipo empleado para la inter-comparación y posterior verificación es propiedad de los Sres. Rene Javier Quishpe Tigasi con C.I 0550245526 y Ángel Paul Ulco Pisuña con C.I 1725983363, quienes se encuentran realizando una propuesta tecnológica "Diseño e implementación de un sistema de medición y cuantificación de emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón en la plantación Toapanta Oswaldo ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua".

Toda la información recolectada en la inter-comparación y verificación es veraz, autorizando a los Sres. hacer uso como bien tuviere en sus intereses.

Atentamente,

XIMENA
DEL
ROCIO
CARVAJAL
FLORES

IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CÍA. LTDA.
CALLE LLIRA ÑAN, CONJUNTO BOSQUES DE QUITUMBE IV
QUITO - ECUADOR
TEL: (593) 98 7158 746
WWW.IPGM.COM

Ec. Ximena Carvajal
Gerente General
IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CIA. LTDA.
Telf: / (593)98-7158-746

Dir.: Cónдор Ñan y Av. Llira Ñan, conjunto Bosques
de Quitumbe IV
mail: gerencia.ipgm@gmail.com Cel.: 098 715-8746
QUITO - ECUADOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XI	Certificado de monitoreo de elementos que inciden en la calidad del aire	2/2
----------	--	-----



IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CÍA. LTDA.

Quito, 26 de febrero del 2022

A quien corresponda.

Yo Ximena Del Rocío Carvajal, certifico se realizó una inter-comparación de la medición de los gases del Dióxido de Carbono, Metano y Óxido Nitroso entre el equipo CO2 Meter + HUMIDITY/THERMOMETER y el equipo testo 350 respectivamente, de la propiedad de IPGMServicios Ambientales y un prototipo medidor de gases.

El prototipo empleado para la inter-comparación y posterior verificación es propiedad de los Sres. Rene Javier Quishpe Tigasi con C.I 0550245526 y Ángel Paul Ulco Pisufía con C.I 1725983363, quienes se encuentran realizando una propuesta tecnológica "Diseño e implementación de un sistema de medición y cuantificación de emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón en la plantación Toapanta Oswaldo ubicada en Huapante Grande de la provincia de Tungurahua".

Toda la información recolectada en la inter-comparación y verificación es veraz, autorizando a los Sres. hacer uso como bien tuviere en sus intereses.

Atentamente,

XIMENA
DEL
ROCIO
CARVAJAL
FLORES

Personal responsable:
Autorización para: [Firma]
IPGMSERVICIOS AMBIENTALES C.A.
Calle [Firma] No. [Firma]
[Firma] QUITO - ECUADOR
Teléfono: [Firma] 098 715-8746
[Firma]

Ec. Ximena Carvajal
Gerente General
IPGMSERVICIOS AMBIENTALES
CIA. LTDA. Telf: / (593)98-7158-746

Dir.: Cándor Ñan y Av. Llira Ñan, conjunto Bosques
de Quitumbe IV
mail: gerencia.ipgm@gmail.com Cel.: 098 715-8746
QUITO - ECUADOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XII	Promedio de las mediciones realizadas por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado	1/4
-----------	---	-----

Tabla XII.1. Comparación de los valores obtenidos por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado.

Fecha	Humedad (%)		Temperatura (°K)	
	Dispositivo patrón	Dispositivo Implemetado	Dispositivo patrón	Dispositivo Implemetado
17/01/2022	56,6	56,8	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	56,8	57	292,76	292,76
17/01/2022	57	57,3	292,76	292,76
17/01/2022	56,8	57,1	292,76	292,76
17/01/2022	57,1	56,9	292,76	292,76
17/01/2022	57,8	57,7	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,4	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,5	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,3	57,6	292,76	292,76
17/01/2022	57,4	57,9	292,76	292,76
17/01/2022	57,6	56,7	292,76	292,76
17/01/2022	57,6	56,8	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,7	292,76	292,86
17/01/2022	57,4	56,8	292,76	292,76
17/01/2022	57,4	56,7	292,76	292,76
17/01/2022	57,2	57,7	292,76	292,86
Promedio	57,25	57,30	292,8	292,77

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XII	Promedio de mediciones realizadas por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado	2/4
-----------	---	-----



Figura XII.1. Inter comparación de datos



Figura XII.2. En ceración de los gases (CO_2 , N_2O , CH_4) a cero.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XII	Promedio de las mediciones realizadas por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado	3/4
-----------	---	-----

Tabla XII.2. Comparación de los valores obtenidos por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado.

Fecha	Dispositivo Patrón			Dispositivo Implemetado		
	CO2 (ppm)	CH4 (ppm)	N2O (ppm)	CO2 (ppm)	CH4 (ppm)	N2O (ppm)
19/02/2022	619	0,5	0,9	594	0,49	0,85
19/02/2022	619	0,5	0,8	588	0,52	0,86
19/02/2022	619	0,5	0,9	590	0,49	0,86
19/02/2022	619	0,5	0,9	585	0,5	0,84
19/02/2022	619	0,5	0,9	570	0,48	0,84
19/02/2022	619	0,5	0,9	582	0,46	0,86
19/02/2022	616	0,5	0,9	570	0,48	0,85
19/02/2022	616	0,5	0,9	582	0,49	0,87
19/02/2022	615	0,5	0,9	582	0,51	0,86
19/02/2022	614	0,5	0,9	594	0,46	0,86
19/02/2022	614	0,5	0,8	574	0,46	0,86
19/02/2022	613	0,5	0,9	582	0,48	0,85
19/02/2022	612	0,5	0,9	592	0,47	0,85
19/02/2022	613	0,5	0,9	582	0,51	0,88
19/02/2022	613	0,5	0,9	582	0,48	0,87
19/02/2022	613	0,5	0,9	584	0,5	0,86
19/02/2022	613	0,5	0,9	588	0,48	0,87
19/02/2022	613	0,5	0,9	594	0,49	0,86
19/02/2022	613	0,5	0,9	586	0,47	0,86
Promedio	615,4	0,50	0,89	584,3	0,49	0,86

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XII	Promedio de las mediciones realizadas por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado	4/4
-----------	---	-----

Figura XII.3. Inter comparación de datos del CO₂



Figura XII.4. Inter comparación de datos del CH₄ y N₂O

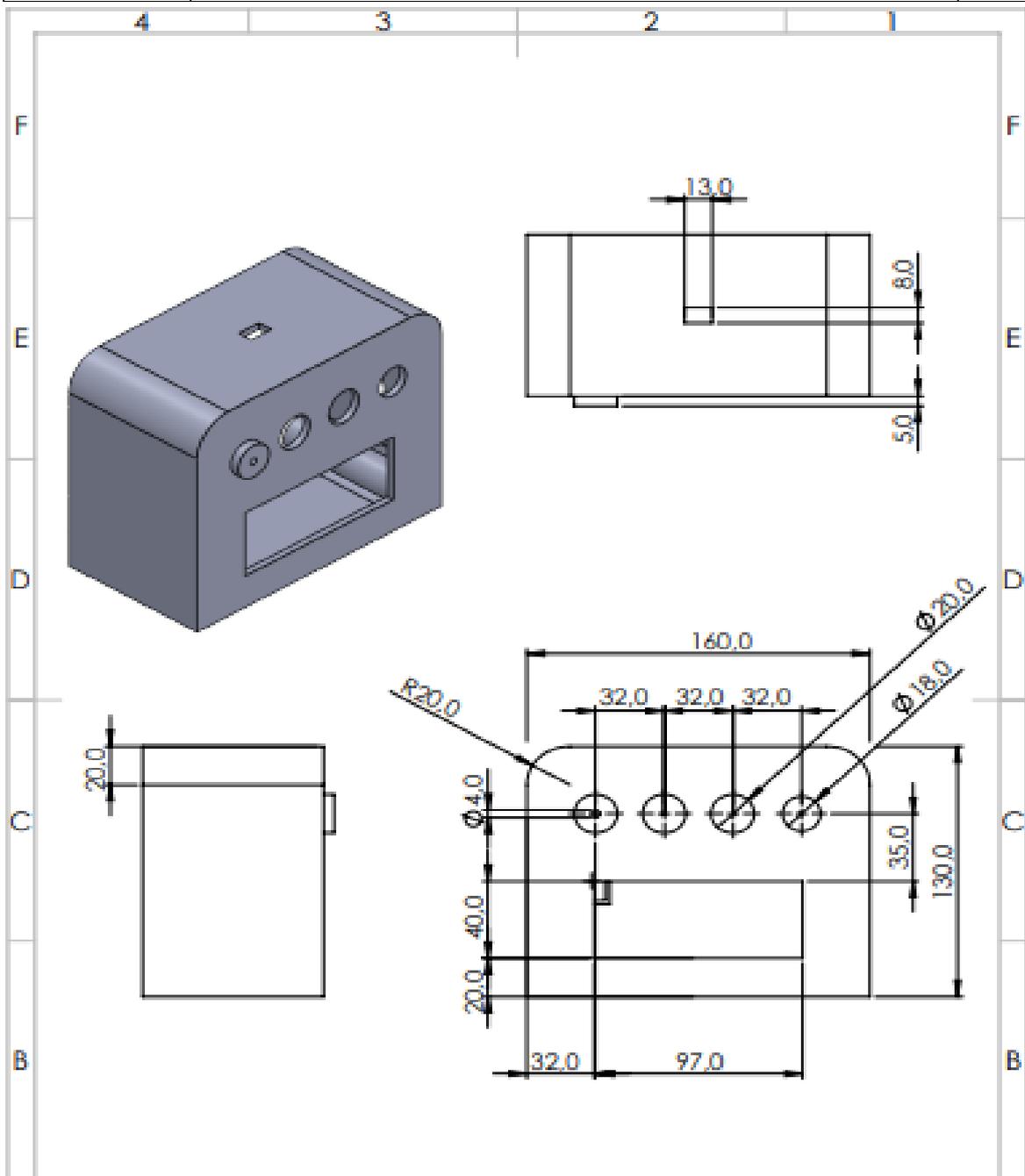


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XIII

Planos esquemáticos de la carcasa

1/3



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Instituto
Tecnológico

	FECHA	NOMBRE
DISEÑO:	04/03/2022	Quirque, Ulises
REVISADO:	08/03/2022	Ing. Paulina Peñe
APROBADO:	08/03/2022	Ing. Paulina Peñe

Carcasa del dispositivo
electrónico

A4

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 3

4

3

2

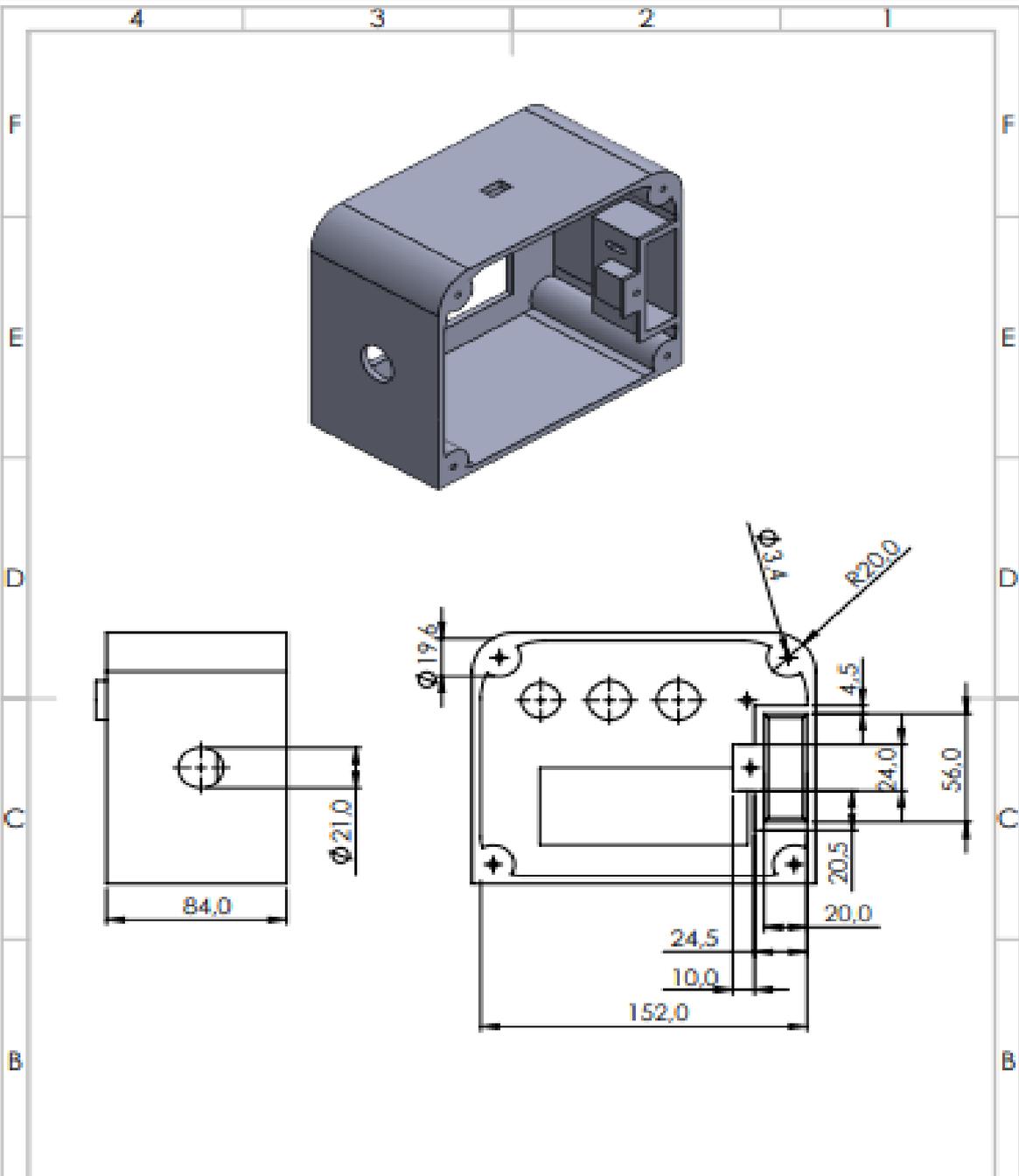
1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XIII

Planos esquemáticos de la carcasa

2/3



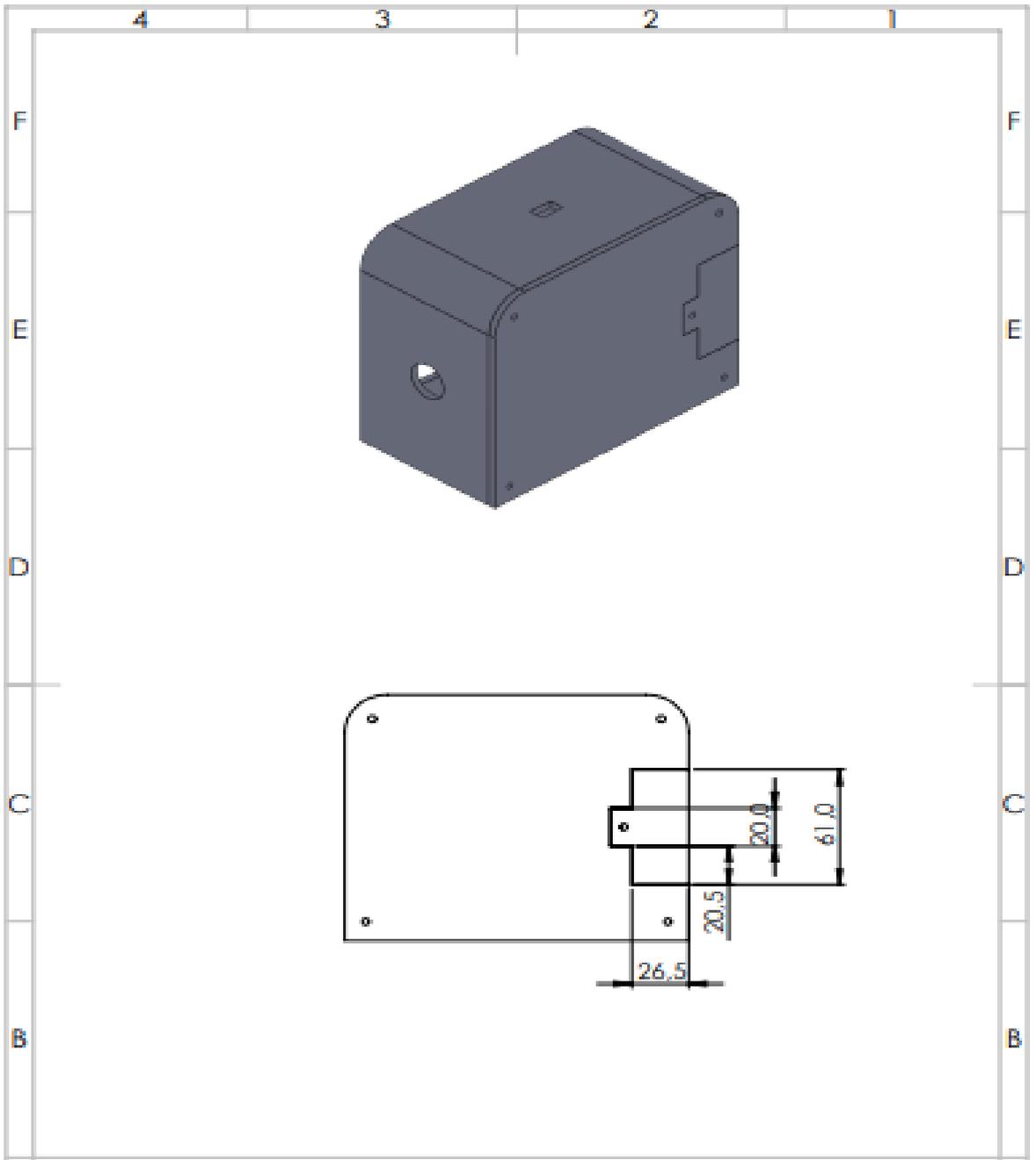
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



A	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">REVISIÓN</td> <td style="width: 15%;">FECHA</td> <td style="width: 15%;">INGENIERO</td> </tr> <tr> <td>DESIGNO</td> <td>08/03/2020</td> <td>Quilque Vilca</td> </tr> <tr> <td>REVISADO</td> <td>08/03/2020</td> <td>Ing. Paulino Intri</td> </tr> <tr> <td>APROBADO</td> <td>08/03/2020</td> <td>Ing. Paulino Intri</td> </tr> </table>	REVISIÓN	FECHA	INGENIERO	DESIGNO	08/03/2020	Quilque Vilca	REVISADO	08/03/2020	Ing. Paulino Intri	APROBADO	08/03/2020	Ing. Paulino Intri	Carcasa del dispositivo electrónico	A4	A
REVISIÓN	FECHA	INGENIERO														
DESIGNO	08/03/2020	Quilque Vilca														
REVISADO	08/03/2020	Ing. Paulino Intri														
APROBADO	08/03/2020	Ing. Paulino Intri														
4	3	2	1	RECLAYO	HQA 2 DE 3											

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XIII	Planos esquemáticos de la carcasa	3/3
------------	-----------------------------------	-----



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



A	FECHA	NOMBRE	Carcasa del dispositivo electrónico	A4	A
	DISEÑO: 08-03-2022	Quilón, Luis			
	REVISADO: 08-03-2022	Ing. Paulina Feite			
	APROBADO: 08-03-2022	Ing. Paulina Feite			
	4	3	2	1	

ESCALA: 1:1

HOJA 3 DE 3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV

Manual de mantenimiento y funcionamiento

1/7

MANUAL DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO
DISPOSITIVO ELECTRÓNICO QUE PERMITE MEDIR Y CUANTIFICAR
EMISIONES DE CARBONO EN LOS INVERNADEROS DE TOMATE RIÑÓN

MANUAL DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO

El dispositivo electrónico que permite medir y cuantificar emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón ha sido fabricado para tener unas correctas mediciones y calidad en su funcionamiento.

IMPORTANTE

Antes del encendido de este dispositivo se debe leer claramente este manual de mantenimiento y funcionamiento, un mal uso podría ocasionar riesgos en el usuario y fallas en la misma.

RESUMEN

En esta sección del proyecto describiremos sobre el manual de mantenimiento y funcionamiento adecuado del dispositivo electrónico que permite medir y cuantificar emisiones de carbono, donde el encargado de utilizar el dispositivo (trabajadores, dueño) los pasos que debe seguir antes de poner en funcionamiento el dispositivo electrónico, este manual va dirigido para evitar daños en el dispositivo y salvaguardar la salud de la misma.

1. INTRODUCCIÓN

El Plan de Mantenimiento y Uso del dispositivo electrónico, es planteado de acuerdo a un método estratégico, el cual va a permitir su mantenimiento preventivo y el uso adecuado del dispositivo electrónico.

1.1 Planteamiento del problema

El área de mantenimiento es fundamental en la Ingeniería Electromecánica, de tal manera que se haya construido y puesto a punto al dispositivo, llevar al límite y asegurar su vida útil de funcionamiento.

Gestionar de manera eficaz el mantenimiento del dispositivo electrónico, es una manera de garantizar la disponibilidad del activo y el control de costos durante la vida útil o el periodo de funcionamiento del dispositivo electrónico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV

Manual de mantenimiento y funcionamiento

2/12

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Elaborar un Plan de Mantenimiento preventivo del dispositivo electrónico que permita la medición y cuantificación de las emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón, para su mejoramiento de desempeño operacional, mejorando la seguridad y procurando la disminución de los impactos ambientales.

2.2 Objetivos Específicos

- Obtener mayores conocimientos sobre el mantenimiento para la identificación de fortalezas y debilidades con respecto al dispositivo electrónico.
- Identificar el sistema de información, de acuerdo a los indicadores, para su correcta efectividad y el control del plan propuesto.

3. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

Este manual contiene información general acerca del mantenimiento y funcionamiento del dispositivo electrónico lo cual ayudará al usuario a prevenir posibles daños en el dispositivo.

3.1 Descripción del dispositivo electrónico

El dispositivo electrónico de medición y cuantificación de emisiones de carbono en los invernaderos de tomates riñón está construida primordialmente por una tarjeta de Arduino Mega 2560, con sensores electroquímicos que es del Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O) y de los sensores de las variables edafoclimáticas como el sensor de humedad y temperatura (DHT 11) y el sensor de luminosidad (LDR), una pantalla LCD, un módulo de Bluetooth HC-06, un almacenamiento de datos mediante una memoria micro SD (Datalogger), cuenta con cables de conexión N°20, una batería LIPO, un interruptor ON-OFF, una carcasa que protege de deferentes corrosiones a los elementos internos y una App instalada en celulares inteligentes que permite visualizar de manera real los datos en el celular.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV

Manual de mantenimiento y funcionamiento

3/12

3.2 Funcionamiento del dispositivo electrónico

El dispositivo electrónico de medición y cuantificación de emisiones de carbono en los invernaderos de tomate riñón está construida primordialmente en el armado o ensamble de una carcasa, con un interruptor ON-OFF que nos permite encender y apagar el dispositivo, también por una tarjeta de Arduino Mega 2560 de los cuales esta recibe la información de los sensores electroquímico que son del Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), de los sensores de las variables edafoclimáticas como el sensor de humedad y temperatura (DHT 11) y el sensor de luminosidad (LDR) y se visualizan a través de una pantalla LCD, también a través de un módulo de Bluetooth HC-06 nos permite visualizar los datos de forma real en una App instalada en celulares inteligentes y a través el almacenamiento de datos mediante una memoria micro SD (Datalogger) permite guardar los datos que nos proporcionan los sensores, cuenta con cables de conexión N°20 y con una batería LIPO.

Los datos recibidos a diario van a variar dependiendo de las variables edafoclimáticas y también dependiendo si el trabajador haya fumigado o no.

3.3 Modo de encendido del dispositivo electrónico

3.3.1 Encendido del dispositivo electrónico



a) Interruptor ON-OFF



b) Encendido el dispositivo

Figura 1. Encendido del dispositivo a través del interruptor ON-OFF.

El encendido del dispositivo electrónico se lo realiza presionando el interruptor ON-OFF de 0 a 1, cuando se visualice el número 1 en el interruptor el dispositivo electrónico ya este encendido.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV

Manual de mantenimiento y funcionamiento

4/12

3.3.2 Trabajo que realizan los sensores

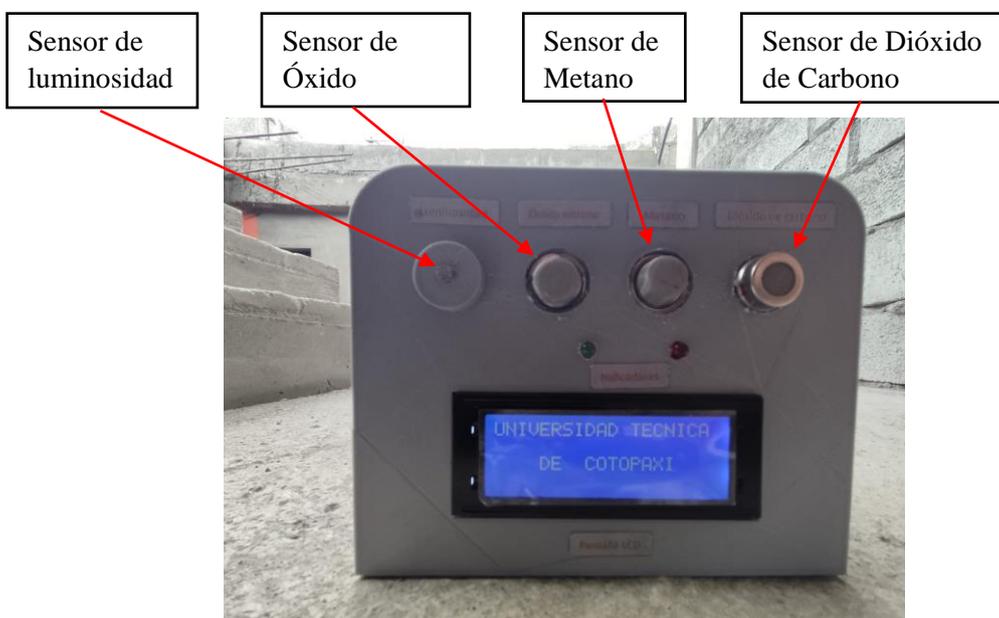


Figura 2. Trabajo que cumple cada sensor de gas

Sensor de Temperatura y Humedad

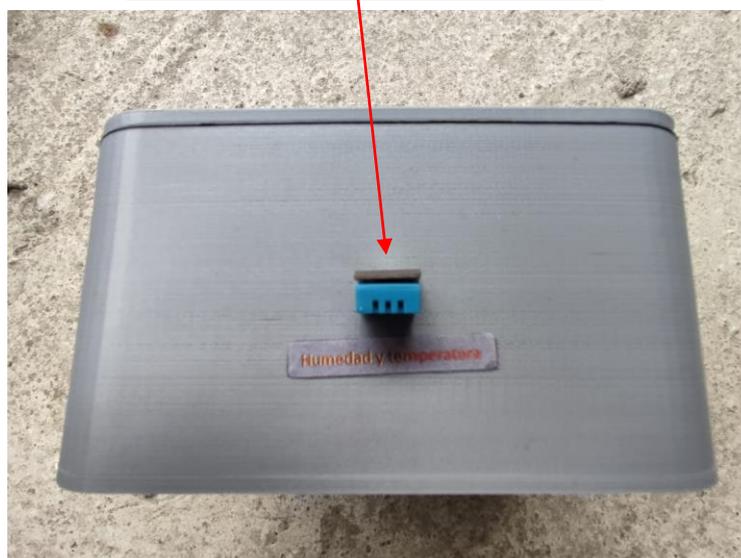


Figura 3. Trabajo que cumple cada sensor de temperatura y humedad

Cada sensor realiza su trabajo al momento de cuantificar a través de las celdas electroquímicas y de acuerdo a las variables edafoclimáticas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV

Manual de mantenimiento y funcionamiento

5/12

3.3.3 Trabajo que realiza la pantalla LCD

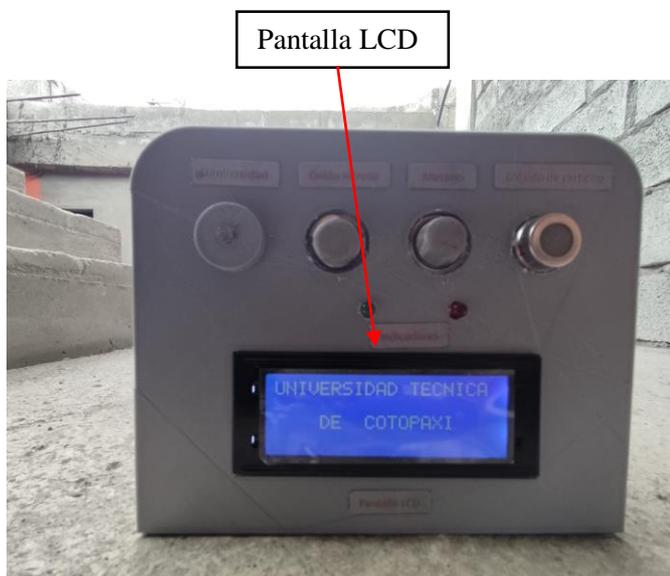


Figura 4. Trabajo que cumple la pantalla LCD.

En la pantalla LCD nos muestra los valores que los respectivos sensores nos van presentando.

3.3.4 Indicadores

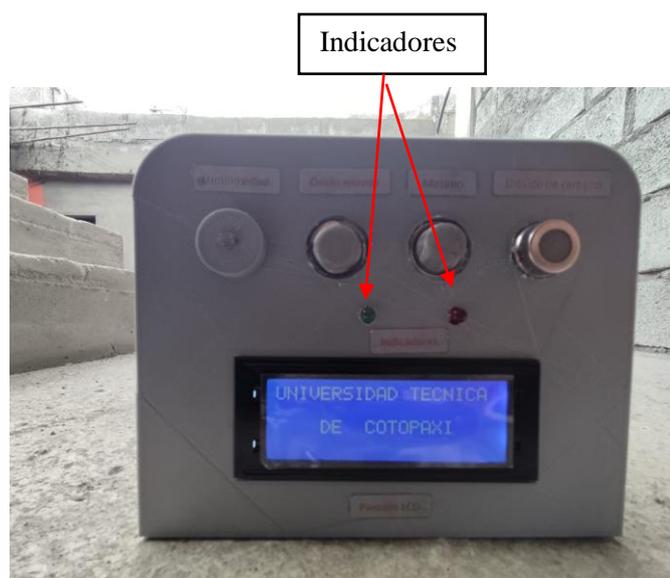


Figura 5. Trabajo que cumple nuestros indicadores.

Si pasa un punto ya crítico de los gases se encenderá la luz roja para indicarnos el peligro en que se encuentra y con la luz verde se puede trabajar normal en el invernadero.

3.3.5 Batería Li-Po

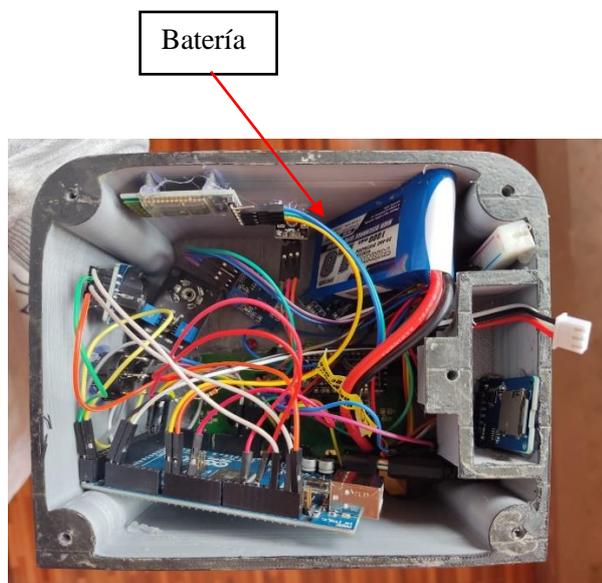


Figura 6. Batería Li-Po y ubicación en el dispositivo.

La batería es seleccionada en base al consumo de corriente máxima usada por los componentes electrónicos de acuerdo a ello se selecciona una batería recargable de Li-Po con corriente de 1000 mA y una duración de una hora.

3.3.6 Almacenamiento o lector SD

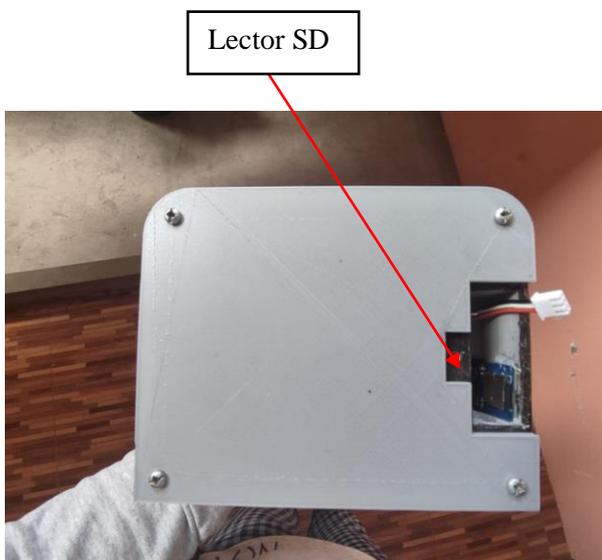


Figura 7. Memoria de almacenamiento.

Un lector SD es un dispositivo que permite emplear como almacenamiento una tarjeta SD, que podemos incorporar en nuestros proyectos de electrónica y Arduino.

3.3.7 Reloj de tiempo real

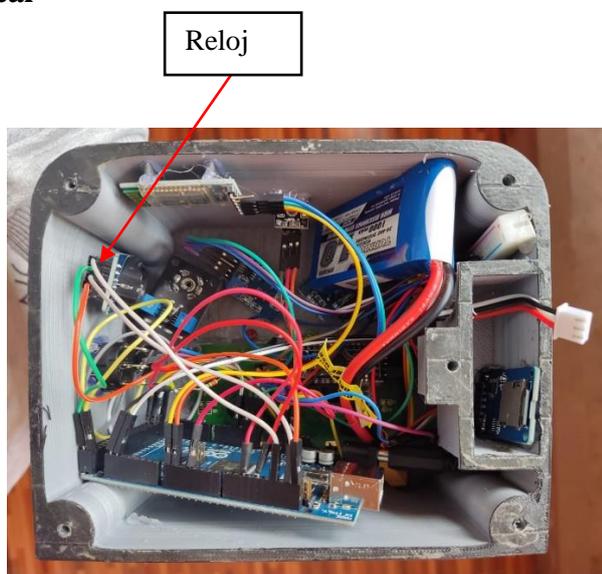


Figura 8. Reloj de tiempo real.

Los RTC (Real Time Clock) o reloj en Tiempo Real son la solución ideal cuando necesitamos integrar mediciones de tiempo a los proyectos electrónicos.

3.3.8 Arduino Mega 2560

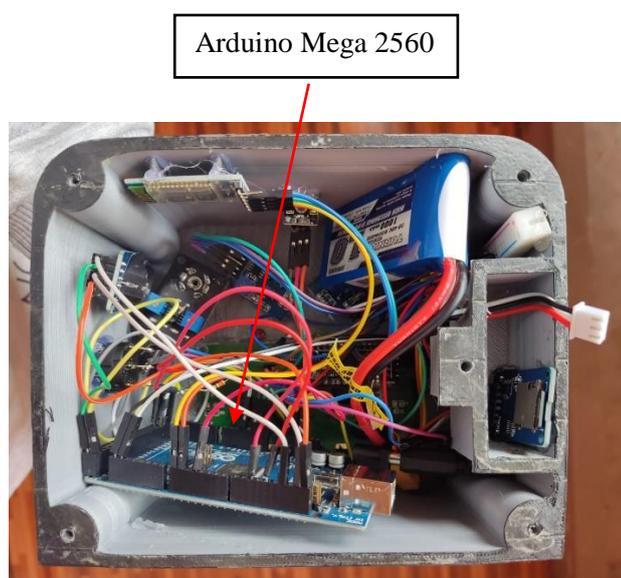


Figura 9. Arduino Mega 2560.

Es una plataforma de hardware libre, asentada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, creada para facilitar el uso de la electrónica en gran variedad de proyectos.

3.3.9 Módulo Bluetooth

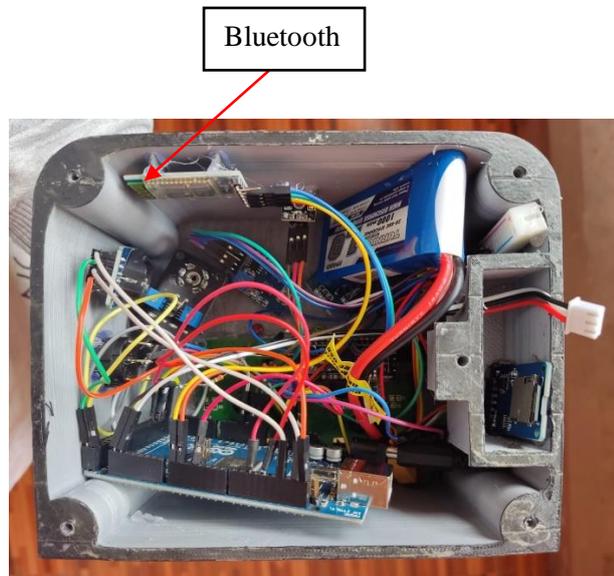


Figura 10. Módulo Bluetooth.

Tecnología Inalámbrica Bluetooth es un estándar para comunicación inalámbrica de corta distancia.

3.3.10 App en el celular



Figura 11. Trabajo que cumple nuestra App en el celular.

En esta App nos va a permitir visualizar de forma real los datos que nos proporciona nuestro dispositivo electrónico a una distancia que no estemos en peligro de inhalar el gas a través de nuestro módulo Bluetooth.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XIV

Manual de mantenimiento y funcionamiento

9/12

3.4 Descripción general del dispositivo electrónico

En este ítem se describirá la justificación correcta que se desea implementar para nuestro plan de mantenimiento preventivo por medio del diagnóstico del dispositivo y costo de cada elemento electrónico.

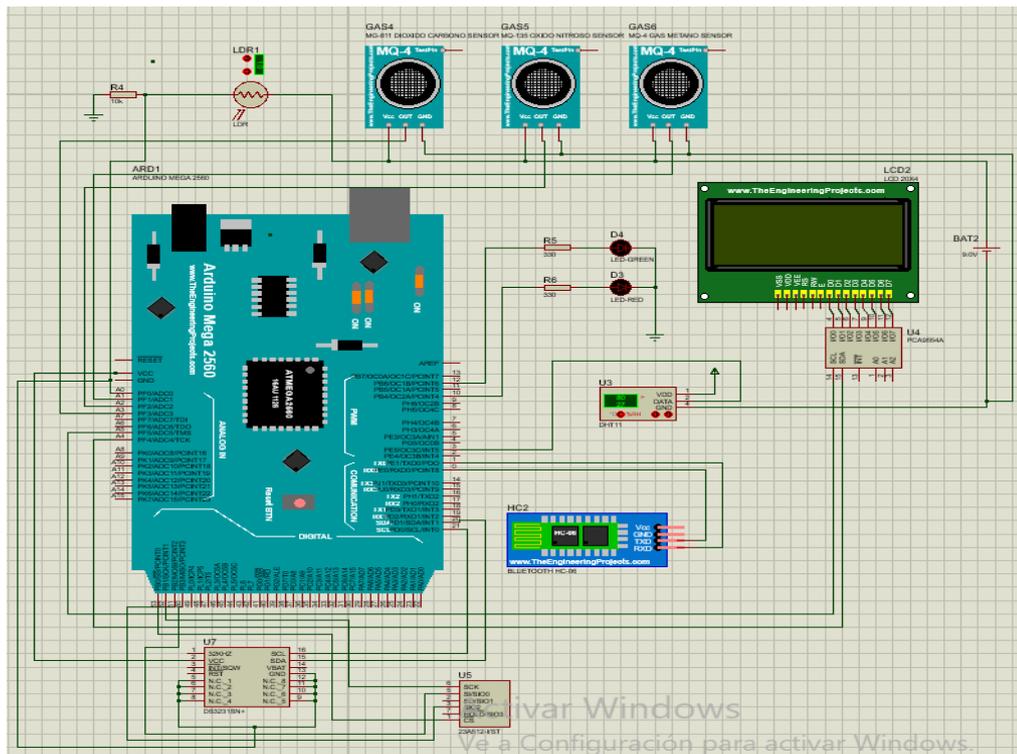


Figura 12. Circuito del dispositivo electrónico

Distribución de pines:

Sensores de gases

Los tres sensores de gases están alimentados con 5v desde los pines VCC y GND del Arduino, para la lectura analógica el mg 811 con A4; mq-135 con A2; mq-4 con A1.

Sensor de temperatura

El sensor DTH-11 es alimentado con 5v desde los pines VCC y GND del Arduino, y el pin data del sensor al pin 3 del Arduino.

Sensor de luminosidad

El sensor LDR es alimentado con 5v desde los pines VCC y GND del Arduino, para la lectura analógica es pin A0 del Arduino.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV	Manual de mantenimiento y funcionamiento	10/12
-----------	--	-------

Módulo Bluetooth

Alimentado con 5V desde los pines VCC y GND del Arduino, TXD en el pin 0 y RXD con el pin 1.

Pantalla LCD

Para la instalación de la pantalla se realizó la siguiente distribución de los pines pantalla y Arduino respectivamente: VCC con VCC, GND con GND, SCL con el pin 21, SDA con el pin 20.

Led

Los led rojo y verde están conectados en serie con una resistencia de 330 ohmios al pin 10 y pin 12 respectivamente.

Lector de tarjetas micro SD

Alimentado con 5V desde los pines VCC y GND del Arduino, Cs en el pin 53, SCK en el pin 52, MOSI con el pin 51 y MISO con el pin 50.

Reloj RTC

Alimentado con 5V desde los pines VCC y GND del Arduino, SCL en el pin 21 (R3) y SDA con el pin 20(R3).

Tabla 1. Nombre de los elementos de conforman el dispositivo electrónico.

Número	Nombre del elemento	Descripción	Cantidad
1	Arduino	Mega 2560	1
2	Sensor MG-811	CO ₂	1
3	Sensor Mq-4	CH ₄	1
4	Sensor MQ-135	N ₂ O	1
5	Sensor DHT-11	Temperatura y Humedad	1
6	Sensor LDR	GL-5528 Luminosidad	1
7	Módulo Bluetooth	HC-06	1
8	Pantalla LCD	128X64	1
9	Lector SD	FAT 32	1
10	Reloj RTC	DS3231	1
11	Batería Li-Po	1000 mA	1
12	Cables	N°20	50
13	Led	Verde, Rojo	2
14	Resistencia	10 k	1
15	Resistencias	330	2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV	Manual de mantenimiento y funcionamiento	11/12
-----------	--	-------

4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL DISPOSITIVO ELECTRONICO

Tabla 2. Nombre de los elementos que conforman el dispositivo electrónico.

Descripción	Actividad
Mantenimiento preventivo del dispositivo electrónico	Cada 6 meses
Revisión de los sensores	Cada 6 meses
Revisar las pilas del reloj	Cada 12 meses
Descargas los datos del lector SD	Cada 1 mes
Revisar la calibración de los sensores	Cada 6 meses

4.1 Fallas y solución del dispositivo electrónico

Tabla 3. Fallas y soluciones del dispositivo electrónico.

Ítem	Descripción	Falla	Solución
1	No enciende el dispositivo electrónico.	No está cargado la batería.	Cargar la batería.
2	No nos marca correctamente el sensor.	No está conectado el cable de alimentación.	Conectar el cable de alimentación.
3	No enciende el dispositivo electrónico.	No hay tarjeta SD	Insertar la tarjeta SD
4	No se carga el código de programación en el Arduino.	No se puede volver a cargar de nuevo el programa al Arduino Mega 2056.	Desconectar los cables de conexión inalámbrica "Bluetooth".
5	No hay datos registrados con fecha y hora diariamente.	No está cargado la batería del reloj.	Cambiar de pila del reloj.
6	No marca algún sensor.	Cable desconectado.	Colocar bien el cable.
7	Observar que todos los elementos estén bien ubicados.	Algún elemento despegado.	Volver a fijar correctamente ese elemento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XIV	Manual de mantenimiento y funcionamiento	12/12
-----------	--	-------

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Este dispositivo nos permite medir y cuantificar de forma real en nuestra App sin ingresar al invernadero y poder evitar riesgos de inhalación de gases.
- Con la ayuda de este dispositivo se podrá verificar las cantidades de gases que hay en el invernadero de tomates riñón de tal manera que el trabajador pueda ingresar con su respectivo equipo de protección.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda no exceder el tiempo de uso del dispositivo electrónico, ya que dependerá de las condiciones edafoclimáticas.
- Usar el equipo correcto de seguridad.
- En caso de que se moje o haga caer el dispositivo electrónico apagar de inmediato.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

1/20

Tabla XV.1. Registro de datos del invernadero obtenidos en la noche

ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIMÓN									
NOMBRE DEL INVERNADERO	<i>Oventado Tomatista</i>								
LUBICACIÓN DEL INVERNADERO	<i>Huacante Grande - Pilarco</i>								
PROPIETARIO	<i>Osvaldo Tomatista</i>								
ESTUDIO REALIZADO POR	<i>Osvaldo Kase - Uico Angel</i>								
FECHA DE ANÁLISIS	<i>15/02/2022</i>								
HORA DE INICIO	<i>17:00</i>								
HORA DE FINALIZACIÓN	<i>18:00</i>								
INVERNADERO SEGÚN	<i>Análisis en la noche</i>								
HORA DE TOMA DE DATOS (H.m.s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (Lum)	DÍOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	ÓXIDO NITROSO N2O (ppm)			
17:00:23	22.1	59.7	1050	371	0.06	0.05			
17:05:11	21.8	61.1	1061	372	0.04	0.06			
17:10:26	21.2	60.9	1045	366	0.06	0.04			
17:15:43	21.4	61.3	1022	367	0.05	0.06			
17:20:05	20.9	65.1	1030	379	0.06	0.05			
17:25:34	20.8	64.6	1004	379	0.06	0.06			
17:30:14	20.4	64.4	983	379	0.07	0.05			
17:35:35	20.7	66.5	879	366	0.06	0.04			
17:40:15	20.5	66.9	668	368	0.05	0.06			
17:45:34	20.5	67.7	635	374	0.06	0.06			
17:50:14	20.1	67.9	656	371	0.07	0.05			
17:55:45	19.9	68.4	628	377	0.06	0.05			
18:00:26	19.6	69.2	611	375	0.04	0.04			
18:05:21	19.1	69.6	602	366	0.06	0.05			
18:10:35	18.6	70.1	589	379	0.07	0.06			



Osvaldo Kase
 FIRMA DEL PROPIETARIO
 780244376

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

2/20



Figura XV.1. Registro de datos con el dispositivo implementado.

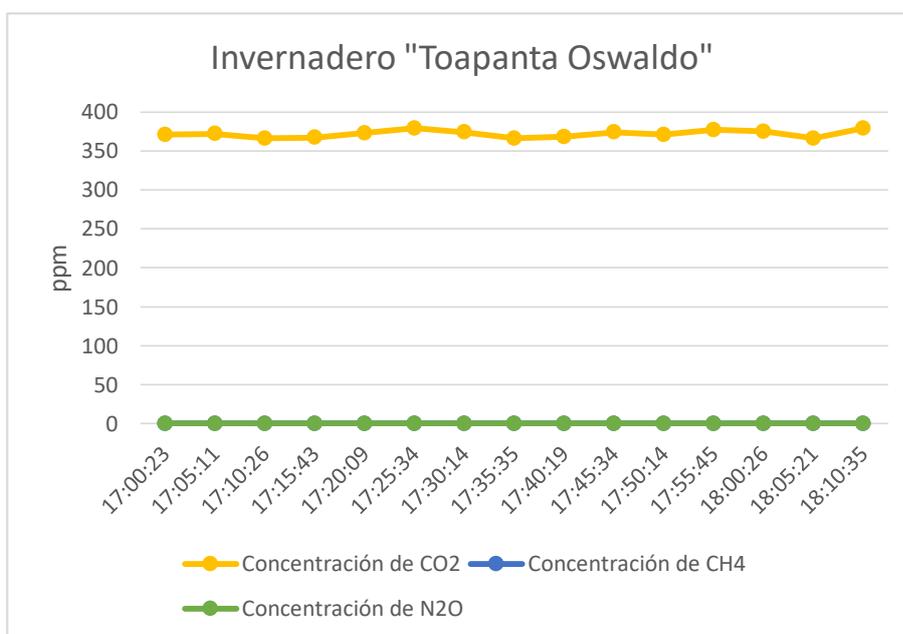


Figura XV.2. Gráfica de los valores obtenidos en la noche

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

3/20

Tabla XV.2. Registro de datos del invernadero obtenidos en la mañana

ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIÑÓN									
NOMBRE DEL INVERNADERO	Oswaldo Toacanta								
UBICACIÓN DEL INVERNADERO	Huancayo Grande - El Lago								
PROPIETARIO	Oswaldo Toacanta								
ESTUDIO REALIZADO POR	Oswaldo Toacanta								
FECHA DE ANÁLISIS	20/02/2022								
HORA DE INICIO	08:00								
HORA DE FINALIZACIÓN	09:00								
INVERNADERO SEGÚN	Análisis en la mañana								
HORA DE TOMA DE DATOS (h.m.s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (lum)	DIOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	OXIDO NITROSO N2O (ppm)			
08:00:15	16,1	81,5	614	371	0,06	0,07			
08:05:15	17,1	79,9	627	368	0,05	0,08			
08:10:32	17,8	79,9	619	372	0,08	0,08			
08:15:51	18,7	76,5	637	368	0,06	0,09			
08:20:03	18,6	76,1	691	374	0,05	0,08			
08:25:25	18,6	74,2	710	376	0,07	0,07			
08:30:35	19,8	73,3	659	378	0,06	0,08			
08:35:23	19,2	73,9	652	375	0,08	0,08			
08:40:07	19,4	70,5	758	377	0,07	0,06			
08:45:55	19,5	70,2	768	376	0,07	0,08			
08:50:29	19,8	68,8	784	380	0,08	0,08			
08:55:25	20,1	67,2	791	378	0,09	0,07			
09:00:33	20,2	65,3	810	375	0,07	0,07			
09:05:20	20,7	64,1	870	386	0,08	0,08			
09:10:22	21	63,3	860	376	0,07	0,06			




 FIRMA DEL PROPIETARIO
 780244326

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

4/20



Figura XV.3. Registro de datos con el dispositivo implementado.

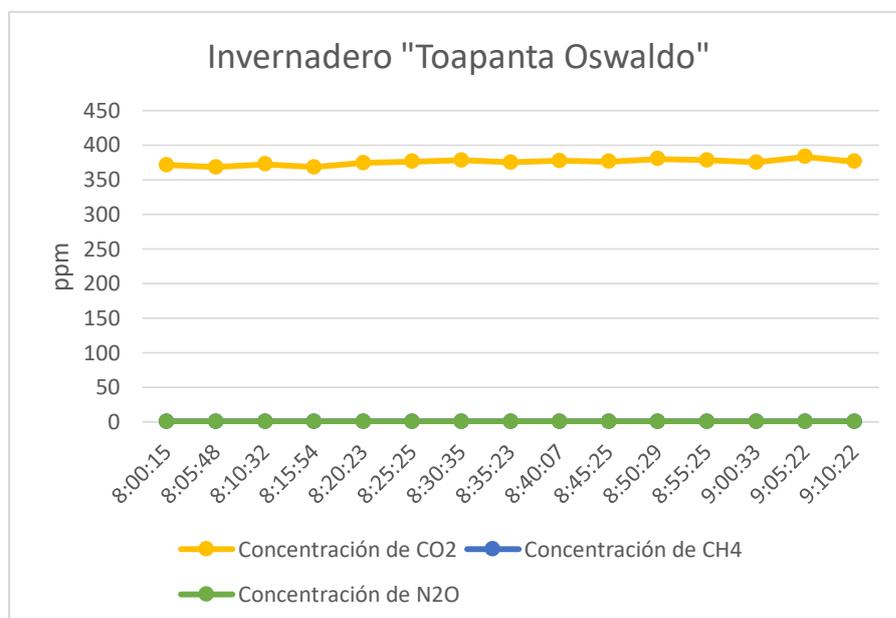


Figura XV.4. Gráfica de los valores obtenidos en la mañana

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

5/20

Tabla XV.3. Registro de datos del invernadero obtenidos en la mañana

		ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIMÓN						
		TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (lum)	DIÓXIDO DE CARBONO CO ₂ (ppm)	METANO CH ₄ (ppm)	ÓXIDO NITROSO N ₂ O (ppm)	
NOMBRE DEL INVERNADERO	Daniel Lozano							
LUBICACION DEL INVERNADERO	Huanuco - Cuzco - Vilcas							
PROPIETARIO	Luis Lozano							
ESTUDIO REALIZADO POR	Diego Ruiz - Nico Hoel							
FECHA DE ANÁLISIS	10/02/2022							
HORA DE INICIO	09:15							
HORA DE FINALIZACIÓN	10:25							
INVERNADERO SEGUN	Análisis en la mañana							
HORA DE TOMA DE DATOS (H.m.s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (lum)	DIÓXIDO DE CARBONO CO ₂ (ppm)	METANO CH ₄ (ppm)	ÓXIDO NITROSO N ₂ O (ppm)		
04:15:18	21.3	63.1	881	346	0.07	0.07		
04:20:16	23.7	65.3	864	371	0.07	0.07		
04:25:31	24.4	64.1	992	233	0.06	0.02		
04:30:50	25.1	61.2	952	380	0.05	0.06		
04:35:41	25.6	58.5	937	376	0.05	0.06		
04:40:27	23.4	57.6	909	338	0.06	0.06		
04:45:05	24.6	60.2	952	326	0.06	0.07		
04:50:12	30.6	55.4	922	380	0.05	0.06		
04:55:13	30.2	57.7	946	345	0.05	0.06		
05:00:15	31.2	53.2	997	324	0.06	0.07		
10:05:32	31.5	59.5	816	325	0.06	0.02		
10:10:21	34.2	50.1	904	340	0.05	0.06		
10:15:15	28.6	50.2	1096	336	0.06	0.07		
10:20:30	34.9	50.8	1120	368	0.07	0.08		
10:25:51	35.1	50.4	1185	378	0.08	0.08		


 FIRMA DEL PROPIETARIO
 7802444516



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

6/20



Figura XV.5. Registro de datos con el dispositivo implementado.

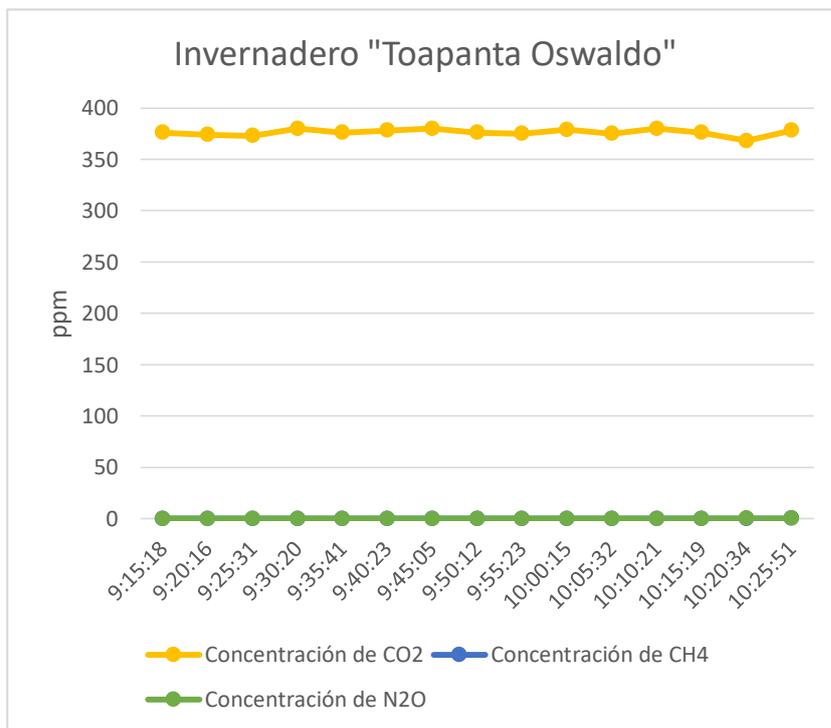


Figura XV.6. Gráfica de los valores obtenidos en la mañana

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV	Registro de datos y resultados obtenidos	7/20
----------	--	------

Tabla XV.4. Registro de datos del invernadero obtenidos en la tarde



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIÑÓN													
NOMBRE DEL INVERNADERO	UBICACIÓN DEL INVERNADERO	PROPIETARIO	ESTUDIO REALIZADO POR	FECHA DE ANÁLISIS	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACIÓN	INVERNADERO SEGÚN	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (Lum)	DIOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	ÓXIDO NITROSO N2O (ppm)
	Quinto Tomate	Monsato Tomate - El Faro	Quinto Tomate	81-82-2022	16:00	15:10	Análisis en la tarde	32	48.1	309	719	0.14	0.14
								31.7	48.1	651	377	0.14	0.15
								31.8	46.4	409	319	0.14	0.15
								31.8	46.4	645	710	0.14	0.15
								31.3	49.3	622	318	0.13	0.15
								31	47.3	625	326	0.14	0.14
								31.2	48	628	226	0.14	0.15
								30.8	48.8	635	325	0.14	0.14
								30.1	50.7	639	335	0.14	0.14
								29.9	45	627	361	0.13	0.16
								29.7	44.8	565	339	0.13	0.15
								29	50.7	622	339	0.14	0.15
								28.7	52.4	616	326	0.14	0.15
								28.7	52.4	622	332	0.14	0.15
								28.6	52.4	610	330	0.14	0.16


 FIRMA DEL PROPIETARIO
 7802 F-1431 C

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV	Registro de datos y resultados obtenidos	8/20
----------	--	------

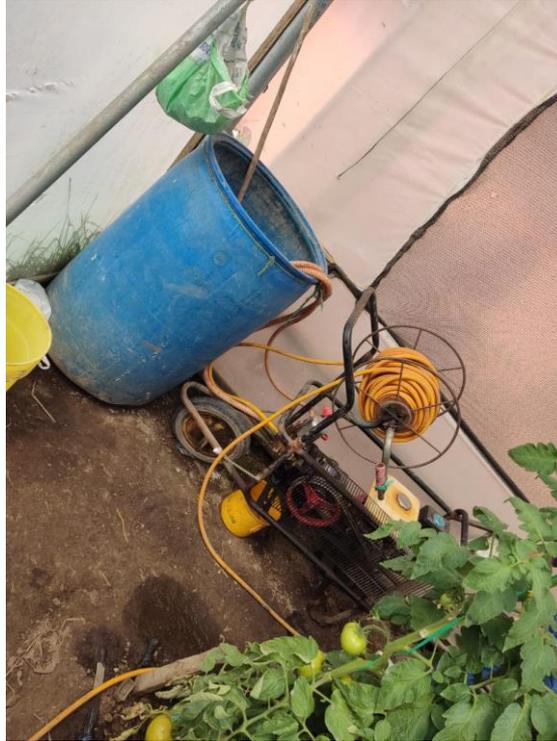


Figura XV.7. Registro de datos con el dispositivo implementado.

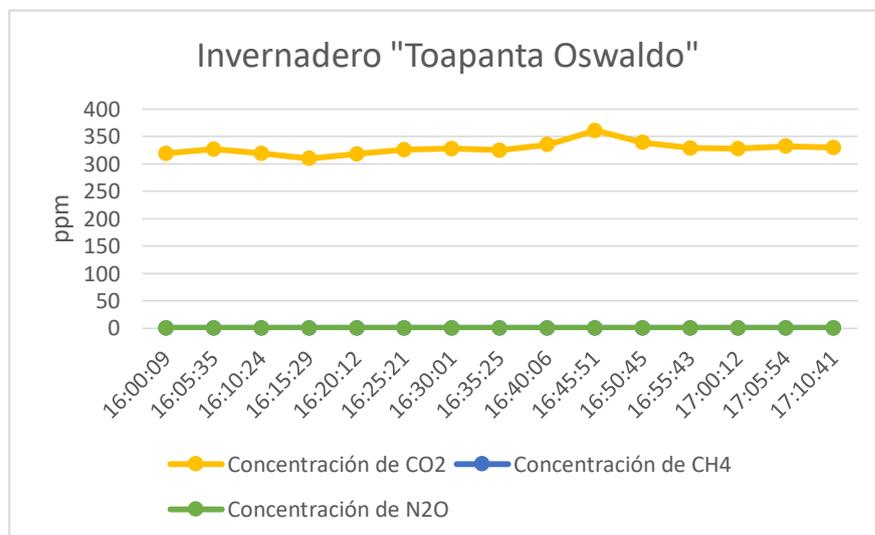


Figura XV.8. Gráfica de los valores obtenidos en la tarde

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV Registro de datos y resultados obtenidos 9/20

Tabla XV.5. Registro de datos del invernadero obtenidos en la tarde



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIÑÓN													
NOMBRE DEL INVERNADERO	UBICACIÓN DEL INVERNADERO	PROPIETARIO	ESTUDIO REALIZADO POR	FECHA DE ANÁLISIS	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACIÓN	INVERNADERO SEGÚN	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (Lum)	DIOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	ÓXIDO NITROSO N2O (ppm)
								25.5	60.2	589	343	0.12	0.02
								25.4	59.7	622	342	0.12	0.02
								25.3	59.3	622	342	0.11	0.02
								25.1	60.2	609	358	0.11	0.02
								24.9	61	619	226	0.11	0.02
								24.9	60.2	641	361	0.13	0.02
								25	61	691	324	0.12	0.02
								25.3	61	703	372	0.12	0.02
								25.5	60.2	632	356	0.12	0.02
								25.6	61	625	383	0.12	0.02
								27.7	56.2	445	324	0.12	0.02
								28.0	57.3	392	351	0.12	0.02
								30.1	50.2	343	362	0.12	0.02
								30.5	48.8	308	289	0.12	0.02
								30.6	49	336	318	0.13	0.02

FIRMA DEL PROPIETARIO
 78024431-6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

10/20



Figura XV.9. Registro de datos con el dispositivo implementado.

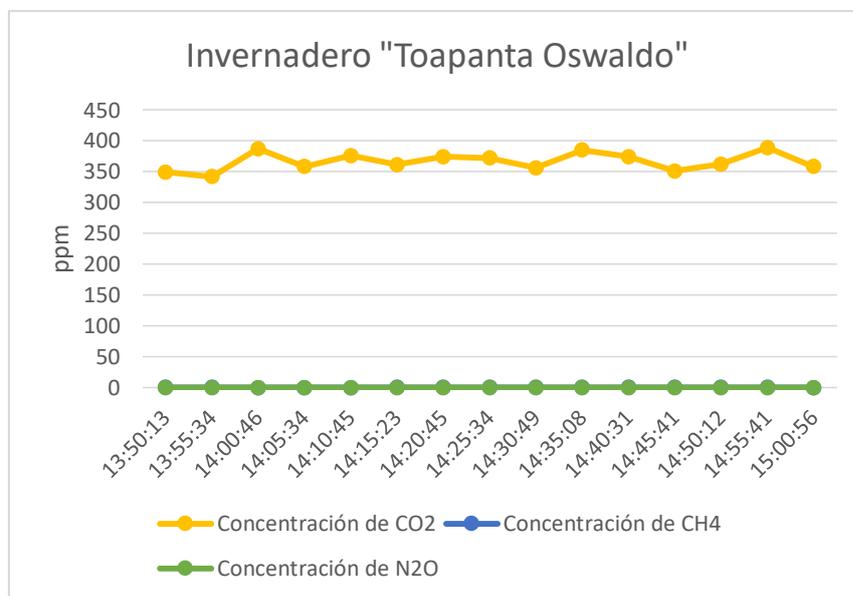


Figura XV.10. Gráfica de los valores obtenidos en la tarde

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV Registro de datos y resultados obtenidos 11/20

Tabla XV.6. Registro de datos del invernadero obtenidos en la tarde



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIÑÓN									
NOMBRE DEL INVERNADERO	Ocasalido Toaquinta								
UBICACIÓN DEL INVERNADERO	Huerto Llanos - Kllara								
PROPIETARIO	Dionelito Toaquinta								
ESTUDIO REALIZADO POR	Dionelito Vero - Uro Angel								
FECHA DE ANÁLISIS	22-08-2022								
HORA DE INICIO	15:00								
HORA DE FINALIZACIÓN	16:10								
INVERNADERO SEGÚN	Agricultos en la tarde								
HORA DE TOMA DE DATOS (H.m.s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (lum)	DIOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	ÓXIDO NITROSO N2O (ppm)			
15:00:27	30.5	45.8	327	347	0.0	0.02			
15:05:18	31.1	44	319	339	0.12	0.06			
15:10:21	32.5	44	355	334	0.13	0.06			
15:15:28	32.4	46.4	321	342	0.12	0.07			
15:20:45	33.8	48.7	322	346	0.12	0.07			
15:25:51	34.3	45.5	347	348	0.12	0.07			
15:30:11	34.7	44.7	354	351	0.19	0.06			
15:35:30	34.6	43.8	333	344	0.13	0.08			
15:40:18	34.8	42	355	328	0.12	0.06			
15:45:25	35	41.8	347	349	0.13	0.07			
15:50:34	35.1	43.8	348	369	0.17	0.06			
15:55:05	35.7	43.8	314	344	0.13	0.06			
16:00:18	35.2	41.1	386	321	0.12	0.06			
16:05:34	35.4	42.1	314	319	0.13	0.07			
16:10:34	35.3	43.8	355	323	0.12	0.06			

FIRMA DEL PROPIETARIO
 78024437.6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

12/20



Figura XV.11. Registro de datos con el dispositivo implementado.

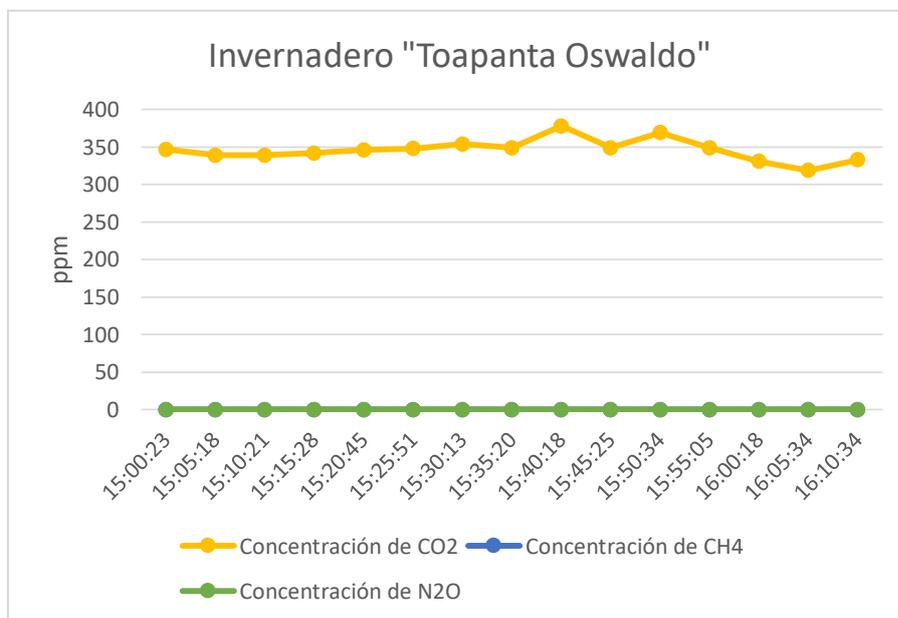


Figura XV.12. Gráfica de los valores obtenidos en la tarde

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV	Registro de datos y resultados obtenidos	13/20
----------	--	-------

Tabla XV.7. Registro de datos del invernadero obtenidos en la mañana



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIÑÓN													
NOMBRE DEL INVERNADERO	UBICACIÓN DEL INVERNADERO	PROPIETARIO	ESTUDIO REALIZADO POR	FECHA DE ANÁLISIS	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACIÓN	INVERNADERO SEGÚN	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (Lum)	DIOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	ÓXIDO NITROSO N2O (ppm)
								21.3	67.1	681	411	0.07	0.07
								22.2	65.7	665	412	0.07	0.07
								24.4	68.1	922	412	0.06	0.07
								25.1	61.2	952	410	0.05	0.06
								25.6	58.5	952	409	0.05	0.06
								27.4	57.6	977	409	0.06	0.06
								29.1	56.7	1068	405	0.07	0.07
								29.6	55.4	1022	407	0.05	0.06
								30.6	53.7	945	405	0.05	0.06
								30.5	57.2	987	407	0.05	0.07
								31.2	52.5	961	410	0.05	0.07
								32.5	51.1	949	411	0.05	0.06
								34.2	51.7	1036	405	0.05	0.07
								34.7	50.8	1106	406	0.06	0.06
								35.3	49.3	1113	405	0.07	0.07

[Firma]
 FIRMA DEL PROPIETARIO
 780234437.6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

14/20



Figura XV.13. Registro de datos con el dispositivo implementado.

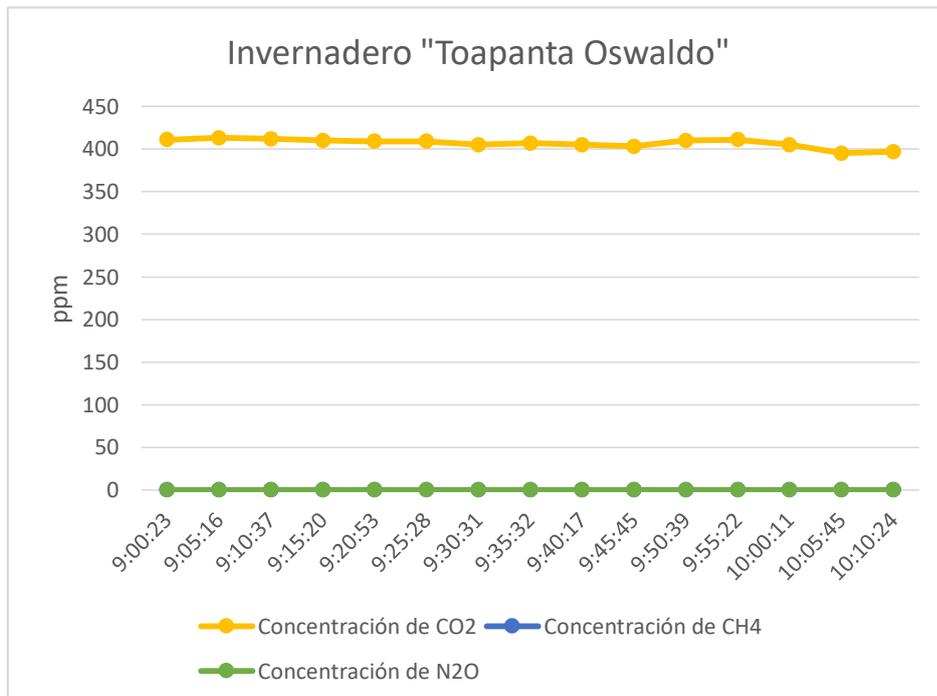


Figura XV.14 Gráfica de los valores obtenidos en la mañana

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XII Registro de datos y resultados obtenidos 15/20

Tabla XV.8. Registro de datos del invernadero obtenidos en la tarde



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIÑÓN														
NOMBRE DEL INVERNADERO	UBICACIÓN DEL INVERNADERO	PROPIETARIO	ESTUDIO REALIZADO POR	FECHA DE ANÁLISIS	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACIÓN	INVERNADERO SEGUN	HORA DE TOMA DE DATOS (H.m.s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (lum)	DIOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	OXIDO NITROSO N2O (ppm)
								14:00:04	28.3	43.86	667	346	0.08	0.11
								14:05:21	27.5	41.7	675	356	0.08	0.11
								14:10:12	27	44.2	647	364	0.08	0.12
								14:15:34	26.4	46.4	691	371	0.09	0.12
								14:20:11	26.4	45.5	668	365	0.09	0.12
								14:25:23	26.6	46.4	625	365	0.09	0.12
								14:30:45	27.8	45.5	616	365	0.08	0.11
								14:35:22	27.2	45.7	709	386	0.08	0.12
								14:40:43	27.2	45.5	700	402	0.09	0.12
								14:45:26	28	44.5	675	345	0.09	0.12
								14:50:14	28.2	47	700	310	0.08	0.12
								14:55:45	28.1	47	700	404	0.09	0.12
								15:00:38	28	45.5	684	384	0.09	0.12
								15:05:11	27.9	44.2	654	344	0.08	0.12
								15:10:23	28	44.2	644	384	0.08	0.12


 FIRMA DEL PROPIETARIO
 7802744366

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

16/20



Figura XV.15. Registro de datos con el dispositivo implementado.

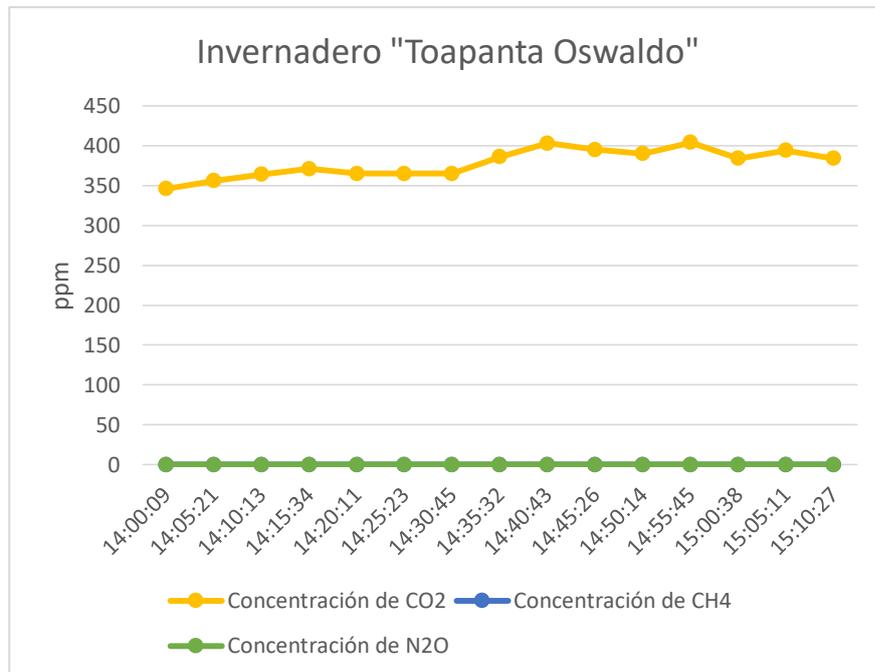


Figura XV.16. Gráfica de los valores obtenidos en la tarde

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XII	Registro de datos y resultados obtenidos	17/20
-----------	--	-------

Tabla XV.9. Registro de datos del invernadero obtenidos en la tarde



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RIÑÓN									
NOMBRE DEL INVERNADERO	<i>Quivado Tomate</i>								
UBICACIÓN DEL INVERNADERO	<i>Huandaño Grande - Píllaro</i>								
PROPIETARIO	<i>Quivado Jooaquín</i>								
ESTUDIO REALIZADO POR	<i>Roberto Aroca - Illesco Aroca</i>								
FECHA DE ANÁLISIS	<i>24/03/2022</i>								
HORA DE INICIO	<i>15:40</i>								
HORA DE FINALIZACIÓN	<i>16:50</i>								
INVERNADERO SEGUN	<i>Análisis en la tarde</i>								
HORA DE TOMA DE DATOS (H.m.s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (Lum)	DIÓXIDO DE CARBONO CO ₂ (ppm)	METANO CH ₄ (ppm)	ÓXIDO NITROSO N ₂ O (ppm)			
15:50:40	31.1	47.7	709	380	0.09	0.79			
15:55:30	30.83	48.78	691	390	0.07	0.77			
15:30:50	30.83	46.44	691	396	0.09	0.73			
15:35:34	30.83	47.7	708	365	0.09	0.81			
15:40:55	31.08	47.9	718	390	0.07	0.73			
15:45:37	30.83	46.44	691	378	0.09	0.72			
15:50:26	31.14	46.44	654	377	0.05	0.71			
15:55:35	31.28	46.38	683	394	0.07	0.77			
16:00:45	31.63	46.44	650	388	0.08	0.71			
16:05:43	31.28	47.3	659	358	0.03	0.71			
16:10:34	31	48.16	657	354	0.05	0.72			
16:15:36	30.83	47.3	657	390	0.08	0.72			
16:20:37	30.66	47.3	659	356	0.05	0.71			
16:25:24	30.04	44.3	604	300	0.08	0.72			
16:30:10	29.86	45.02	622	384	0.08	0.70			

[Firma manuscrita]
 FIRMA DEL PROPIETARIO
 780274431.6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

18/20



Figura XV.17 Registro de datos con el dispositivo implementado.

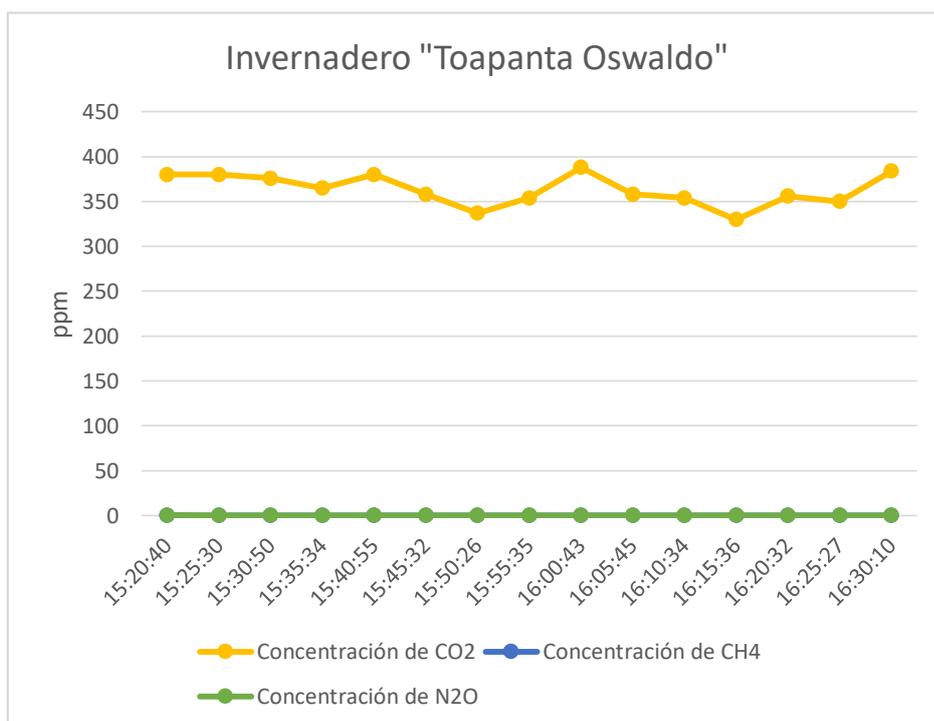


Figura XV.18 Gráfica de los valores obtenidos en la tarde

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV Registro de datos y resultados obtenidos 19/20

Tabla XV.10. Registro de datos del invernadero obtenidos en la mañana



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN EL INVERNADERO DE TOMATE DE RINÓN									
HORA DE TOMA DE DATOS (H.m.s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	LUMINOSIDAD (lum)	DIOXIDO DE CARBONO CO2 (ppm)	METANO CH4 (ppm)	ÓXIDO NITROSO N2O (ppm)			
10:00:25	27.11	6.0	1170	382	0.07	0.17			
10:05:18	27.5	44.7	509	371	0.07	0.17			
10:10:11	28.7	73.7	853	358	0.09	0.13			
10:15:24	27.5	55	977	379	0.08	0.19			
10:20:42	27.7	20.4	983	365	0.08	0.18			
10:25:24	27.6	50.7	868	266	0.09	0.18			
10:30:15	27.1	4.4	868	358	0.09	0.13			
10:35:23	27.5	73.3	894	339	0.09	0.18			
10:40:21	35	47.3	952	325	0.09	0.17			
10:45:45	35.8	44.2	852	333	0.09	0.18			
10:50:42	37.1	44.6	972	331	0.09	0.18			
10:55:35	37.5	48	952	279	0.09	0.17			
11:00:43	38.2	42.1	967	379	0.09	0.17			
11:05:23	28.8	41.2	408	322	0.09	0.17			
11:10:24	37.9	40.8	935	332	0.09	0.17			


 FIRMA DEL PROPIETARIO
 78024437-6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XV

Registro de datos y resultados obtenidos

20/20



Figura XV.19. Registro de datos con el dispositivo implementado.

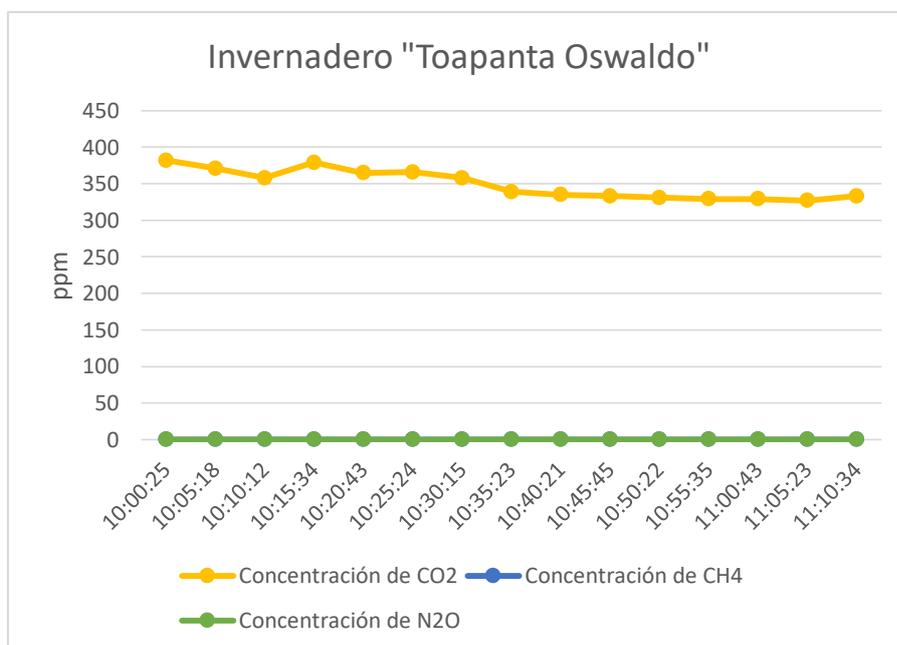


Figura XV.20. Gráfica de los valores obtenidos en la mañana

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XVI	Descripción de gastos	1/2
-----------	-----------------------	-----

Tabla XVI.1 Descripción de gastos directos

Gastos directos				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO U	TOTAL
1	Arduino Mega 2560	1	\$ 23,00	\$ 23,00
2	Sensor BT alcanzable regulable HB06	1	\$ 10,00	\$10,00
3	LCD 128 x 64 Incluye controlador módulo i2c	1	19,00	\$ 19,00
4	Cargador de batería LI-PO	1	\$ 10,00	\$ 10,00
5	Batería de LI-PO	1	\$ 25,00	\$ 25,00
6	Módulo MG-811	1	\$ 82,00	\$ 82,00
7	Módulo MQ-4	1	\$ 12,50	\$1 2,50
8	Módulo MQ-135	1	\$ 11,50	\$ 11,50
9	Módulo DHT11	1	\$ 11,00	\$ 11,00
10	Luminosidad + regulador e integrado SS9013 – 7805	1	\$ 5,50	\$ 5,50
11	Cable Flexible 20 AWG	1	\$ 4,99	\$ 4,99
12	Protoboard 177 x 44,6	1	\$ 6,50	\$ 6,50
13	Conector Batería - Arduino Plug	1	\$ 1,80	\$ 1,80
14	Baquelita 7 cm x 5 cm	1	\$ 1,50	\$ 1,50
15	Conectores Plug 2 posiciones	3	\$ 0,45	\$1,35
16	Pulsador On/Off	1	\$ 0,95	\$ 0,95
17	Integrado diferencial para sensores NE555 - 2N3904	1	\$ 5,90	\$ 5,90
Envío		1	\$ 9,50	\$ 9,50
			Total	\$ 241,99

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XVI Descripción de gastos 2/2

Tabla XVI.2 Descripción de gastos de mano de obra.

Mano de obra				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO U	TOTAL
1	Diseño de la carcasa	2 pers	\$ 35,00	\$ 70,00
2	Impresión 3D Carcasa	41 h	\$ 1,20	\$ 49,20
3	Programador y electrónico	2 pers	\$ 180,00	\$ 360,00
4	Calibración de los sensores	4 sensores	\$ 80,00	\$ 320,00
			Total	\$ 799,20

Tabla XVI.3 Descripción de gastos indirectos.

Gastos Indirectos				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO U	TOTAL
1	Transporte	2 pers	\$ 20,00	\$ 40,00
2	Imprevistos	1	\$ 30,00	\$ 30,00
3	Viáticos	2 pers	\$ 20,00	\$ 40,00
4	Materiales indirectos	1	\$ 30,00	\$ 30,00
			Total	\$ 140,00

Tabla XVI.4 Descripción de la inversión total

Inversión Total	
Costos directos	\$ 241,99
Mano de obra	\$ 799,20
Costos indirectos	\$ 140,00
Total	\$ 1181,19