



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE TELEMÁTICA

Proyecto de Integración
Curricular previa la
obtención del Grado
Académico de Ingeniero en
Telemática

Proyecto de Investigación

**“SISTEMA DE MONITOREO DE POLUCIÓN DE AIRE EN LOS PREDIOS DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO”**

Autor:

WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Director del Proyecto de Investigación:

ING. ANTHONY LIMBER MORÁN CABEZAS, M. Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **PÉREZ GARCÍA WILSON MOISÉS**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o certificación profesional; y, he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

PÉREZ GARCÍA WILSON MOISÉS

C.C: 0850250051

Quevedo, 2 de mayo, del 2024

Ing. Rubén Alcocer Quinteros Ph.D
DECANATO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

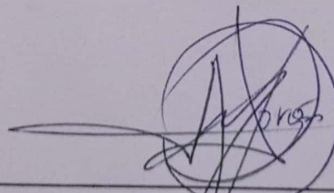
Presente. -

Para los trámites pertinentes remito al presente el informe favorable de consenso:

INFORME FAVORABLE

El suscrito, **Ing. Morán Cabezas Anthony Limber, M.Sc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Perez García Wilson Moisés, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado: **“SISTEMA DE MONITOREO DE POLUCIÓN DE AIRE EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO”** previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente,



Ing. Morán Cabezas Anthony Limber, M.Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **ING. ANTHONY LIMBER MORÁN CABEZAS, MSc.** mediante el presente cumpto en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**SISTEMA DE MONITOREO DE POLUCIÓN DEL AIRE EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**” Presentado por el estudiante **WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA**, egresado de la Carrera de Telemática, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 96% y similitud 4%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magnifier

Sistema de monitoreo de polución del aire

4%
Textos sospechosos

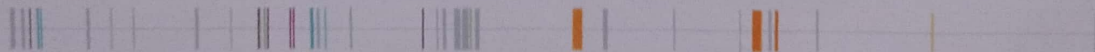
4% Similitudes
4% similitudes entre capítulos
4% entre las fuentes mencionadas
Δ < 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Envia a Antiplagio - Perez.pdf
ID del documento: 257c10a80fe5b3bc14e886959edde140b6aee0b
Tamaño del documento original: 1,69 MB
Autor: wilson.perez

Depositante: wilson.perez
Fecha de depósito: 12/3/2024
Tipo de carga: url_submission
fecha de fin de análisis: 12/3/2024

Número de palabras: 11.226
Número de caracteres: 77.417

Ubicación de las similitudes en el documento:



ING. ANTHONY LIMBER MORÁN CABEZAS, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Ing. Rubén Alcocer Quinteros Ph.D

**DECANATO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

Presente. -

Para los trámites pertinentes remito al presente el informe favorable de consenso:

INFORME FAVORABLE

Los abajo firmantes que actuamos como Presidente y Miembros del Tribunal de la Unidad de Titulación; designada por el Consejo Directivo de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, tenemos a bien de **CERTIFICAR** que el Proyecto de Investigación “**SISTEMA DE MONITOREO DE POLUCIÓN DE AÍRE EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**”, Sr. Perez García Wilson Moisés con cédula #0850250051, estudiante de la carrera de Telemática; fue revisado por este tribunal y se encuentra aprobado y listo para su Sustentación. Dando cumplimiento a lo estipulado por el reglamento, firmado dando fe de lo actuado, los que conformamos dicho tribunal.

Atentamente,

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Kenya Anmarit Guerrero Goyes. M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Angel Ivan Torres Quijije, M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNA
Ing. Néstor Rafael Salinas Buestan, M. Sc.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo de investigación. En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor de tesis Ing. Anthony Limber Morán Cabezas por su orientación, su apoyo y sus valiosas sugerencias que guiaron este proyecto hacia su culminación exitosa.

Así mismo, quiero expresar mi gratitud a mis compañeros de aula, por su colaboración y ayuda en diversas etapas de este estudio. Sus aportaciones y comentarios fueron de gran valor para enriquecer el contenido y la calidad de este trabajo.

También quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a todos los distinguidos profesores que la conforman. A lo largo de mi trayectoria académica, su inestimable dedicación y sabiduría guiaron mi aprendizaje y contribuyeron significativamente a mi formación. Además, agradezco a la universidad por brindar los recursos y facilidades necesarios que hicieron posible la realización exitosa de esta investigación

Finalmente, mi más sincero agradecimiento va dirigido a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo de esta tesis. Su colaboración y apoyo han sido fundamentales en este importante logro académico.

Wilson Moisés Perez García

DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes desde el primer día de mi vida han sido el mayor ejemplo de dedicación, sacrificio, esperanzas y amor incondicional. Su constante guía y apoyo han sido el motor que impulsó en cada paso que di en este largo camino hacia la culminación de mi carrera. Cada logro alcanzado durante mi etapa de preparación académica lleva impreso su legado de perseverancia y determinación. A ustedes, mis pilares fundamentales, dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud.

A mis hermanos, compañeros de toda la vida. Su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida incluso en los momentos más difíciles, enseñándome que cada paso que doy es un escalón más hacia el progreso de mi vida personal. Su compañía ha iluminado mi camino y sus palabras de aliento han sido el impulso que necesitaba para perseverar. Este logro también es suyo, porque cada paso que di fue fortalecido por amor y aprecio. Con profundo cariño, dedico este trabajo a ustedes, recordando con gratitud los momentos compartidos y mirando hacia el futuro con la certeza de que nuestra unión seguirá siendo mi mayor tesoro.

A mis amigos, quienes con su apoyo inquebrantable y su ánimo constante han sido la red de seguridad que me ha sostenido en los momentos de cansancio y desaliento. Su presencia ha transformado los desafíos en oportunidades de crecimiento y vuestra amistad ha llenado mi vida de alegría y significado. Cada conversación, cada gesto de solidaridad y cada sonrisa compartida ha sido un recordatorio del valor de la amistad verdadera.

En fin, este trabajo final de tesis no solo representa el resultado de mi esfuerzo y dedicación, sino también el reflejo del amor, apoyo y complicidad de quienes han sido mi apoyo en este viaje. A mis padres, hermanos y amigos, les dedico este logro con profunda gratitud y cariño, reconociendo que, sin su presencia y apoyo, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer.

Wilson Moisés Perez García

RESUMEN

Este proyecto surge de la necesidad de examinar la calidad del aire, centrándose específicamente en la detección de gases como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂) y el gas propano, que son los gases contaminantes objetos para realizar en este estudio. La relevancia de detectar estos gases radica en los riesgos significativos que representan para la salud humana, especialmente cuando se produce una exposición prolongada a niveles considerables de estos contaminantes durante más de ocho horas al día. Este sistema estará integrado por nodos, mismos que estarán conformados por una placa de comunicación esp8266, sensores de gas de la familia MQ, sensor de humedad y temperatura.

El sistema permite recopilar datos en tiempo real sobre la calidad del aire en el campus Manuel Haz Alvares, guardarlos en una base de datos y posteriormente transmitirlos a una plataforma centralizada. A través de esta plataforma, la comunidad universitaria puede acceder a información actualizada sobre los niveles de contaminación atmosférica y recibir alertas en caso de que se detecten concentraciones peligrosas de contaminantes.

El objetivo principal del proyecto es dar a conocer cuan contaminado llegaría a estar el ambiente en un determinado tiempo y poder generar conciencia ambiental entre los miembros de la comunidad universitaria, promoviendo prácticas más sostenibles en el cuidado del medio ambiente. Además, el sistema proporciona una herramienta invaluable para la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental del campus, permitiendo identificar áreas de mejora y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Palabras clave; polución, contaminación atmosférica, esp8266, IoT

ABSTRACT

This project arises from the need to examine air quality, focusing specifically on the detection of gases such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and propane gas, which are the target pollutant gases for this study. The relevance of detecting these gases lies in the significant risks they pose to human health, especially when there is prolonged exposure to significant levels of these pollutants for more than eight hours a day. This system will be integrated by nodes, which will consist of an esp8266 communication board, gas sensors of the MQ family, humidity and temperature sensors.

The system will collect real-time data on air quality at the Manuel Haz Alvares campus, store them in a database, and then transmit them to a centralized platform. Through this platform, the university community can access updated information on air pollution levels and receive alerts in case dangerous concentrations of pollutants are detected.

The main objective of the project is to provide information on how polluted the environment could become in a given time and to generate environmental awareness among the members of the university community, promoting more sustainable practices in environmental care. In addition, the system provides an invaluable tool for decision making.

Keywords; pollution, atmospheric pollution, esp8266, IoT

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXO.....	xv
CÓDIGO DUBLIN.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Formulación del problema	5
1.1.2. Sistematización del problema	5
1.2. Justificación	6
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.1. Marco Referencial.....	10
2.2. Marco conceptual.....	12
2.2.1. Contaminación atmosférica.....	12

2.2.2.1.	Contaminantes primarios.....	12
2.2.2.2.	Contaminantes secundarios.	13
2.2.3.	Monóxido de carbono (CO)	13
2.2.3.1.	Fuentes de emisión de monóxido de carbono.....	14
2.2.4.	Dióxido de carbono (CO ₂)	14
2.2.5.	Efectos en la salud de las personas	14
2.2.6.	Niveles de concentración de CO en exteriores	15
2.2.7.	Calidad del aire	15
2.2.8.	Métodos de monitoreo de calidad del aire	15
2.2.10.	Framework	17
2.2.11.	Angular.....	17
2.2.12.	Typescript.....	18
2.2.13.	Base de datos.....	18
2.2.14.	Tecnologías empleadas para la comunicación en tiempo real entre sensores	18
2.2.14.1.	Internet de las cosas	18
2.2.14.2.	Arquitectura de IoT	19
2.2.15.	Sensores	19
2.2.16.	Tipos de sensores	19
2.2.16.1.	Sensor MQ-7	20
2.2.16.2.	Características.....	20
2.2.16.3.	Sensor MQ-135	22
2.2.16.4.	Características.....	24
2.2.16.5.	Especificaciones técnicas	24
2.2.16.6.	Transmisión de datos	25
2.2.17.	Sensor MQ-2	26
2.2.18.	DHT11 (temperatura y humedad)	26
2.2.18.1.	Características técnicas.....	27

2.2.19.	Sensor PM180	28
2.2.19.1.	Características.....	28
2.2.19.2.	Especificaciones	29
2.2.19.3.	Distribución de pines	29
2.2.20.	Gateway	30
2.2.20.1.	Tipos de Gateway.....	30
2.2.21.	Medios de transmisión	31
2.2.21.1.	Medios guiados	31
2.2.21.2.	Medios no guiados	31
2.2.22.	Comunidad universitaria	32
2.2.23.	Situación contaminante	32
2.3.	Marco legal	32
2.3.1.	Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.....	32
2.3.2.	Plan Nacional de Calidad de Aire	33
2.3.3.	Norma de calidad del aire o nivel de inmisión libro VI anexo 4	33
2.3.4.	Ley de la Constitución de la República de Ecuador	33
2.3.5.	Estatutos de la UTEQ.....	33
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		34
2.4.	Localización	35
2.5.	Tipo de investigación	35
2.5.1.	Investigación Descriptiva.....	35
2.5.2.	Investigación Aplicada.....	36
2.6.	Métodos de Investigación	36
2.7.	Fuentes de recopilación de información	36
2.8.	Diseño de la Investigación	37
2.9.	Instrumentos de Investigación	38
3.8.1.	Recursos humanos	39

3.8.2. Recursos Materiales.....	39
3.8.2.1. Hardware	39
3.8.2.3. Materiales de campo.....	40
3.8.3. Recursos financieros.....	41
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
4.1. Resultados.....	43
4.1.1. Requisito de los componentes para el sistema de polución del aire	43
4.1.1.2. Componentes	43
4.1.1.2. Mecanismos	44
4.1.2. Tecnología de comunicación	46
4.1.3. Implementación del Sistema de Polución de aire para él envío de datos	46
4.1.4. Datos almacenados en la base	47
4.1.5. Aplicación Web.....	48
4.2. Discusión	52
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5. Conclusiones.....	54
5.1. Recomendaciones	54
CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA	56
Bibliografía.....	57
CAPÍTULO VII ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura básica IoT.....	19
Figura 2 Sensor MQ-7	20
Figura 3 Circuito sensor MQ-7.....	21
Figura 4 Curva de sensibilidad MQ-7	21
Figura 5 Sensibilidad respecto de humedad	22
Figura 6 Sensor MQ-135	23
Figura 7 Curva de sensibilidad MQ-135	23
Figura 8 Dependencia del MQ-135 con respecto de la humedad y temperatura.....	24
Figura 9 Circuito sensor MQ-135.....	26
Figura 10 Sensor de temperatura y humedad DHT11	27
Figura 11 Conexión DHT11	28
Figura 12 Sensor BMP180	29
Figura 13 Ubicación de la UTEQ.....	35
Figura 14 Enviar datos a la nube	47
Figura 15 Base de datos.....	47
Figura 16 Código de pantalla inicial de aplicación Web	48
Figura 17 Código para el envío de datos desde Arduino.....	48
Figura 18 Diseño de la aplicación	49
Figura 19 Rango de contaminación de los gases.....	49
Figura 20 Nivel monóxido de carbono.....	50
Figura 21 Niveles de dióxido de carbono.....	50
Figura 22 Niveles del gas propano	51
Figura 23 Diseño del prototipo.....	51

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Ventajas y Desventajas de los métodos de monitoreo	16
Tabla 2 Niveles de alerta, alarma, emergencia de la calidad del aire	17
Tabla 3 Características técnicas DHT11	27
Tabla 4 Recursos de Hardware	39
Tabla 5 Recursos de Software	40
Tabla 6. Inversión	41
Tabla 7 Comparativa entre Controladores	43

Tabla 8 Sensores	44
------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 Librerías utilizadas en Arduino	60
Anexo 2 Configuración de los sensores	60
Anexo 3 Lectura de los valores por los sensores	61
Anexo 4 Datos almacenados en la base	61
Anexo 5 Función para enviar correo	62
Anexo 6 Notificación enviada	62
Anexo 7 Armado del nodo.....	63
Anexo 8 Diseño final del nodo	63
Anexo 9 Página principal de la aplicación	64
Anexo 10 Instalación del nodo en el edificio de la FCSEF.....	64

CÓDIGO DUBLIN

Título:	SISTEMA DE MONITOREO DE POLUCIÓN DE AIRE EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO		
Elaborado por:	Wilson Moisés Pérez García		
Palabras claves:	Pollution	IoT	atmospheric pollution
Fecha de publicación:	Mayo 2024		
Editorial:	Quevedo- UTEQ “La María”, 2024		
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>Este proyecto surge de la necesidad de examinar la calidad del aire, centrándose específicamente en la detección de gases como el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO₂), que son los principales contaminantes para detectar. La relevancia de detectar estos gases radica en los riesgos significativos que representan para la salud humana, especialmente cuando se produce una exposición prolongada a niveles considerables de estos contaminantes durante más de ocho horas al día. Este sistema estará integrado por nodos, mismos que estarán conformados por una placa de comunicación esp8266, sensores de gas, sensor de humedad y temperatura.</p>		
Abstract: (hasta 300 palabras)	<p>El sistema permite recopilar datos en tiempo real sobre la calidad del aire en el campus universitario y transmitirlos a una plataforma centralizada. A través de esta plataforma, la comunidad universitaria puede acceder a información actualizada sobre los niveles de contaminación atmosférica y recibir alertas en caso de que se detecten concentraciones peligrosas de contaminantes.</p> <p>El objetivo principal del proyecto es generar conciencia ambiental entre los miembros de la comunidad universitaria y promover prácticas más sostenibles en el cuidado del medio ambiente. Además, el sistema proporciona una herramienta invaluable para la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental del campus, permitiendo identificar áreas de mejora y tomar medidas correctivas de manera oportuna.</p> <p>This project arises from the need to examine air quality, focusing specifically on the detection of gases such as carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO₂), which are the main pollutants to detect. The relevance of detecting these gases lies in the significant risks they pose to human health, especially when there is prolonged exposure to significant levels of these pollutants for more than eight hours a day. This system will be integrated by nodes, which will consist of an esp8266 communication board, gas sensors, humidity and temperature sensors.</p> <p>The system will collect real-time data on air quality on the university campus and transmit it to a centralized platform. Through this platform, the university community can access up-to-date information on air pollution levels and receive alerts in case dangerous concentrations of pollutants are detected.</p> <p>The main objective of the project is to generate environmental awareness among members of the university community and promote more sustainable practices in caring for the environment. In addition, the system provides an invaluable tool for informed decision making in the environmental management of the campus, allowing to identify areas for improvement and take corrective measures in a timely manner.</p>		
Descripción:	80 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162		
URI:			

INTRODUCCIÓN

La contaminación del medio ambiente es uno de los mayores problemas que enfrentamos en el mundo actual. Esta situación crítica requiere que tomemos conciencia de las acciones que dañan nuestro entorno y busquemos soluciones para revertir este problema. La vida de las personas, animales y plantas se ve amenazada cada día debido a la contaminación, y lamentablemente, somos los humanos quienes más contribuimos a este daño.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 249 mil muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire exterior y alrededor de 83 mil muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire debido al uso de combustibles sólidos en las viviendas en América Latina en 2016 [1].

Según el ministerio de salud pública de Ecuador, Ecuador tiene un 30% más que el nivel seguro de la OMS, lo que ha provocado que 1.771 personas mueran de una enfermedad relacionada con la contaminación atmosférica cada año, 86 de los cuales son niños. La cardiopatía isquémica es la principal enfermedad causada por la contaminación del aire en el país.

En Ecuador, en el año 2013, menos del 5 % de la población usaba combustibles sólidos para cocinar (Rees y UNICEF, 2016). Debido a los grandes subsidios, más del 90 % de los hogares en Ecuador usan combustible limpio como el gas licuado de petróleo (GLP) en la cocción (Gould et al., 2018).

En Quedo, uno de los mayores agentes de contaminación del aire es el transporte urbano, carros particulares y demás, que al hacer uso de combustibles fósiles contribuyen a la contaminación de medio ambiente emitiendo gases dañinos como el Dióxido de carbono (CO_2), factor perjudicial para la salud de los habitantes.

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la red interconectada de dispositivos físicos, vehículos, electrodomésticos y otros objetos que están equipados con sensores, software y tecnología de conectividad, que permiten recopilar y compartir datos a través de internet. Esta red de dispositivos crea un entorno en el que los objetos cotidianos pueden recopilar, transmitir y recibir información, lo que posibilita la automatización y la toma de decisiones.

En la actualidad, el IoT, es una de las nuevas tendencias en el ámbito de las redes, revolucionando la forma en que interactuamos con el mundo que nos rodea, permitiendo la conexión y comunicación entre objetos físicos y dispositivos a través de internet. Una de las áreas en las que el IoT ha tenido un impacto significativo es en la monitorización ambiental y la gestión de datos en tiempo real al permitir analizar, reunir y distribuir datos que pueden ser convertidos en información y conocimiento.

Las tecnologías inalámbricas desempeñan un papel fundamental en la evolución del Internet de las Cosas (IoT). En este contexto, dispositivos y objetos tienen la capacidad de intercambiar información a través de redes inalámbricas, lo que a su vez posibilita una automatización y control más amplio en una variedad de eventos, como el ámbito de hogares inteligentes, la atención médica, la industria y la agricultura.

En un mundo donde la calidad del aire se ha convertido en una preocupación creciente debido a los efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente, la utilización de tecnologías IoT para el monitoreo preciso y continuo de la contaminación del aire se vuelve esencial.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo cuenta con una población estudiantil de 11.470 en grado y 2263 en nivelación, la que está ubicada en la Av. Quito, km 1,5 vía a Santo Domingo por donde transitan vehículos con motores a diésel y gasolina que emiten un alto grado de contaminación ambiental, siendo este un lugar adecuado para monitorizar la calidad de aire en los predios y tomar decisiones que conlleven a un ambiente con un menor porcentaje de contaminación al aire.

La presente investigación tiene como objeto principal, el desarrollo de un sistema basado en el Internet de las Cosas que permita el monitoreo de la polución del aire en los predios del campus “Manuel Álvarez Haz” de la UTEQ. Para lograr nuestro objetivo, se planea usar varios sensores ubicados en diferentes lugares estratégicos con la finalidad de obtener información más precisa y relevante sobre la calidad del aire en diferentes zonas del campus.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

La contaminación del aire representa un desafío de alcance global que ejerce un impacto sustancial en la calidad de vida de las comunidades humanas y en el equilibrio ecológico de nuestro planeta. La expansión constante de las actividades industriales, el aumento del tráfico vehicular y el continuo proceso de urbanización no solo persisten, sino que también conllevan a un incremento en las emisiones de sustancias contaminantes hacia la atmósfera. Esta tendencia contribuye de manera significativa al aumento generalizado de los niveles de polución atmosférica en distintas regiones alrededor del mundo.

El décimo primer Objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS) promueve que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, la sexta meta de este objetivo menciona reducir el impacto ambiental negativo per cápita en las ciudades prestando atención especial a la calidad del aire y a la correcta gestión de los desechos, por otra parte la meta 11.b menciona el aumento considerable en el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él [2].

El deterioro de la calidad del aire tiene efectos perjudiciales en la salud de la población, incrementando la incidencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otras patologías crónicas. Además, la contaminación del aire también daña los ecosistemas terrestres y acuáticos, contribuyendo a la pérdida de biodiversidad y al cambio climático.

La contaminación del aire en los predios del campus central de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo es causada por la emisión de gases de los vehículos que circulan en la vía principal (Av, Quito), esto puede afectar la salud física y mental, el rendimiento académico y laboral, el ambiente de aprendizaje, las actividades al aire libre y la conciencia ambiental en la comunidad universitaria. Es importante tomar en cuenta estos impactos a través de medidas de control de la contaminación, que entre ellos están la conciencia de cada una de las personas, crear espacios verdes, y hacer uso de la tecnología actual como punto de partida para la evaluación del porcentaje de contaminación del aire.

Las tecnologías existentes como el internet de las cosas (IoT) proporcionan herramientas que ayudan a la monitorización de la polución del aire en tiempo real, permitiendo la recopilación de datos precisos y emitiendo alertas tempranas para la comunidad universitaria.

1.1.1. Formulación del problema

El problema que se plantea es:

¿Cómo se podrá detectar la polución de aire en los predios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo?

1.1.2. Sistematización del problema

¿Cuáles son los protocolos y tecnologías utilizados en la plataforma IoT?

¿Cuál es la distribución de los equipos para la detección y recopilación de los datos?

¿Cómo se darán a conocer los datos obtenidos sobre la polución del aire en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo?

1.2. Justificación

La preocupación por la calidad del aire es un tema de relevancia global, dado su impacto directo en la salud humana y el medio ambiente. La contaminación del ambiente no solo afecta a las poblaciones cercanas a zonas industriales o urbanas densamente pobladas, sino que también puede tener repercusiones significativas en entornos universitarios. Es por ello por lo que surge la necesidad de evaluar y abordar la calidad del aire en el campus Manuel Haz Álvarez de la UTEQ, con el objetivo de salvaguardar la salud y el bienestar de nuestra comunidad universitaria.

Cuando se inhala en grandes cantidades, el monóxido de carbono (CO) se une a la hemoglobina en la sangre, reduciendo la capacidad del cuerpo para transportar oxígeno a los tejidos. Esto puede provocar síntomas graves como dolor de cabeza, mareos, náuseas e incluso la muerte en casos extremos, esto sucede cuando los niveles de CO han superado las 8 horas sobre un nivel mayor a las 400 PPM.

Por otro lado, el dióxido de carbono (CO_2) es un gas natural que forma parte de la atmósfera de la Tierra. Sin embargo, las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado considerablemente los niveles de (CO_2) en la atmósfera. El (CO_2) en concentraciones elevadas puede provocar efectos adversos para la salud, como irritación de las vías respiratorias, dificultad para respirar, dolores de cabeza y fatiga

Los niveles de contaminación del aire para exteriores varían según la situación, entorno y zona geográfica, pero los niveles normales a los que una persona puede quedar expuesta son los siguientes, para el monóxido de carbono un rango de 0 a 50 ppm es un nivel normal en el que una persona puede estar expuesta, de 50 a 100 es un nivel moderado, de 100 en adelante se vuelve dañino siempre y cuando el nivel se mantenga por encima de las 600ppm y la persona este expuesta durante más de 8horas.

De la misma manera tenemos el gas propano, su límite de exposición máximo son los 1000ppm, debemos tomar en cuenta que las fuentes de emisión de este gas en el gas licuado de petróleo y que por lo general se encuentran también en los pozos sépticos o de agua servida.

Teniendo en cuenta lo antes planteado, se propone el desarrollo de un sistema de monitoreo de contaminación del aire basado en el Internet de las Cosas (IoT). El IoT ofrece ventajas significativas en comparación con otros métodos de monitoreo, ya que opera de manera

autónoma y constante, proporcionando datos en tiempo real sobre la calidad del aire en diversas zonas del campus. La distribución estratégica de sensores permitirá una cobertura completa de los puntos clave de monitoreo, lo que contribuirá a una lectura más precisa y actualizada de los niveles de contaminación del aire en nuestro entorno.

Este sistema no solo servirá como una herramienta para la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias de mitigación, sino que también desempeñará un papel fundamental en la sensibilización de la comunidad universitaria sobre la importancia de la calidad del aire. Al proteger la salud de nuestros estudiantes, profesores y personal, y al promover la conciencia sobre los efectos de la contaminación del aire, contribuiremos a crear un entorno seguro, saludable y educativo.

La necesidad de analizar la calidad del aire, especialmente en lo que respecta a gases como el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO_2), es fundamental debido a los graves riesgos que representan para la salud humana. Estos gases tóxicos pueden tener efectos adversos significativos en el organismo humano y están directamente relacionados con una serie de enfermedades y afecciones que pueden ser potencialmente mortales.

Es importante destacar que esta propuesta de investigación podría beneficiarse de la colaboración con departamentos específicos, autoridades universitarias o entidades externas. La colaboración fortalecerá la credibilidad y viabilidad del proyecto, así como su potencial para contribuir a iniciativas más amplias de investigación y desarrollo sostenible.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de monitoreo en tiempo real de la calidad del aire a través de la tecnología del Internet de las Cosas con el fin de generar alertas y conciencia ambiental en el campus Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Comparar los diferentes componentes y dispositivos disponibles en el mercado con el propósito de seleccionar los elementos óptimos en términos de precisión, eficiencia energética, durabilidad y costos.
2. Implementar un sistema de recolección y transmisión de datos en tiempo real desde los sensores hacia una plataforma centralizada, permitiendo el monitoreo continuo de la calidad del aire.
3. Diseñar una plataforma web intuitiva y accesible que permita a la comunidad universitaria la visualización de los datos de contaminación del aire en tiempo real, así como recibir alertas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Referencial

A continuación, se presentan diferentes trabajos de investigación sobre la implementación de un sistema de monitoreo sobre la calidad de aire utilizando sistemas embebidos y los datos son visualizados en tiempo real por medio de plataformas web, en la cual servirá de mucho apoyo para el desarrollo de esta presente investigación.

2.1.1. Investigaciones Internacionales

El estudio “*Desarrollo de un prototipo para la medición de calidad del aire en la Universidad de Sucre empleando tecnología de vehículos aéreos no tripulados*” realizado en la Universidad de Sucre en Colombia estuvo enfocada al estudio de la calidad de aire CO₂, mediante vehículos no tripulados (Drone), para su desarrollo se utilizaron sistemas embebidos sensores y demás, con el fin de determinar contaminantes presentes en el aire y evaluarlos. [3]

Por lo tanto, el estudio mencionado anteriormente, ayudara al siguiente trabajo en la elección de los componentes a utilizar, tener referencia de la arquitectura del dispositivo para la recolección de los datos sobre los contaminantes en el aire, por otra parte, se establecen mejoras que conlleven a un desarrollo adecuado de la detección de contaminante en el aire implementando un aplicativo web en el que toda la comunidad universitaria pueda visualizar los datos de contaminantes.

2.1.2. Investigaciones Nacionales

La tesis realizada por Carranco Zumba y Salcedo Castillo con tema: “Sistema de monitoreo de calidad del aire y ruido ambiental para la determinación de índices de contaminación basados en redes inalámbricas de sensores.”, presenta el desarrollo de un prototipo de sistema de medición y monitoreo de algunas de las variables ambientales relacionadas con la calidad del aire como temperatura, humedad, densidad de polvo y las concentraciones de monóxido y dióxido de carbono. Los datos son capturados correspondiente al año 2017 por los sensores HUMA en la cual permite la comunicación con el servidor Web.

En la investigación antes mencionada se le aplica métodos de tratamiento y visualización de datos para que sean visibles desde diversos dispositivos por medio de una aplicación Web. De esta manera, se podrá contar con más datos, que mediante un posterior tratamiento se convertirán en información de gran utilidad para orientar los procesos de toma de decisiones en materia ambiental por parte de los usuarios, ya sean individuos o comunidades [4].

La información obtenida de esta investigación es fundamental para el desarrollo de este trabajo, servirá para identificar las plataformas que mejor se adapten, compararlas con las que se utilizaran y así ver su factibilidad.

La tesis realizada en la ciudad de Cuenca por Ochoa Ochoa sobre él; *“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Cuenca.”* Esta investigación se centró en el desarrollo de un sistema para medir la calidad del aire en la ciudad de Cuenca, cuyo objetivo es censar, almacenar y procesar la concentración de algunos de los agentes contaminantes presentes en el medio, con la finalidad de concientizar a los habitantes de dicha ciudad, en este trabajo se utilizan sensores, Arduino Uno y un CPU Raspberry Pi, luego estos datos son recopilados en una base de datos de manera local. [5].

Esta metodología y selección de componentes servirán como punto de referencia para el presente proyecto, ya que proporciona una base sólida para el diseño e implementación de un sistema similar, sin embargo, la presente investigación utiliza equipos de mayor rendimiento, precisión, menor consumo energético, mayor durabilidad y eficientes.

El artículo realizado por Manuel Quiñones, Víctor Gonzales con tema *“Sistema de Monitoreo de variables Medioambientales usando una Red de sensores inalámbricos y plataformas de Internet de las Cosas”*, se basa en un sistema para la recolección de datos meteorológicos que mediante el uso de una red de sensores inalámbricos se puede transmitir toda es información recolectada por los sensores en tiempo real. Este sistema permite automatizar la obtención de los datos de forma continua a largo plazo, esto gracias al módulo de abastecimiento de energía solar que permite la autonomía para su funcionamiento [6].

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Contaminación atmosférica

Es la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los seres vivos, se originan de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales.

2.2.2. Principales contaminantes atmosféricos

El habitar cerca de una ciudad es normal que exista contaminación del aire y sea asociada a la actividad industrial, comercial y al uso masivo de vehículos, características propias de una urbe. además de por su origen natural o antropogénico, los contaminantes se clasifican en primarios y secundarios, los contaminantes primarios encontramos el dióxido de carbono (CO_2), Monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO), butano, propano, pentano, todos estos gases son sin color ni sabor es decir no podemos visualizar los a simple vista [7].

2.2.2.1. Contaminantes primarios

Los contaminantes primarios en la contaminación atmosférica son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera como resultado de procesos naturales o actividades humanas [8].

Por ello se mencionan los siguientes:

- **Dióxido de azufre (SO_2):** Proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles que contienen azufre, como el carbón y el petróleo. Puede causar problemas respiratorios y contribuir a la formación de lluvia ácida.
- **Óxidos de nitrógeno (NO_x):** Se generan principalmente durante la combustión a alta temperatura en vehículos de motor y plantas de energía. Contribuyen a la formación de smog, lluvia ácida y a la degradación de la calidad del aire.
- **Monóxido de carbono (CO):** Proviene de la combustión incompleta de combustibles fósiles y materia orgánica. Es altamente tóxico y puede causar problemas de salud graves, como intoxicación por monóxido de carbono.

- **Compuestos orgánicos volátiles (COV):** Son liberados por la quema de combustibles fósiles, la evaporación de productos químicos y otras actividades industriales. Contribuyen a la formación de ozono troposférico y smog, y pueden causar problemas respiratorios y cancerígenos.

2.2.2.2. Contaminantes secundarios.

- **Ozono troposférico (O₃):** Se forma a partir de la reacción de los óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. Aunque la capa de ozono estratosférico es beneficiosa porque protege contra los rayos ultravioletas del sol, el ozono troposférico es un contaminante que puede causar problemas respiratorios y dañar los tejidos vegetales.
- **Partículas secundarias:** Las partículas pueden formarse en la atmósfera a partir de la condensación de sustancias gaseosas o de la coagulación de partículas primarias. Estas partículas pueden ser tanto líquidas como sólidas y contribuyen a la contaminación del aire, así como a los problemas de salud asociados con la inhalación de partículas finas.
- **Dióxido de sulfuro (SO₂):** Aunque el dióxido de sulfuro es un contaminante primario, parte de él puede transformarse en sulfato de partículas finas a través de procesos de oxidación en la atmósfera. Estas partículas de sulfato pueden contribuir a la contaminación del aire y a la formación de la neblina ácida.
- **Aerosoles orgánicos secundarios:** Se forman a partir de la oxidación de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la atmósfera.

2.2.3. Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es una sustancia altamente peligrosa con efectos perjudiciales para la salud que varían desde dolores de cabeza leves hasta situaciones fatales. Este gas se genera como resultado de una combustión incompleta de materiales orgánicos que contienen carbono, como carbón, madera, papel, lana, algodón, cloruro de polivinilo, aceite, gasolina y otros hidrocarburos. Además de encontrarse en procesos industriales como la minería, la metalurgia y la conservación de alimentos, el monóxido de carbono puede también estar presente en forma líquida [9].

2.2.3.1. Fuentes de emisión de monóxido de carbono

Todo el mundo está expuesto a cantidades variables de monóxido de carbono en el aire que se inhala. Generalmente se encuentran niveles más altos en lugares y horas del día con alto tráfico de vehículos [9].

Por ello una de las principales fuentes de emisión de CO es:

- El manejo inadecuado de los motores de automóviles que llegan a producir la liberación de gas en ambiente cerrados, tráfico y carros en mal estado.
- procesos de combustión en sectores no industriales.
- Actividades del sector agropecuario
- Aparatos a gas o cocinas que queman madera y chimeneas.
- Consumo de tabaco.

2.2.4. Dióxido de carbono (CO_2)

El dióxido de carbono es un elemento natural presente en la atmósfera y forma parte de los gases de efecto invernadero, junto con el vapor de agua, el metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos, el hexafluoruro de azufre y el ozono. Estos gases tienen la capacidad de retener parte de la energía que la Tierra emite en forma de radiación electromagnética, especialmente en la región infrarroja, después de haber sido calentada por la radiación solar. Esta retención de energía evita que el calor escape de la superficie terrestre de manera significativa, lo que contribuye a mantener las temperaturas en niveles adecuados para sostener la vida tal como la conocemos en nuestro planeta [10].

Al igual que el CO el (CO_2), cuando una persona se expone por mucho tiempo causa dolor de cabeza, mareo, dificultad para respirar, cuando se expone a un rango bien alto de (CO_2) puede causar convulsiones, coma y la muerte [11].

2.2.5. Efectos en la salud de las personas

El monóxido de carbono (CO) es un gas sin color, sin olor e insípido que se forma cuando los hidrocarburos, como el carbón y el gas (butano, propano), se queman de manera incompleta. Aunque todas las personas están expuestas al CO en diferentes grados, una inhalación en grandes cantidades puede resultar mortal sin que la víctima se percate, es por ellos que se lo conoce como el "asesino silencioso", pues al no ser un gas que se note o que se pueda visualizar de manera directa va afectando poco a poco [12].

El monóxido de carbono se mezcla con el aire y puede acumularse en espacios cerrados, provocando intoxicación al unirse a la hemoglobina y bloquear el transporte de oxígeno en la sangre. Los síntomas incluyen dolor de cabeza, mareos, náuseas y, en casos graves, inconsciencia o muerte.

2.2.6. Niveles de concentración de CO en exteriores

Los niveles de (CO) es un componente del aire exterior en el que se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm.

Por otra parte, los diferentes estudios de referencia avisan que los **niveles recomendados de dióxido de carbono (CO_2)** máximos recomendados dentro de hogares, estancias y otros edificios están entre las 400 ppm y las 800 ppm [13].

2.2.7. Calidad del aire

La calidad del aire se refiere a la composición y pureza del aire que respiramos en la atmósfera terrestre. Es un aspecto crucial de la salud ambiental y humana, ya que la contaminación atmosférica puede tener efectos adversos en la salud, el medio ambiente y la economía. La contaminación del aire puede tener una variedad de efectos negativos en la salud humana, incluyendo problemas respiratorios como asma y enfermedades pulmonares crónicas, así como enfermedades cardiovasculares y cáncer

La calidad del aire de una región está fuertemente influenciada por parámetros meteorológicos como la temperatura ambiente, la magnitud y la dirección del viento, la cobertura nubosa, y la lluvia/nieve/ granizo, etc. incluyendo la naturaleza del suelo, la biota y las diferentes actividades que se realizan en un territorio [14].

2.2.8. Métodos de monitoreo de calidad del aire

Existen diferentes métodos para monitorear la calidad del aire, los cuales son útiles para comprender el nivel de contaminación atmosférica. Estos métodos se clasifican en pasivos, activos y automáticos [14].

Los métodos pasivos implican la captura de sustancias contaminantes del aire utilizando materiales absorbentes que están expuestos al ambiente de manera natural. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis en laboratorio del material absorbente para determinar la presencia de contaminantes.

Por otro lado, los métodos activos consisten en la captura de sustancias contaminantes mediante un bombeo de aire a través de un medio de recolección física o química. Luego, se analiza el material recolectado en un laboratorio especializado para evaluar la calidad del aire.

Finalmente, se realizan cálculos o estadísticas matemáticas para determinar la concentración de contaminantes, el volumen total de aire muestreado y el caudal de gases capturados durante el proceso de monitoreo, ya sea por métodos químicos o físicos.

Tabla 1 *Ventajas y Desventajas de los métodos de monitoreo*

Método	Ventaja	Desventaja
Método activo	Económicos. De fácil manejo. Operación y rendimiento confiables. Cuentan con base de datos históricos.	Suministros promedios diarios. Requieren mano de obra intensiva para la recolección y análisis de muestras. Requieren análisis de laboratorio
Método pasivo	Muy económicos. Muy simples. No dependen de cables de electricidad. Se pueden colocar en números muy grandes. - Útiles para sondeos, mapeos y estudios de línea de base.	No han sido probados para todos los contaminantes. Solo suministran promedios mensuales y semanales. Requieren mano de obra intensiva para su funcionamiento y el consiguiente análisis.
Método automático	Han sido debidamente probados. Alto rendimiento. Datos horarios. Información en línea.	Sofisticados. Costosos. Demandan alta calificación. Altos costos recurrentes No existe un método de referencia para monitorear el cumplimiento. Lenta generación de datos.

FUENTE: LA INVESTIGACIÓN

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCIA

2.2.9. Condiciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, alarma y emergencia en la calidad del aire, durante un periodo de 8 horas.

Tabla 2 Niveles de alerta, alarma, emergencia de la calidad del aire

Contaminante	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de carbono	15000	30000	40000
Dióxido de carbono	8000	25000	35000
Óxidos de nitrógeno	1200	2300	3000
Dióxido de azufre	800	1600	2100

FUENTE: LA INVESTIGACIÓN

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCIA

2.2.10. Framework

Un framework, en el contexto del desarrollo de software, es una estructura conceptual y tecnológica diseñada para facilitar el desarrollo, mantenimiento y despliegue de aplicaciones. Se compone de un conjunto de herramientas, bibliotecas, estándares y directrices que proporcionan una base común para la creación de software [15].

Se emplean Frameworks en el desarrollo de software por varias razones fundamentales: reducir la cantidad de código redundante, estructurar el código de manera más efectiva, simplificar tareas que de otro modo requerirían tiempo y esfuerzo considerable, todo ello contribuyendo a un proceso de desarrollo más eficiente y veloz [15].

2.2.11. Angular

Angular es un framework de desarrollo de aplicaciones web y móviles desarrollado por Google. Es una herramienta de código abierto que se utiliza para construir aplicaciones cliente en el lado del navegador. Angular es especialmente conocido por su capacidad para crear aplicaciones de una sola página (SPA) de manera eficiente y escalable [15].

Este framework separa completamente el frontend y el backend de las aplicaciones con el fin de evitar escribir código repetitivo y con ello mantener todos los componentes más ordenados, gracias al patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador), por tanto, se asegura desarrollo ágil de aplicaciones que brinda la posibilidad de modificaciones y actualizaciones [16].

2.2.12. Typescript

TypeScript es un lenguaje de programación de código abierto desarrollado por Microsoft que se basa en JavaScript. Es un superset de JavaScript, lo que significa que añade características adicionales al lenguaje JavaScript, como tipado estático, interfaces, clases y otros elementos propios de los lenguajes de programación orientados a objetos [17].

La principal característica distintiva de TypeScript radica en su capacidad para ser compilado en JavaScript estándar, lo que lo hace adecuado para su aplicación en cualquier proyecto que utilice JavaScript. En otras palabras, al emplear TypeScript, en algún punto del proceso se lleva a cabo su compilación, transformando su código en JavaScript convencional [17].

2.2.13. Base de datos

Una base de datos se define como un conjunto de archivos interrelacionados diseñados para gestionar la información de una empresa. Cada archivo representa una colección de registros, y cada registro está compuesto por una serie de campos que almacenan atributos de entidades del mundo real. Visualmente, un archivo de base de datos puede concebirse como una tabla con filas y columnas, donde cada fila representa un registro y cada columna representa un campo [18].

2.2.14. Tecnologías empleadas para la comunicación en tiempo real entre sensores

2.2.14.1. Internet de las cosas

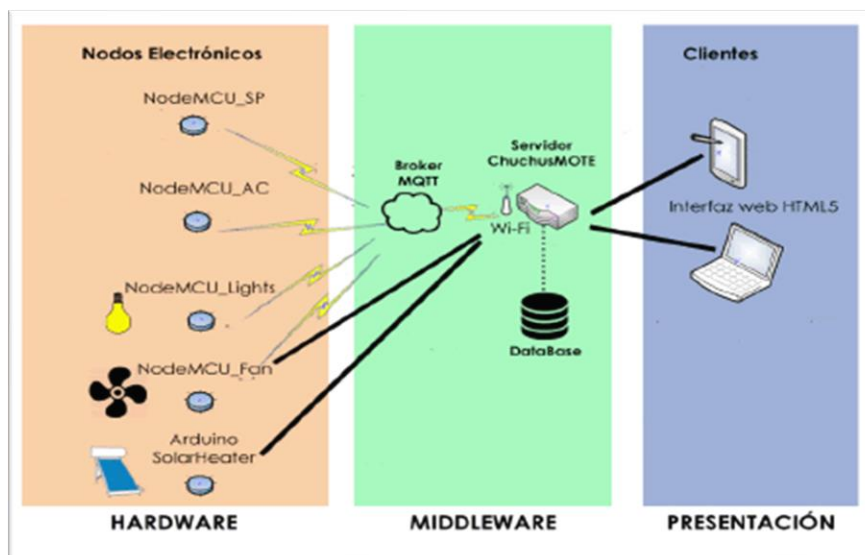
El internet de las Cosas (IoT) está definida por ser la interconexión de objetos cotidianos con internet lo que permite un cambio automático de información con otros dispositivos o centros de control sin intervención humana, obteniendo una gran cantidad de información específica sobre el tema que se esté abordando uso y rendimiento. Esto además ayuda a la monitorización y operación, haciendo que el usuario tenga experiencias únicas y oportunidades inéditas [19].

Genera eficiencias operativas gracias a la obtención de información en tiempo real sobre el estado de los productos o servicios. También forja capacidades de procesamientos propios que le permiten a los dispositivos ganar cierto grado de 'inteligencia' [19].

Para IBSG (Grupo de Soluciones Empresariales) de Cisco, el IoT es simplemente el momento en el que hay más "cosas u objetos" que personas conectadas a Internet, así transformando la manera en que se interactúa con el mundo, permitiendo la creación de entornos más inteligentes, eficientes y autónomos [20].

2.2.14.2. Arquitectura de IoT

Figura 1 Arquitectura básica IoT



Nota: En el gráfico se logra visualizar la representación los diferentes procesos que se lleva a cabo en una comunicación IoT. Tomado de *INVESTIGACIÓN & DESARROLLO*, Vol. 18, No. 1: 103 - 116 (2018) por Erik Escobar.

2.2.15. Sensores

Un sensor es un elemento o dispositivo capaz de reaccionar ante cambios en una determinada variable, usualmente transformándolos en cambios sobre una segunda variable, la cual es más fácil de ser interpretada como un valor de medida [21].

Los sensores son los elementos que permiten obtener las variaciones de estas señales físicas y convertirlas en otras señales, traduciéndolas en magnitudes con características específicas. Esta traducción nos permite interpretar y manipular las variaciones de estas variables físicas [22].

2.2.16. Tipos de sensores

Para explicar un poco más en detalle el funcionamiento de los sensores es de utilidad hacer alguna clasificación de estos. Sin embargo, es posible clasificar los sensores de acuerdo con diferentes criterios: la variable que miden (temperatura, presión, humedad, distancia, velocidad, etc.), la naturaleza de la variable de salida (digitales y analógicos) o el tipo de variable que se tiene a la salida (resistivos, capacitivos e inductivos) [23].

2.2.16.1. Sensor MQ-7

Es un sensor que detecta el monóxido de carbono (CO) presente en los espacios libres y cerrados, este sensor MQ-7 permite medir gas de (CO), ideal para detectar concentraciones dañinas en el aire y así evitar daños en la salud. El sensor MQ-7 puede detectar concentraciones en el rango de 20 a 2000ppm. El módulo posee una salida analógica que proviene del divisor de voltaje que forma el sensor y una resistencia de carga [24].

Figura 2 *Sensor MQ-7*



Nota: el grafico muestra un sensor de gas mq-7 que sirve para detectar gases en espacios libre y cerrados. Tomado de Project Point, 2019.

2.2.16.2. Características

Este sensor es un dispositivo electroquímico que varía su resistencia de acuerdo con la presencia de gas al que se expone, cuenta con un calentador en su interior que es el encargado de aumentar la temperatura interna de tal manera que, cada vez que el gas CO entra en contacto con el elemento sensor, la resistividad del elemento cambia. El cambio se mide a continuación para obtener la concentración de los gases presentes.

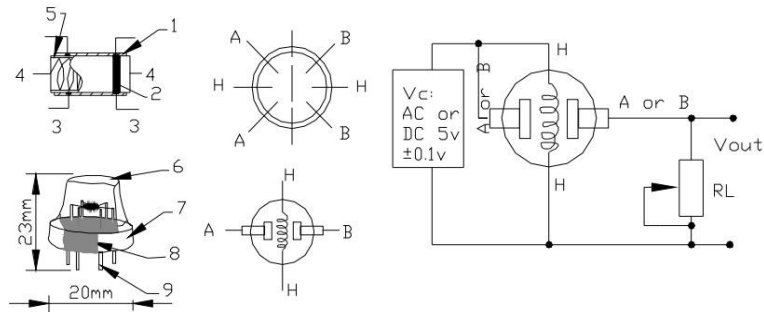
Los voltajes de estos sensores varían de entre 2 a 5 voltios, esto depende del sensor, en el caso del sensor MQ7 actúa como una resistencia y emplea una carga en (RL) que tiene la función de cerrar el circuito y hace una división de tensión [24].

Este sensor cuenta con algunas especificaciones técnicas como:

- Chip principal: sensor de CO MQ-7 y comparador LM393
- Voltaje de trabajo: 5V
- Corriente :150mA
- Salida digital: TTL 0/1
- Salida analógica: valor analógico de detecta tensión

- Detección concentración:
- 10ppm- 10000ppm monóxido de carbono
- Sensibilidad ajustable con el potenciómetro
- Tamaño: 32mm x 20mm x 18mm

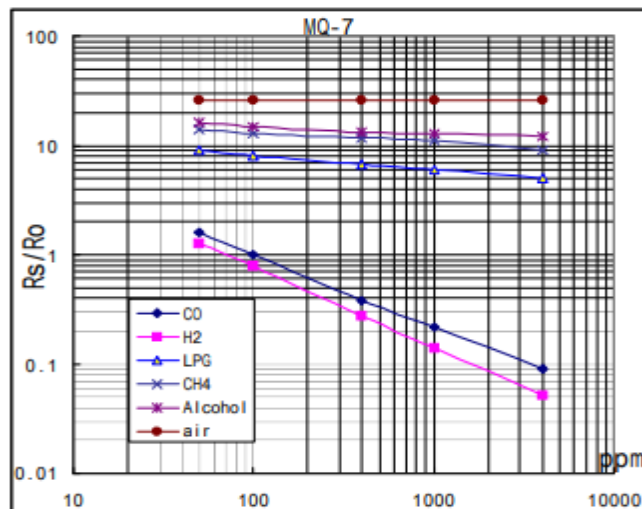
Figura 3 Circuito sensor MQ-7



Nota: el grafico muestra el circuito integrado del sensor mq-7 así como sus entradas de voltaje de resistencias. Tomado de Naylamp, 2020.

La Figura 4 muestra las características típicas de sensibilidad del MQ-7 para CO, con una temperatura de 20°C, una humedad del 65%. RL es igual a 10kΩ. Ro representa la resistencia del sensor a 100ppm de CO en el aire limpio, mientras que Rs representa la resistencia del sensor a varias concentraciones de gases.

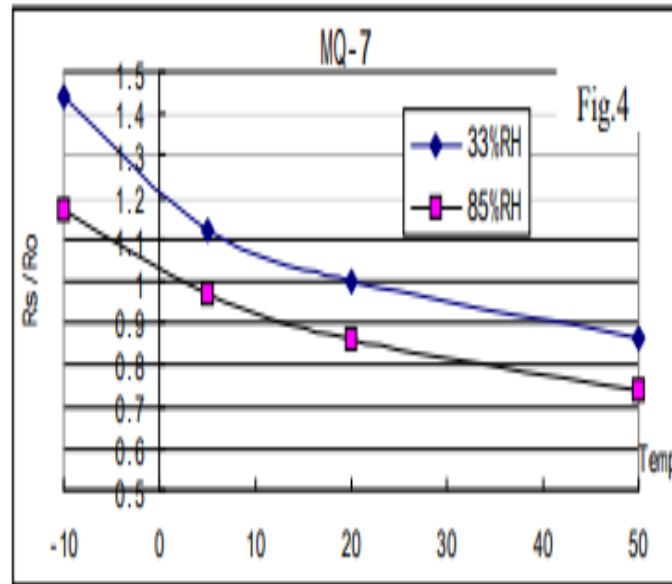
Figura 4 Curva de sensibilidad MQ-7



Nota: La figura representa la curva de sensibilidad del sensor mq-7 para los gases de CO. Tomado de Naylamp, 2020

La figura 5 muestra la típica dependencia del MQ-7 con respecto a la temperatura y la humedad. R_0 : resistencia del sensor a 100ppm de CO en el aire con 33% de humedad relativa y a 20 grados Celsius. R_s : resistencia del sensor a 100ppm de CO a diferentes temperaturas y humedades.

Figura 5 Sensibilidad respecto de humedad



Nota: la figura anterior muestra la sensibilidad respecto de la humedad. Tomado de HANWEI ELECTRONICS CO, LTD, 2021.

2.2.16.3. Sensor MQ-135

El sensor MQ135 es un sensor de gas utilizado para detectar una variedad de gases nocivos en el aire, como el dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3), humo y otros compuestos orgánicos volátiles (COVs). Es ampliamente utilizado en aplicaciones de control de calidad del aire en interiores, sistemas de seguridad y monitoreo ambiental, cuenta con un rango de detección de 10 a 1000 ppm [25].

Se recomienda dejar el sensor encendido durante aproximadamente 24 horas antes de utilizarlo por primera vez. Este proceso, conocido como "burning" o "quemado", tiene como objetivo permitir que el calefactor interno elimine cualquier residuo o partícula que pueda haber quedado depositada dentro del sensor durante su fabricación. Este tiempo de precalentamiento es fundamental para garantizar un funcionamiento óptimo y una precisión adecuada del sensor al inicio de su uso.

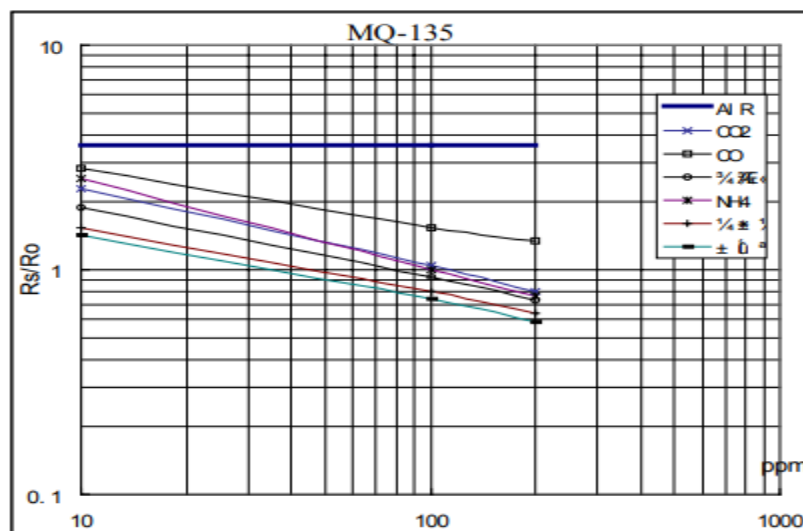
Figura 6 Sensor MQ-135



Nota: la figura anterior muestra el sensor de gases mq-135. Tomado de HANWEI ELECTRONICS CO, LTD, 2021.

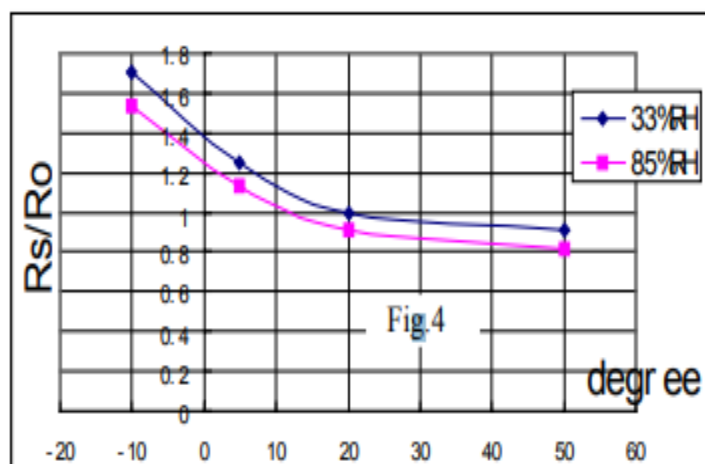
La Figura 7 muestra las características típicas de sensibilidad del MQ-135 para (CO_2), con una temperatura de $20^\circ C$, una humedad del 65%. R_L es igual a $10k\Omega$. R_0 representa la resistencia del sensor a 100ppm de (NH_3) en el aire limpio, mientras que R_s representa la resistencia del sensor a varias concentraciones de gases.

Figura 7 Curva de sensibilidad MQ-135



Nota: la figura muestra las curvas de sensibilidad de sensor MQ-135 para los diferentes gases que detecta. Tomado de HANWEI ELECTRONICS CO., LTD, 2021.)

Figura 8 Dependencia del MQ-135 con respecto de la humedad y temperatura



Nota: la figura anterior muestra las curvas de con respecto de humedad y temperatura. Tomado de HANWEI ELECTRONICS CO, LTD, 2021.

2.2.16.4. Características.

Dispone de una micro malla exterior, del tamaño de unas pocas micras. Sirve para impedir que partículas externas entren dentro del encapsulado del sensor. No debemos echar directamente al sensor líquidos o gases de mecheros que puedan despedir "gotas" dentro del mismo.

El circuito impreso (PCB) que aloja el sensor está equipado con cuatro pines. Estos pines se destinan a la alimentación eléctrica, conexión a tierra y dos salidas: una salida analógica que transmite el valor exacto medido por el sensor, y otra salida digital que puede ser configurada previamente para activarse si el valor medido excede un umbral establecido manualmente. Este umbral se ajusta mediante un potenciómetro que también se encuentra en la placa.

2.2.16.5. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas del MQ-135 indican que tanto el circuito como su resistencia de calentamiento se alimentan con 5V sin ningún inconveniente. Las características más relevantes relacionadas con su entorno de operación son las siguientes:

- Voltaje de trabajo: 5V.
- Pin Definición: 1_salida, 2_GND, 3_VCC.
- Características de respuesta rápida.
- Con una larga vida y estabilidad fiable.

- Chip principal: Sensor MQ-135 Air Quality Sensor.
- Doble salida: Salida analógica y salida de nivel TTL.
- Alta sensibilidad al, Alcohol, Sulfuros, Monóxido de carbono (CO).
- Montado en módulo con pines de conexión.
- Sensibilidad ajustable con el potenciómetro.
- Rango de detección: 10-1000ppm. 21
- Tamaño: 32mm x 22mm x 24mm.
- Buena sensibilidad a los gases dañinos en amplia gama
- Alta sensibilidad a Amoníaco, Sulfuro y Benceno
- Circuito de accionamiento simple

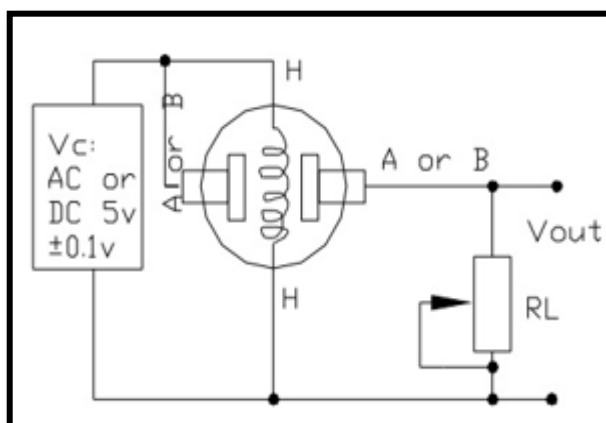
2.2.16.6. Transmisión de datos

Estos dispositivos son ideales para conectarlos mediante microcontroladores, ESP8266, ARDUINO 1, ARDUINO NANO y demás.

Este sensor dispone de un pin analógico el que lee el valor del voltaje en bordes de resistencia de carga RL, este valor es procesado por el ESP8266 y muestra el valor que se ha detectado.

En el otro extremo, cuenta con un pin digital que emite un valor de 1 o 0 según el voltaje detectado, es decir, dependiendo de si la medición es superior o inferior al umbral predefinido. Este umbral es ajustado por el usuario utilizando una resistencia variable incluida en la placa de circuito impreso donde está ubicado el sensor.

Figura 9 Circuito sensor MQ-135



Nota: la imagen muestra el circuito interno del sensor MQ-135. Tomado de HANWEI ELECTRONICS CO, LTD, 2021.

2.2.17. Sensor MQ-2

El sensor de gas MQ2 es un dispositivo analógico utilizado para detectar fugas de gas en equipos tanto en mercados de consumo como industriales. Este sensor es versátil, apto para detectar diversos tipos de gases como gas LP, propano, metano, gracias a su alta sensibilidad y rápida respuesta. Además, su sensibilidad puede ajustarse mediante un potenciómetro. Con un rango de detección que va desde concentraciones de 300 a 10.000 ppm, este sensor cuenta con una interfaz de tensión analógica sencilla que solo requiere un pin de entrada analógica del microcontrolador [26].

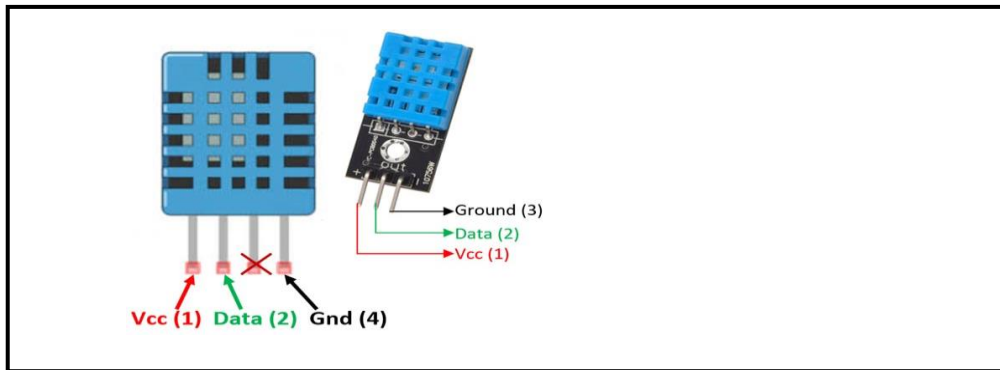
2.2.18. DHT11 (temperatura y humedad)

El sensor DHT11 es un dispositivo físico diseñado para detectar la temperatura y la humedad ambiental con una gran confiabilidad y estabilidad gracias a su señal digital calibrada, la cual minimiza la interferencia de ruido durante la transmisión de datos, así su tecnología garantiza la alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo [27].

El sensor DHT11 tiene dos funcionalidades, en este caso se utilizará para la medición de la temperatura y humedad en el ambiente, y mostrado en los DASHBOARDS, gracias a Arduino y sus librerías interpretan cada uno de estos valores por separado (temperatura y humedad) [28]

Este sensor tiene la ventaja de que no necesita ser calibrarlo, viene calibrado desde su fabricación esto es garantizado por los fabricantes, cada coeficiente de calibración ha sido colocado en el firmware de la memoria OTP del micro.

Figura 10 Sensor de temperatura y humedad DHT11



Nota: en la imagen podemos visualizar el sensor de temperatura y humedad. Tomado de HANWEI ELECTRONICS CO, LTD, 2021.

2.2.18.1. Características técnicas

Las características del DHT11 se han obtenido de una Datasheet, todos los modelos de estos sensores son capaces de proporcionar valores precisos. Estos sensores se alimentan de 3,5V a 5V y tienen una capacidad de consumo de 2,5mA [29].

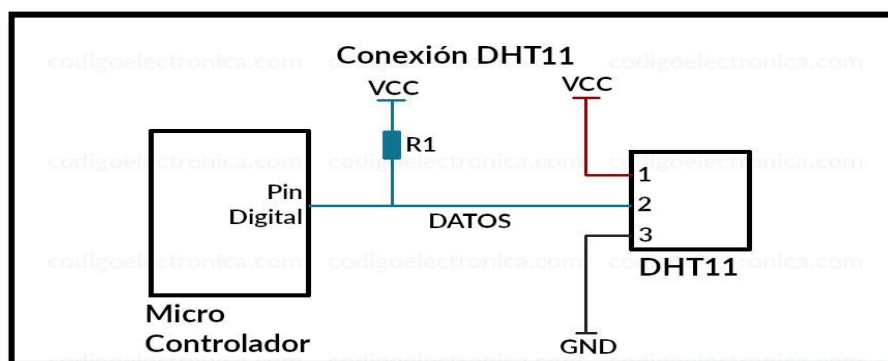
Tabla 3 *Características técnicas DHT11*

DHT11	Temperatura (°C)	Humedad (%RH)
Rango	0-50	20-90
Precisión	A 25 °C es de ± 2	Min $\pm 2\%$ - Máx. $\pm 5\%$
Resolución	± 1	± 1
Fuente de alimentación	3,5 a 5V	
Tiempo de detección	6s	6s

FUENTE: LA INVESTIGACIÓN

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCIA

Figura 11 *Conexión DHT11*



Nota: la imagen representa el esquemático de las conexiones internas del sensor DHT11. Tomado de (<http://codigoelectronica.com/blog/dht11-datasheet>)

2.2.19. Sensor PM180

El sensor BMP180, un sensor de presión barométrica posibilita la medición de la altitud con respecto al nivel del mar. Su principio de funcionamiento se fundamenta en la correlación entre la presión atmosférica y la altitud.

La electrónica de bajo consumo y voltaje ultra bajo del BMP180 está diseñada específicamente para su aplicación en dispositivos como teléfonos móviles, asistentes digitales personales (PDA), sistemas de navegación GPS y herramientas para uso en exteriores. Con un nivel de ruido de apenas 0,25 metros en altitudes bajas y un tiempo de conversión rápido, el BMP180 ofrece un rendimiento excepcional. Además, su interfaz I2C facilita la integración del sistema con cualquier microcontrolador [30].

2.2.19.1. Características

El BMP180 es un sensor de presión barométrica que se compone de varias partes clave: un sensor piezo resistivo, un convertidor analógico-digital y una unidad de control con E2PROM y una interfaz serie I2C. Este dispositivo proporciona tanto el valor no compensado de la presión como de la temperatura. La E2PROM del BMP180 almacena 176 bits de datos de calibración individuales que se utilizan para compensar el offset, la dependencia de la temperatura y otros parámetros del sensor.

Esta información es esencial para garantizar mediciones precisas y confiables en una variedad de condiciones ambientales, permitiendo medir la altura sobre el nivel del mar al que se encuentra una localidad.

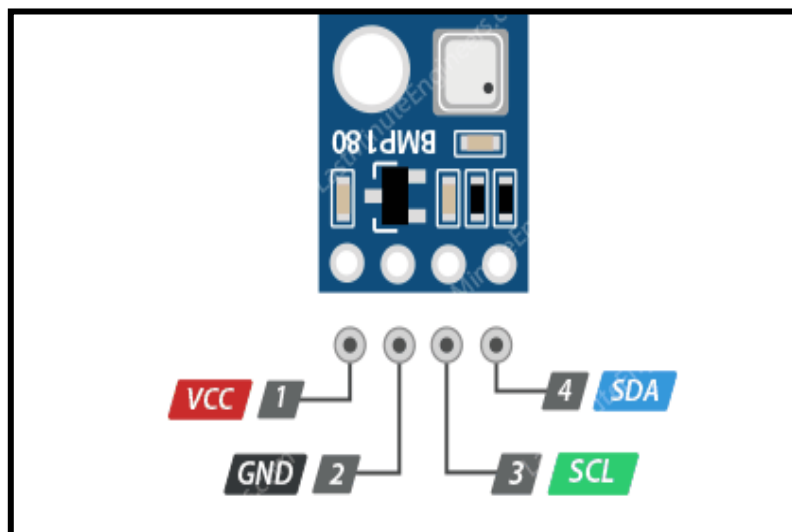
2.2.19.2. Especificaciones

Este sensor cuenta con las especificaciones mencionadas a continuación.

- Voltaje de operación de 3.3V a 5V.
- Frecuencia de muestreo 120Hz
- Rango de presión 200 a 1100 hPa.
- Rango medible de altura 0-9100 metros.
- Consumo de energía Ultra-bajo.
- Rápida adaptabilidad

2.2.19.3. Distribución de pines

Figura 12 *Sensor BMP180*



Nota: En la siguiente figura se muestran cómo van ubicados los pines. Tomado de alldatasheet, 2020.

A continuación, se muestra la definición de cada uno de los pines con lo que cuenta el sensor BMP180:

1. **VCC:** Este pin se utiliza para suministrar alimentación al sensor. Por lo general, se conecta a una fuente de alimentación de 3.3V o 5V, según las especificaciones del fabricante.
2. **GND:** Este pin se conecta a tierra (ground) para completar el circuito eléctrico y proporcionar una referencia de voltaje común.

3. **SCL:** Este pin es la línea de reloj del bus I2C y se utiliza para sincronizar la transmisión de datos entre el sensor y el microcontrolador.
4. **SDA:** Este pin se utiliza para la comunicación bidireccional entre el sensor y el microcontrolador a través del protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit). Se utiliza para transmitir datos desde y hacia el sensor.

2.2.20. Gateway

El Gateway es encargado de comunicarse de forma bidireccional con los nodos finales. Existe una gran variedad de Gateways en el mercado y a su vez ello una gran variedad de características diferentes entre ellos, siendo las más comunes:

En América y Europa: SX301 (para 915 y 868 MHZ) 8 canales de recepción simultanean 1 canal de transmisión SO basado en una distribución de Linux Existe un tipo de gateway denominado single channel caracterizado por poseer solo un canal de recepción comparado con los demás que tienen.

Un Gateway común comercial puede soportar hasta 62,500 nodos enviando información una vez al día o 1,000 nodos enviando información cada 30 segundos aproximadamente [31].

2.2.20.1. Tipos de Gateway

Las pasarelas pueden adoptar varias formas y realizar diversas tareas. Algunos ejemplos son:

- Gateway de almacenamiento en la nube: este tipo traduce las solicitudes de almacenamiento con varias llamadas a la API de servicios de almacenamiento en la nube. Permite a las organizaciones integrar el almacenamiento de una nube privada en las aplicaciones sin migrar a una nube pública.
- Gateway API, SOA o XML: este tipo gestiona el tráfico que entra y sale de un servicio, una arquitectura orientada a microservicios o un servicio web basado en XML.
- Gateway IoT: este tipo agrega datos de sensores de dispositivos en un entorno IoT, traduce entre protocolos de sensores y procesa los datos de sensores antes de enviarlos.
- Gateway de medios: Este tipo convierte los datos del formato requerido para un tipo de red al formato requerido para otro.

- Gateway de seguridad de correo electrónico: este tipo impide la transmisión de correos electrónicos que infrinjan la política de la empresa o que transfieran información con intenciones maliciosas.

2.2.21. Medios de transmisión

El medio de transmisión es el camino físico a través del cual se establece la comunicación entre el transmisor y el receptor en una red de datos. Puede ser cualquier medio físico capaz de transportar información en forma de señales electromagnéticas.

2.2.21.1. Medios guiados

Los medios guiados son aquellos en los que los datos se transmiten a través de un material que sirve como conducto para la señal. Este tipo de medios incluye cables metálicos, fibra óptica y cables coaxiales. Cuando dos dispositivos están conectados mediante un cable, la información se transmite de un dispositivo a otro a través de este medio físico.

- **Cables metálicos:** Estos cables utilizan conductores metálicos, como cobre, para transportar señales eléctricas. Son comúnmente utilizados en redes de área local (LAN) y pueden soportar altas velocidades de transmisión de datos.
- **Fibra óptica:** Este tipo de medio utiliza hilos delgados de vidrio o plástico para transmitir señales ópticas en forma de luz. La fibra óptica ofrece una alta velocidad de transmisión, inmunidad al ruido electromagnético y mayor distancia de transmisión, lo que la hace ideal para redes de larga distancia y comunicaciones de alta velocidad.
- **Cables coaxiales:** Estos cables tienen un conductor central rodeado por una capa aislante y una malla metálica. Son utilizados en aplicaciones de televisión por cable, redes de área local y sistemas de video vigilancia.

2.2.21.2. Medios no guiados

Los medios no guiados permiten que los datos viajen a través del aire en forma de ondas electromagnéticas. Este tipo de medios incluye comunicaciones inalámbricas, como Wi-Fi, Bluetooth, infrarrojos y radiofrecuencia. Los dispositivos inalámbricos utilizan antenas para transmitir y recibir señales, lo que les permite comunicarse sin la necesidad de cables físicos.

- **Wi-Fi:** Es una tecnología de comunicación inalámbrica que utiliza ondas de radio para transmitir datos entre dispositivos. Es ampliamente utilizado para redes locales y acceso a internet inalámbrico en hogares, oficinas y espacios públicos.
- **Bluetooth:** Esta tecnología permite la comunicación inalámbrica de corto alcance entre dispositivos, como teléfonos móviles, auriculares, impresoras y teclados.
- **Infrarrojos:** Utiliza luz infrarroja para transmitir datos entre dispositivos. Es comúnmente utilizado en controles remotos de televisores, reproductores de DVD y otros dispositivos electrónicos de consumo.
- **Radiofrecuencia (RF):** Este tipo de comunicación inalámbrica utiliza ondas de radio para transmitir datos a larga distancia. Es utilizado en aplicaciones como telefonía móvil, comunicaciones satelitales y sistemas de radio.

2.2.22. Comunidad universitaria

La comunidad universitaria está integrada por estudiantes matriculados en cualquiera de las enseñanzas que se impartan en las universidades del sistema universitario vasco, el personal investigador, el personal docente e investigador, y el de administración y servicios adscrito a universidades del sistema universitario vasco [32].

2.2.23. Situación contaminante

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Son constantes sus mensajes e informes alertando del incumplimiento de los valores límite de protección a la salud de contaminantes atmosféricos en el aire que respiramos. Dos informes de la OMS de 2014, ratificados en 2016, exponían que el 92% de la población mundial vive en lugares donde no se respetan los valores guía de calidad del aire y estimaban que la contaminación atmosférica local a nivel troposférico, tanto en las ciudades como en las zonas rurales de todo el mundo, provoca cada año tres millones de defunciones prematuras [13].

2.3. Marco legal

2.3.1. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

Según el Art. 2.- de la Ley de prevención y control de la, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación del aire [33].

- a) Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación; y,
- b) Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamientos de tierra y otros.

2.3.2. Plan Nacional de Calidad de Aire

El objetivo principal del Plan Nacional de Calidad del Aire es el de alcanzar una gestión ambiental adecuada de la calidad del recurso aire para proteger la salud humana, los recursos naturales y el patrimonio cultural, contribuyendo así al mejoramiento de la calidad de vida de la población ecuatoriana [34].

2.3.3. Norma de calidad del aire o nivel de inmisión libro VI anexo 4

Esta norma tiene como objeto preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Además, esta norma indica los umbrales permitidos para que la sociedad en general pueda gozar de una buena calidad del aire [35].

2.3.4. Ley de la Constitución de la República de Ecuador

En su Art. 4 menciona lo siguiente:

Art 4. De la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* y declara de interés público la preservación del ambiente.

2.3.5. Estatutos de la UTEQ

De los estatutos de la Universidad Técnica estatal de Quevedo, del Reglamento de la Unidad de Bienestar Estudiantil, en su **Art. 2. AMBITO DE ACCIÓN DE LA UNIDAD**, menciona que es obligación de la unidad de bienestar estudiantil diseñar, planificar y ejecutar programas, proyectos, planes y acciones orientados a conseguir el bienestar de los estudiantes con programas, proyectos saludables que incluyan estilo de vida sana, con un ambiente sano libre de humo, drogas, alcohol, atención a la salud y adecuación para el buen vivir [36].

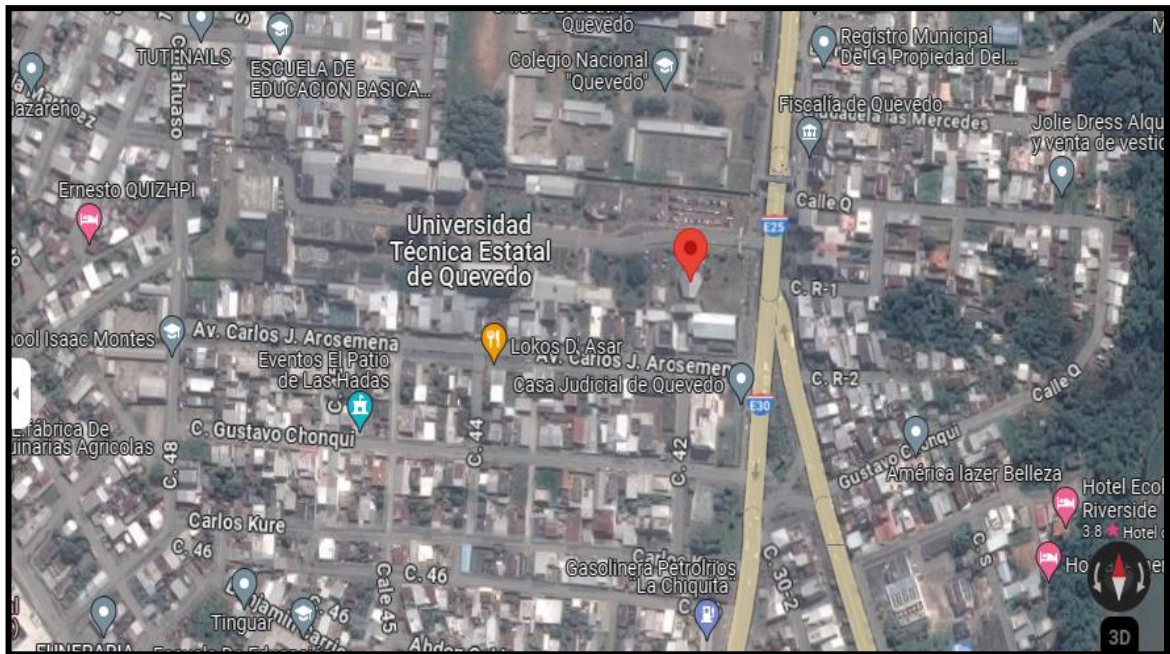
CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.4. Localización

La presente actividad se llevó a cabo en el cantón Quevedo, perteneciente a la provincia de Los Ríos específicamente en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el campus “Manuel Haz Álvarez” ubicado en la Av. Quito, km 1,5 vía a Santo Domingo con coordenadas – x:1.01263256562337, y: -79.46807820317137 a una altitud de 74 m s. n. m.

Figura 13 *Ubicación de la UTEQ*



Nota: La imagen muestra el área en la que se evalúa la calidad del aire. Tomado de Google maps, 2024 (<https://www.google.com/maps/@-1.0102669,-79.4670666,17z?entry=ttu>).

2.5. Tipo de investigación

2.5.1. Investigación Descriptiva

En el contexto de esta investigación descriptiva, se realizaron análisis exhaustivos de las características y propiedades del sistema propuesto para monitorear la contaminación del aire. Esto abarcó desde la identificación y evaluación detallada de los requisitos de monitoreo hasta el diseño minucioso de la interfaz de usuario y la evaluación de las alternativas de conectividad disponibles. Este proceso permitió una comprensión completa de las necesidades del sistema y garantizó que todas las decisiones de diseño estuvieran alineadas con los objetivos y las expectativas del proyecto.

2.5.2. Investigación Aplicada

Este estudio de investigación aplicada tiene como objetivo llevar a cabo la implementación y validación del sistema en un entorno real, específicamente en los terrenos del campus 'Manuel Haz Álvarez' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se realizarán pruebas exhaustivas para observar el funcionamiento del sistema y analizar los datos recopilados a través de una interfaz diseñada para que el usuario final pueda visualizar de manera sencilla los resultados. La investigación se realizará con la expectativa de obtener una comprensión más profunda del desempeño del sistema en condiciones prácticas y proporcionar una solución efectiva para el monitoreo de la calidad del aire en el campus universitario.

2.6. Métodos de Investigación

- Investigación documental: Revisión de la literatura existente sobre el monitoreo y control de los parámetros de la calidad del aire.
- Investigación de campo: Observación de forma directa de la infraestructura de la UTEQ, para la identificación de los lugares estratégicos en donde se ubicarán los nodos para la monitorización de los contaminantes.

2.7. Fuentes de recopilación de información

Para recopilar información en esta investigación, se utilizó fuentes como:

- Literatura científica: Artículos, revistas y libros sobre la calidad del aire, sistemas de monitoreo y sensores.
- Documentación técnica: Manuales, informes técnicos y documentación de fabricantes y proveedores de equipos y tecnologías relacionadas.
- Datos existentes: Registros históricos y datos relevantes disponibles en fuentes gubernamentales u otras fuentes confiables que respalden los datos obtenidos de los nodos a emplearse.

2.8. Diseño de la Investigación

Fase 1: Revisión bibliográfica:

Para cumplir los requerimientos planteados, se hizo la revisión bibliográfica sobre los dispositivos que sirvan para la medición de la calidad del aire, los factores que afectan el aire. Se analizaron estudios previos realizados con esta tecnología, tecnologías utilizadas, características de los dispositivos usados para la determinación de la contaminación de la atmosfera, y las limitaciones que presentan.

Fase 2: Identificación de requerimientos:

En esta fase del proyecto, además de definir los requerimientos y funcionalidades de los dispositivos IoT para el sistema de monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, se llevó a cabo un análisis detallado de las necesidades específicas de la institución y del entorno en el que se implementará el sistema. Se consideraron factores como la ubicación geográfica, las condiciones climáticas locales, y las actividades industriales cercanas que podrían afectar la calidad del aire en el campus universitario. Asimismo, se tuvieron en cuenta las regulaciones ambientales pertinentes y los estándares de calidad del aire establecidos por las autoridades competentes.

Fase 3: Diseño e implementación:

Para el cumplimiento de esta fase, se llevó a cabo el diseño e implementación de un sistema para medir la polución del aire basado en Internet de las Cosas (IoT), siguiendo los requerimientos identificados y aplicando las mejores prácticas de desarrollo. Se emplearon componentes electrónicos y tecnologías específicas para lograr la funcionalidad deseada y satisfacer los requerimientos de conectividad.

Fase 4: Pruebas y validación:

Una vez instalado los equipos, se realizaron pruebas para evaluar el rendimiento del sistema de monitoreo de la calidad del aire. Durante estas pruebas, se recopilaban datos meticulosamente y se compararon con los resultados esperados y los criterios definidos en la etapa de requerimientos. Se realizaron ajustes necesarios en función de las discrepancias encontradas entre los datos recopilados y los estándares predefinidos.

Posteriormente, se evaluó el sistema para determinar si cumple con los requerimientos inicialmente establecidos y si puede proporcionar mediciones precisas sobre el nivel de contaminación atmosférica.

Este proceso de pruebas y validación es crucial para garantizar la eficacia y fiabilidad del sistema de monitoreo de la calidad del aire.

2.9. Instrumentos de Investigación

- **Análisis de documentos**

En este contexto se busca garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos por ello se realizó la revisión de documentos con similitudes y con los índices que respalden el nivel adecuado de la calidad del aire en un ambiente poblado con la finalidad de realizar la verificación del sistema. La revisión de esta literatura permitió validar la fiabilidad de los resultados obtenidos por el sistema de monitoreo de la calidad del aire.

Se analizaron artículos científicos y documentación de implementaciones previas de dispositivos para el control de la calidad de aire, la mayoría de las fuentes fueron de libros, algunas tesis y artículos científicos. Además, se examinaron recursos en línea, incluyendo tutoriales y artículos especializados en desarrollo de aplicaciones web.

2.10. Tratamiento de los datos

Para el tratamiento de los datos se realizó lo siguiente:

- **Almacenamiento y organización de los datos**

Los datos recopilados por el sistema propuesto se almacenan y organizan meticulosamente en una base de datos PostgreSQL, un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto y altamente confiable. Esta plataforma garantiza la integridad y la seguridad de los datos, facilitando su acceso y consulta para futuros análisis y desarrollos vinculados a los objetivos y principios fundamentales de este proyecto. La estructura de la base de datos se diseña de manera óptima para permitir una fácil expansión y adaptación a medida que se agregan nuevos datos y se desarrollan nuevas funcionalidades en el sistema.

- **Análisis de datos**

En esta etapa, los datos recolectados se compararon con valores obtenidos a partir de las revisiones bibliográficas. Además, se realizó la limpieza de la base de datos para eliminar información redundante o incorrecta.

Este enfoque completo y diversificado garantizará la obtención de conclusiones sólidas y proporcionará la capacidad de responder de manera efectiva a las preguntas planteadas en la investigación.

Por otra parte, se hacen comparaciones con revisiones bibliográficas en las que se hace más sencillo determinar si el rango de la calidad del aire obtenido por el dispositivo es normal o excede los límites permisibles el tiempo de exposición a estos contaminantes es el adecuado.

2.11. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

Como recurso humano se encuentra operando de forma activa el Sr. Wilson Moisés Pérez García, estudiante de la carrera de ingeniería en Telemática de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en conjunto con el Ing. Morán Cabezas Anthony Limber. MSc, quien ejerce el rol de director de proyecto de investigación. Los integrantes comparten y retroalimentan ideas plasmadas en este documento, siendo responsables de este trabajo de investigación.

3.8.2. Recursos Materiales

3.8.2.1. Hardware

Tabla 4 *Recursos de Hardware*

Cantidad	Equipo	Descripción
1	Laptop	Hp Pavilion Notebook Procesador AMD A8-7410 APU, 2200 Mhz RAM instalada 12GB Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64.

FUENTE: INVESTIGACIÓN

ELABORADO: WILSON MOISÉS PEREZ GARCIA

3.8.2.2. Software

Tabla 5 *Recursos de Software*

Nombre	Descripción
PostgreSQL	Sistema de gestión de bases de datos relacionales orientados a objetos y de código abierto.
Arduino IDE	Entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino.
Typescript	Lenguaje de programación contemporáneo que permite el desarrollo de aplicaciones web.

FUENTE: INVESTIGACIÓN

ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCIA

3.8.2.3. Materiales de campo

- Módulo ESP8266
- Sensores
- Computadora
- Jumpers
- Cable USB
- Protoboard

3.8.3. Recursos financieros

Tabla 6. *Inversión*

Nombre del componente	Precio por unidad	Cantidad	Total
ESP8266	\$14.00	1	\$14.00
Sensor MQ-135	\$8.00	1	\$8.00
Sensor temperatura	\$10.00	1	\$8.00
Cables puente hembra- macho	\$0.20	15	\$3.00
Cables puente macho- macho	\$0.20	15	\$3.00
Protoboard	\$8.00	1	\$8.00
Cable USB	\$4.00	1	\$4.00
Total			\$50.00

FUENTE: INVESTIGACIÓN

ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCIA

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados





En esta fase se llevó a cabo una investigación sobre sistema de polución del aire para evaluar los parámetros correspondientes a la calidad del aire en los predios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. A continuación, se describirán en detalle las diversas herramientas y los resultados obtenidos en la investigación para determinar cuál de ellas se ajusta mejor a los requisitos del proyecto.

4.1.1. Requisito de los componentes para el sistema de polución del aire

4.1.1.2. Componentes

- **Dispositivos electrónicos**

Tabla 7 Comparativa entre Controladores

Tipo de Microcontrolador	ARDUINO UNO	PIC 16F877	ESP8266	STM32F
Diseño				
Memoria SRAM	2 KB	368 bytes	SRAM integrada	192 KiB
Memoria flash	32 KB	8 KB	4 MB	
Voltaje de Operación	7-12v (Aunque admite de 6 a 20 voltios)	2.0V a 5.5V	3.3 V a 5V	
Velocidad de CPU	16 MHz	20 MHz	240 MHz	168MHz
E/S Análogas y Digitales	14 entradas/salidas digitales 6 como entradas analógicas	33 pines de entrada/salida digital 5 canales de conversión analógica a digital (ADC) de 10 bits	convertidor analógico-digital (ADC) de 12 bits de alta precisión.	
Sistema Operativo	Se programa con firmware	Se programa con firmware	Firmware y las bibliotecas de Espressif	FreeRTOS

FUENTE: INVESTIGACIÓN

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Después de haber realizado el análisis preliminar de los componentes electrónicos disponibles para la comunicación y recepción de los datos desde los sensores, hemos optado por el módulo ESP8266. Dado que se destaca por su capacidad para soportar comunicaciones Wifi, se hace esencial para el desarrollo de esta investigación. La selección del controlador se basó en las condiciones de la infraestructura de red de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

4.1.1.2. Mecanismos

Una vez que se ha identificado el controlador que nos permitirá enviar los datos desde el nodo hacia la base de datos es momento de elegir los mecanismos, es decir los dispositivos que nos permitan obtener la información sobre la presencia de contaminante en el aire para ello se ha elaborado la siguiente tabla comparativa.

Tabla 8 Sensores

Sensor	Gases Detectados	Rango de Detección	Voltaje de Operación	Facilidad de Uso
MQ-135	Dióxido de Carbono Humo Benceno Amoníaco	0-5000 ppm	3.3V - 5V	Fácil de usar, con interfaz estándar de comunicación y calibración sencilla. Requiere calibración inicial, pero proporciona mediciones precisas con interfaz clara.
MQ-7	Monóxido de Carbono (CO)	0-1000 ppm	5V	Configuración inicial necesaria, pero operación sencilla y respuesta rápida.
MQ-137	Amoníaco (NH ₃)	0-100 ppm	5V	Fácil de integrar, con señales claras de alarma y bajo consumo de energía.
MQ-2	Humo	N/A	3.3V - 5V	
DHT11	Temperatura, Humedad	-40°C a 125°C (temperatura)	3.3V - 5V	Plug-and-play, con salida digital calibrada y alta precisión.

		0% a 100%		
		(humedad)		
BMP180	Presión Atmosférica	300 hPa a 1100 hPa	1.8V - 3.6V	Requiere ajuste inicial, pero proporciona mediciones estables y precisas.
LM35 (Sensor de Temperatura)	Temperatura	-55°C a 150°C	4V - 30V	Salida de voltaje lineal, fácil de integrar y calibrar.

FUENTE: INVESTIGACIÓN

ELABORADO POR: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

Los sensores MQ135, MQ7, MQ-2 y DHT11 fueron seleccionados específicamente por sus capacidades para medir variables relevantes en el contexto de nuestro proyecto. Para ellos se definen los siguientes argumentos.

1. **Sensor MQ135:** Este sensor es ideal para detectar gases nocivos como el dióxido de carbono (CO₂). Su capacidad para detectar gases potencialmente peligrosos es esencial, garantizar la seguridad en entornos donde estos contaminantes pueden estar presentes. Además, su bajo costo y su facilidad de uso lo convierten en una opción viable para nuestro proyecto.
2. **Sensor MQ7:** El MQ7 es conocido por su capacidad para detectar el monóxido de carbono (CO), un gas altamente tóxico e incoloro que puede representar un grave peligro para la salud humana en concentraciones elevadas. Dado que la exposición al CO puede ser mortal, es crucial contar con un sensor confiable para monitorear su presencia en el ambiente. El MQ7 ofrece esta capacidad de detección con una buena precisión y respuesta rápida, lo que lo convierte en una opción adecuada para nuestro sistema de monitoreo de la calidad del aire.
3. **Sensor MQ-2:** El MQ-2 es un sensor de gas ampliamente utilizado para detectar gases en el aire. Este sensor es particularmente útil en aplicaciones donde es importante detectar gases combustibles y otros gases que pueden ser peligrosos para la salud o la seguridad.

4. **Sensor DHT22:** El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad altamente preciso y confiable. La capacidad de medir tanto la temperatura como la humedad es fundamental para comprender y controlar el entorno, especialmente en aplicaciones como la gestión de la calidad del aire en edificios, espacios libres. Su alta precisión y su interfaz de salida digital lo hacen adecuado para integrarse fácilmente en nuestro sistema de monitoreo ambiental.

4.1.2. Tecnología de comunicación

La tecnología de comunicación utilizada en este sistema es el estándar IEEE 802.11, comúnmente conocido como WiFi. Esta elección se basa en su capacidad para proporcionar conectividad inalámbrica, permitiendo una transferencia eficiente de datos entre los dispositivos y la infraestructura de red.

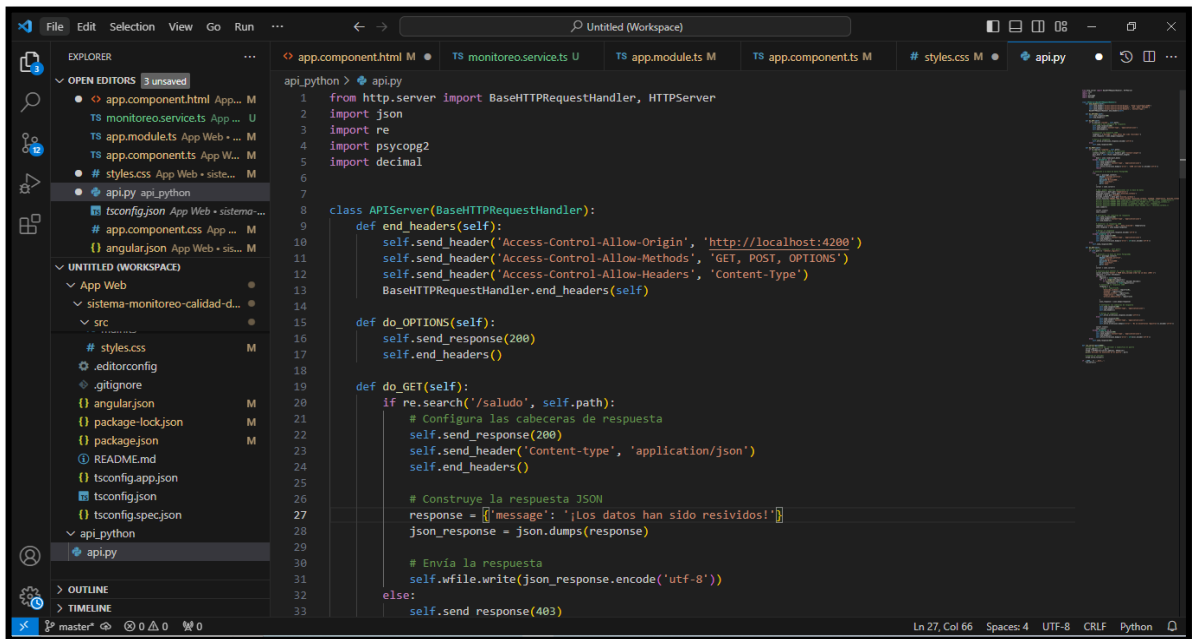
La ventaja principal de la tecnología WiFi es su capacidad para ofrecer acceso inmediato a la red, lo que garantiza una conectividad continua y confiable. Esto es fundamental para nuestro sistema, ya que permite la transmisión instantánea de los datos recopilados por los sensores hacia la base de datos PostgreSQL.

4.1.3. Implementación del Sistema de Polución de aire para el envío de datos

El sistema consta de tres capas: capa de comunicación de red que está representada por el nodo sensor, capa de acceso a los datos y capa presentación. El nodo sensor está diseñado para integrar sensores y microcontroladores, su principal tarea es recolectar datos sobre los parámetros de calidad del aire. Estos datos son enviados al nodo coordinador a través de Wifi. Luego, la base de datos recibe y almacena la información proporcionada por el nodo sensor, para finalmente presentarla en la aplicación. La publicación permite a los usuarios visualizar los datos recopilados a través de una interfaz intuitiva y accesible desde dispositivos como teléfonos móviles o computadoras y además serán notificados cuando se presenten anomalías en el ambiente.

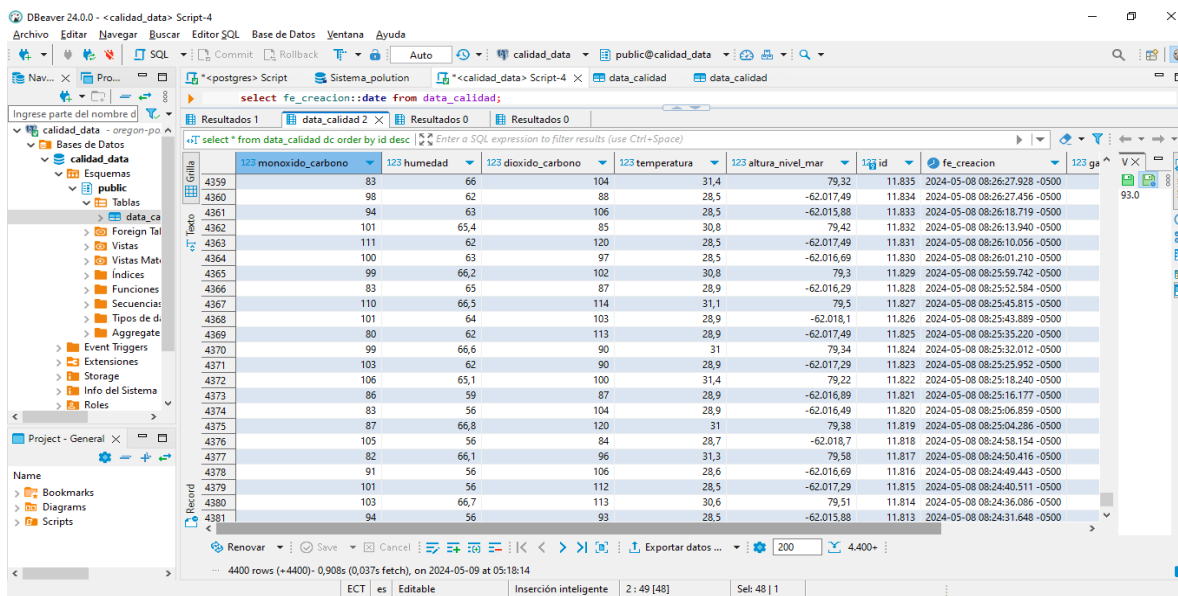
4.1.4. Datos almacenados en la base

Figura 14 Enviar datos a la nube



ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

Figura 15 Base de datos

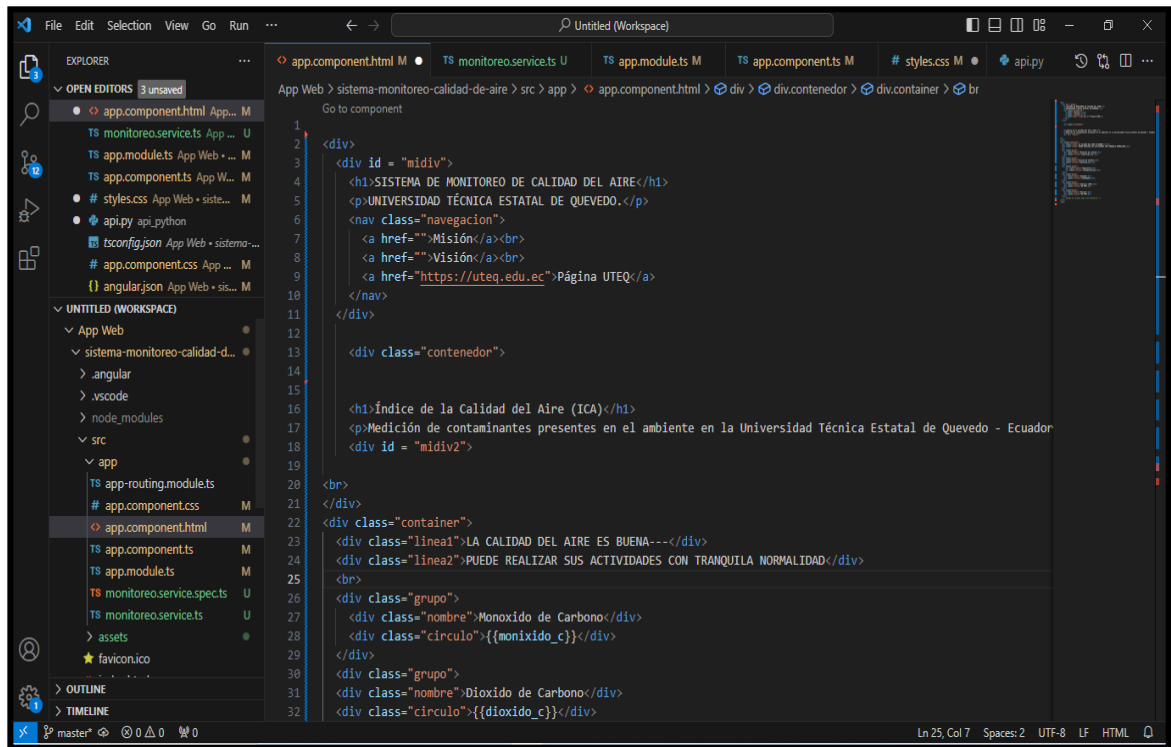


ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

En la presente grafica podemos visualizar la tabla creada en la base de datos de PostgreSQL en la que se almacena la información (datos) de los gases contaminantes que han sido obtenidos desde los sensores, desde este punto están listos para ser mostrados en la aplicación.

4.1.5. Aplicación Web

Figura 16 Código de pantalla inicial de aplicación Web



```
1 <div>
2   <div id = "midiv">
3     <h1>SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE</h1>
4     <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.</p>
5     <nav class="navegacion">
6       <a href="">Misión</a><br>
7       <a href="">Visión</a><br>
8       <a href="https://uteq.edu.ec">Página UTEQ</a>
9     </nav>
10  </div>
11 </div>
12
13 <div class="contenedor">
14
15 <h1>Índice de la Calidad del Aire (ICA)</h1>
16 <p>Medición de contaminantes presentes en el ambiente en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo - Ecuador
17 <div id = "midiv2">
18
19 <br>
20 </div>
21 </div>
22 <div class="container">
23   <div class="linea1">LA CALIDAD DEL AIRE ES BUENA---</div>
24   <div class="linea2">PUEDE REALIZAR SUS ACTIVIDADES CON TRANQUILA NORMALIDAD</div>
25   <br>
26   <div class="grupo">
27     <div class="nombre">Monoxido de Carbono</div>
28     <div class="circulo">{{monixido_c}}</div>
29   </div>
30   <div class="grupo">
31     <div class="nombre">Dioxido de Carbono</div>
32     <div class="circulo">{{dioxido_c}}</div>
```

ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

Figura 17 Código para el envío de datos desde Arduino



```
97 }
98
99 void enviarDatosAlServidor(float temperatura, float humedad, float monoxido_c, float dioxido_c, float gaspropano, int nodo, float realAltitude ) {
100   client.setInsecure();
101
102   Serial.print("Enviando solicitud POST...");
103
104   String serverUrl= "https://sistemapolucion-api.onrender.com/ingresa";
105   http.begin(client, serverUrl);
106
107   http.addHeader("Content-Type", "application/json");
108
109   // Construye el mensaje JSON con los datos de temperatura y humedad
110   String jsonData = "{" + String("temperatura"): " + String(temperatura) + ", \"monoxido_carbono\": " + String(monoxido_c) + ", \"humedad\": " + String(humedad) + ", \"dioxido_carbono\": " + String(dioxido_c) + " }";
111
112   int httpResponseCode = http.POST(jsonData);
113
114   if (httpResponseCode > 0)
115   {
116     Serial.print("Solicitud enviada, respuesta del servidor: ");
117     Serial.println(http.getString());
118   } else {
119     Serial.print("Error en la solicitud, código de error: ");
120     Serial.println(httpResponseCode);
121   }
122 }
```

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

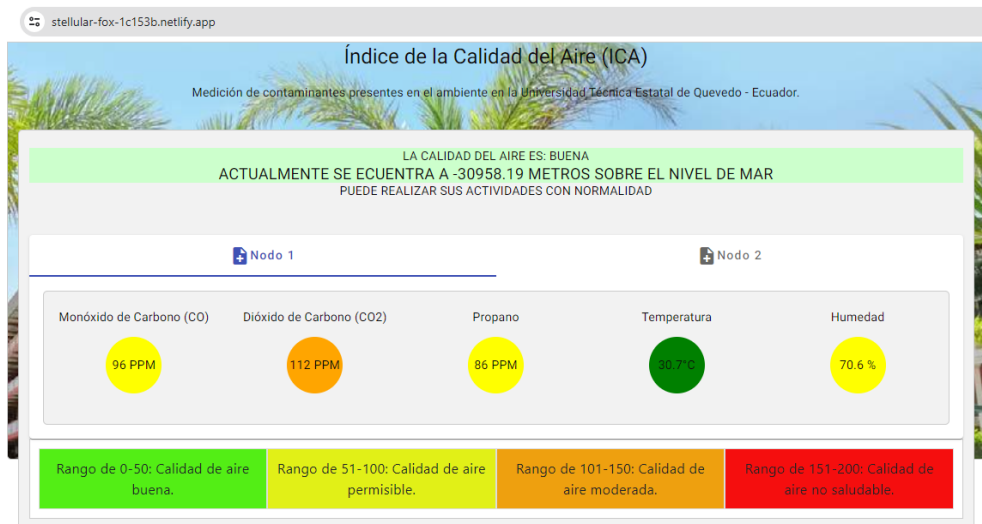
Figura 18 *Diseño de la aplicación*



ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

En la gráfica se pueden visualizar los datos sobre los niveles de contaminación que previamente fueron enviados por el sensor, esta página presenta los datos en tiempo real de los valores que han sido obtenidos desde los nodos de sensores, la aplicación dispone de dos ventanas que hacen referencia a los dos nodos.

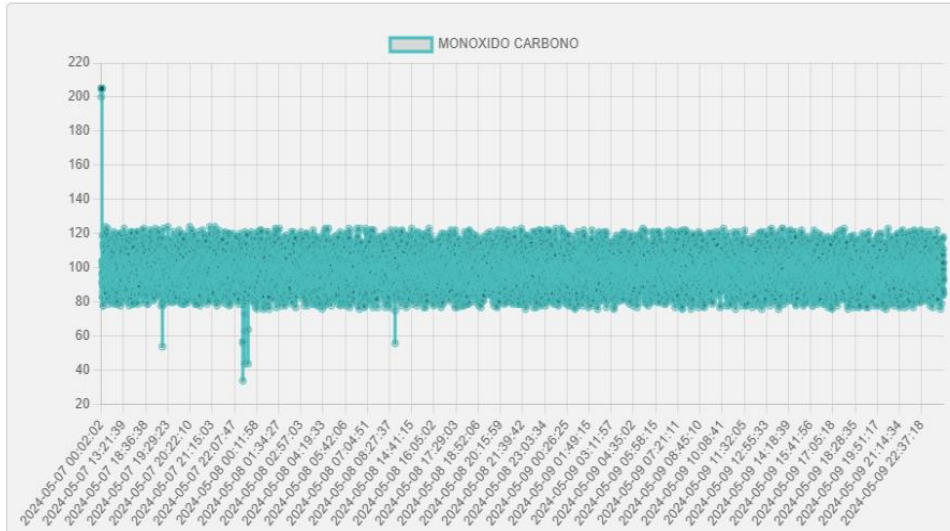
Figura 19 *Rango de contaminación de los gases*



ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

La figura muestra el rango de exposición a los gases, seccionándolos por colores, donde cada color indica el rango de medición de los gases.

Figura 20 Nivel monóxido de carbono



ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

En la figura 20, se puede visualizar el nivel de monóxido de carbono en el que el día 07 tuvo una lectura que supero las 200PPM, siguiendo la figura también podemos notar que después de unos segundos regresa a su nivel normal, que está comprendido entre 75ppm y 130ppm.

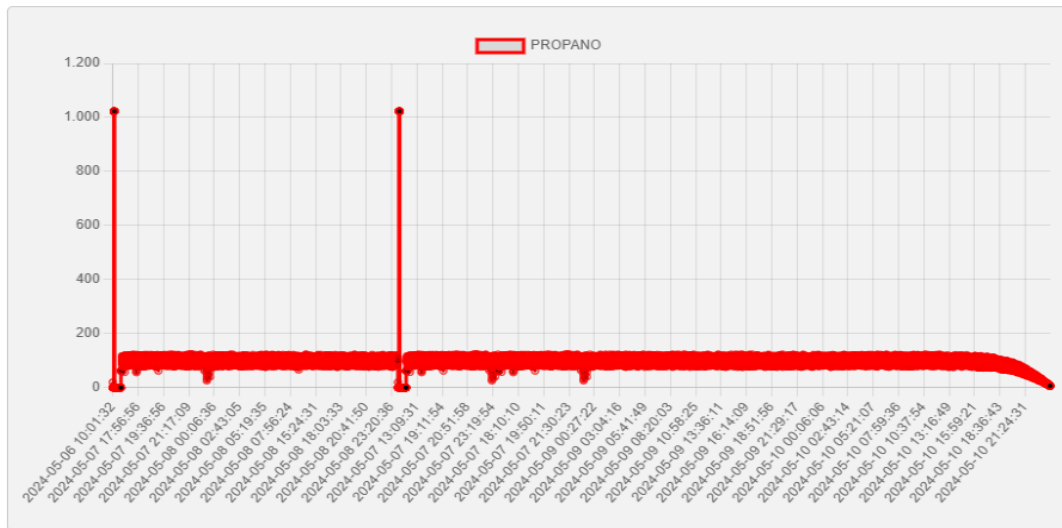
Figura 21 Niveles de dióxido de carbono



ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

En la figura 21, podemos notar el comportamiento del dióxido de carbono a lo largo del día, pasando el medio día, 13:00pm se capta un valor de 610ppm y luego mantuvo su estado normal, sobre los 100ppm.

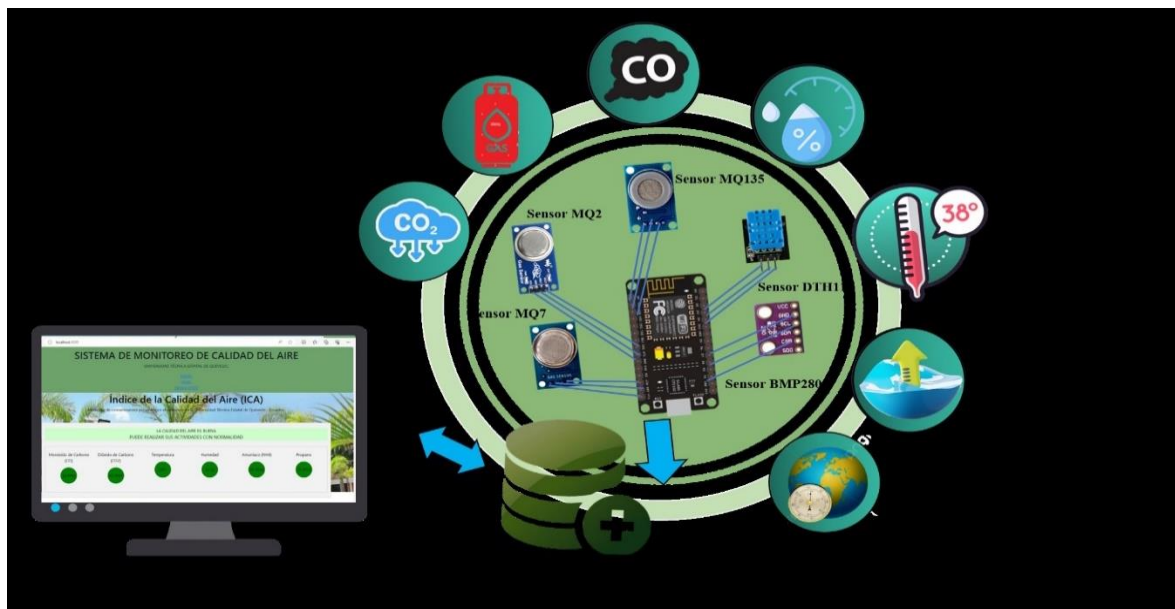
Figura 22 Niveles del gas propano



ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

En la figura 22, podemos visualizar un alto índice de gas propano que se dio en dos horarios diferentes. Luego se visualiza que el nivel del gas vuelve a su estado normal. Y esto se debe a que estar en espacios libres el gas tiene la capacidad de dispersarse muy rápido.

Figura 23 Diseño del prototipo



ELABORADO: WILSON MOISES PÉREZ GARCÍA

En la figura 23 se presenta el diseño del nodo, la distribución de cada uno de los sensores y la forma gráfica en la que se conecta cada uno.

4.2. Discusión

El sistema electrónico diseñado para la detección de los niveles de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) y gas propano en la Universidad técnica estatal de Quevedo cumple con el propósito con el que fue desarrollado, ya que proporciona información en tiempo real sobre la contaminación. Los datos recopilados por este sistema son visualizados a través de la aplicación web diseñada.

Los niveles de monóxido de carbono (CO) se encuentran en un rango aceptable, esto no puede ocasionar problemas a la salud en los integrantes de la comunidad universitaria. De acuerdo los niveles de alerta planteados por la Norma de Calidad del Aire o nivel de Inmisión Libro VI, anexo 4 se comprobó que los niveles obtenidos por el sistema durante las 8 horas no cumplen con lo que se establece en la normativa, para ser un nivel de alerta debe llegar a 1500 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) o 1000ppm

En comparación con el trabajo realizado en Colombia por Arrieta Gómez, Andrés Felipe, donde usan vehículos no tripulados (Dron) para medir el índice de contaminación, el sistema planteado se desempeña por transmitir los datos en tiempo real, mientras que, el diseño realizado por recolecta la información en un determinado tiempo, se almacena luego es mostrada al público.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones

Una vez analizado los resultados antes mencionados, se plasman las siguientes conclusiones:

La implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real de la calidad del aire utilizando tecnología del Internet de las Cosas en el campus Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo permitió visualizar valores de concentración de dióxido de carbono, monóxido de carbono y propano, mismos que se encuentran dentro de los rangos establecidos por el ICA.

A partir de las revisiones bibliográficas, se realizó un análisis de los diferentes componentes y dispositivos disponibles en el mercado. Como resultado de esta evaluación, se decidió utilizar los sensores de la familia MQ, diseñados específicamente para la detección de gases. Esta elección de elementos fue respaldada por criterios como precisión, consumo de energía, durabilidad y costo, asegurando así un sistema de monitoreo de calidad del aire.

El sistema de recolección y transmisión basado en los componentes seleccionados fue implementado, permitiendo la lectura de los contaminantes, su almacenamiento y visualización en tiempo real a través de una aplicación web. Esto facilitó el monitoreo continuo de la calidad del aire en el campus universitario y permitió detectar rápidamente cualquier alteración en los niveles de contaminación.

El diseño de la plataforma web accesible permite a la comunidad universitaria visualizar los datos de contaminación del aire en tiempo real y recibir alertas pertinentes. Esta herramienta ha contribuido a la conciencia ambiental y promover prácticas sostenibles entre las autoridades y estudiantes de la universidad.

5.1. Recomendaciones

En base a lo acontecido durante el proceso de investigación, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Para el correcto funcionamiento del dispositivo a lo largo del tiempo, es recomendable realizar una evaluación periódica, ajustes o mejoras según sea necesario. Esto puede incluir actualizaciones de software, calibraciones de sensores y mantenimiento preventivo de los equipos.

- Es importante establecer un protocolo de actuación ante situaciones de emergencia o eventos de contaminación del aire, incluyendo la definición de responsabilidades y la coordinación con las autoridades para tomar medidas de manera oportuna.
- Es aconsejable implementar campañas de concienciación y capacitación dirigidas a la comunidad universitaria para fomentar una mayor implicación en la sostenibilidad ambiental y el uso responsable de los recursos naturales.
- Considerando la evolución constante de la tecnología y las necesidades de monitoreo ambiental, se recomienda estar al tanto de las nuevas innovaciones y avances en el campo del IoT y la calidad del aire, con el fin de actualizar y mejorar continuamente el sistema implementado en el campus universitario.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] O. M. d. I. Salud, «who.int,» 29 12 2022. [En línea]. Available: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- [2] N. Unidas, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» 24 05 2022. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>.
- [3] A. Arrieta, Desarrollo de un prototipo para la medición de calidad del aire en la universidad de sucre, Sucre, 2019.
- [4] F. D. Jorge Carranco, Sistema de monitoreo de calidad del aire y ruido ambiental, Cuenca, 2017.
- [5] C. V. Manuel Ochoa, Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Cuenca, Cuenca, 2014.
- [6] V. G. Manuel Quiñones, «Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas,» *ENFOQUE*, 24 02 2017.
- [7] N. A. Sopena, I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica, Madrid, 2019.
- [8] P. Martínez, «libretexts,» *Guia calidad de aire*, 30 10 2020.
- [9] A. d. Chile, El monóxido de carbono: una amenaza invisible, Rosario, 2019.
- [10] R. M. M Arroyo, Dióxido de carbono, sus dos caras, Puebla, 2020.
- [11] V. H. Monica Zuleta, Dióxido de carbono y calentamiento climático global, Colombia, 2018.
- [12] C. C. Pamela Bolaños, «Intoxicación por monóxido de carbono,» *SciELO*, 01 03 2017.
- [13] X. Querol, La calidad del aire en las ciudades, 2018.
- [14] E. Y. S. Andrés Porta, Calidad de Aire, Buenos Aires: La Plata, 2018.
- [15] D. B. C. ISIDRO, PROCEDIMIENTO PARA UTILIZAR EL FRAMEWORK ANGULAR EN LA CREACIÓN DE APLICACIONES WE MODERNAS SPA, PAMPLONA, 2018.
- [16] Q. DEVS, ¿Qué es angular y para qué sirve?, Madrid, 2019.
- [17] V. R. Emmanuel, TypeScript, Madrid, 2023.
- [18] V. B. a. M. Roldan, Fundamento de Programación con el lenguaje C, Málaga, 2022.

- [19] W. F. L. Garzon, Internet of Thing (IoT) technology and the big data, 2019.
- [20] D. Evans, The Internet of Thing, 2011.
- [21] Weebly, «Weebly,» 04 01 2019. [En línea]. Available: https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/introducci%C3%93n_a_los_sensores.pdf.
- [22] F. D. Gros, Introduccion a los sensores, Barcelona, 2019.
- [23] F. T. -. C. Fernandez, Sensores y actuadores, 2011.
- [24] D. Watson, «theengineeringprojects,» 24 02 2024. [En línea]. Available: <https://www.theengineeringprojects.com/2024/02/mq-7-carbon-monoxide-sensor-datasheet-pinout-working.html>.
- [25] C. M. Asprilla Yacson, MEDIDOR DE CALIDAD DEL AIRE, Buenos Aire, 2021.
- [26] R. G. Hatika, «iopscience,» 02 08 2021. [En línea]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2049/1/012068/pdf>.
- [27] O. Fernandez, «codigoelectronica,» 23 10 2019. [En línea]. Available: <http://codigoelectronica.com/account/login>.
- [28] R. Rojas, Sensores, Quito, 2018.
- [29] H. P. Casas, Sistema de desinfección mediante ozono, Valencia, 2021.
- [30] BOSCH, 05 04 2013. [En línea]. Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf>.
- [31] Y. A. Jose Miguel, Implementacion de un Gateway Low-Cost, 2018.
- [32] U. d. Vasco, Comunidad universitaria, 2019.
- [33] A. y. T. E. Ministerio del Ambiente, LEY DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL, Quito, 2004.
- [34] M. d. Ambiente, Plan Nacional de la Calidad de Aire, Quito, 2012.
- [35] M. d. Ambiente, Norma de la Calidad del aire, Quito, 2011.
- [36] U. T. E. D. QUEVEDO, REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE BIENESTAR ESTUDIANTIL, Quevedo, 2013.
- [37] V. C. -. D. Tenelanda, ANÁLISIS DE INTEROPERABILIDAD DE PLATAFORMAS IoT, 2016.
- [38] A. Barraque, El lenguaje Python, 2018.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1 Librerías utilizadas en Arduino

```
NODO1_CALIDAD_AIRE.ino  debug_custom.json
1  #include <WiFi.h>
2  #include <HTTPClient.h>
3  #include <DHT.h>
4  #include <MQ135.h>
5  #include <MQ7.h>
6  #include <Adafruit_BMP085.h>
7  #include <WiFiManager.h>
8  #include <strings_en.h>
9  #include <wm_consts_en.h>
10 #include <wm_strings_en.h>
11 #include <wm_strings_es.h>
```

ELABORADO: WILSON MOISÉS PERÉZ GARCÍA

Anexo 2 Configuración de los sensores

```
13
14 const int pinMQ7 = 32;
15 const int pinMQ135 = 34;
16 Adafruit_BMP085 bmp;
17
18 #define DHTPIN 4 // Pin de datos del sensor DHT11
19 #define DHTTYPE DHT11 // Tipo de sensor DHT (DHT11, DHT21, DHT22)
20
21 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
22
23 WiFiClient client;
24 void setup() {
25     Serial.begin(115200);
26     WiFi.mode(WIFI_STA);
27     digitalWrite(13, HIGH);
28     WiFiManager wifiManager;
29     wifiManager.resetSettings();
30
31     bool res;
32     res = wifiManager.autoConnect("Nodo1#ESP32", "12345678");
33     if (!res){
34         Serial.println("Fallo conexion");
35     }
36     else{
37         Serial.println("Conectado ");
38     }
39
40     if (!bmp.begin()) {
41         Serial.println("Could not find a valid BMP085 sensor, check wiring!");
42         while (1) {}
43     }
```

ELABORADO: WILSON MOISÉS PERÉZ GARCÍA

Anexo 3 Lectura de los vaores por los sensores

```

60 void loop() {
61   if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
62     // Leer la temperatura y la humedad del sensor DHT11
63     float temperatura = dht.readTemperature();
64     float humedad = dht.readHumidity();
65
66     if (isnan(temperatura) || isnan(humedad)) {
67       Serial.println("Error al leer el sensor DHT11");
68       delay(2000);
69       return;
70     }
71     Serial.print("Temperatura: ");
72     Serial.print(temperatura);
73     Serial.print(" °C, Humedad: ");
74     Serial.print(humedad);
75     Serial.println("%");
76
77     // Lectura del sensor MQ7
78     int monoxido_c = analogRead(pinMQ7);
79
80     // Imprime el valor en el Monitor Serial
81     Serial.print("Valor del sensor MQ-7: ");
82     Serial.println(monoxido_c);
83
84     // Lectura del sensor MQ135
85     int dioxido_c = analogRead(pinMQ135);
86
87     // Imprime el valor en el Monitor Serial
88     Serial.print("Valor del sensor MQ135: ");
89     Serial.println(dioxido_c);
90

```

ELABORADO: WILSON MOISÉS PERÉZ GARCÍA

Anexo 4 Datos almacenados en la base

	bono	123 humedad	123 dioxido_carbono	123 temperatura	123 altura_nivel_mar	123 id	fe_creacion	123 gas_propano	123 nodo	
5182	89	67	93	31,7	101,2	5.182	2024-05-07 19:27:35.755 -0500		91	1
5183	90	65,8	111	31,5	101,01	5.183	2024-05-07 19:27:44.792 -0500		98	1
5184	100	66,1	88	31	101,06	5.184	2024-05-07 19:27:54.022 -0500		120	1
5185	117	66,4	96	31,4	101,23	5.185	2024-05-07 19:28:03.131 -0500		111	1
5186	107	65,1	99	31,5	101,32	5.186	2024-05-07 19:28:12.051 -0500		98	1
5187	84	65,4	117	31,1	101,57	5.187	2024-05-07 19:28:21.220 -0500		121	1
5188	97	66,5	111	31,2	101,29	5.188	2024-05-07 19:28:30.196 -0500		108	1
5189	101	67	100	31,7	101,4	5.189	2024-05-07 19:28:39.018 -0500		100	1
5190	88	65,1	101	31,1	101,3	5.190	2024-05-07 19:28:47.798 -0500		110	1
5191	111	65,9	80	31,8	101,16	5.191	2024-05-07 19:28:56.482 -0500		91	1
5192	100	65,5	104	31,8	101,47	5.192	2024-05-07 19:29:05.545 -0500		94	1
5193	124	66,2	80	31,7	100,96	5.193	2024-05-07 19:29:14.227 -0500		113	1
5194	105	65,2	102	31,1	101,01	5.194	2024-05-07 19:29:23.139 -0500		103	1
5195	87	65,4	96	31,9	101,41	5.195	2024-05-07 19:29:32.181 -0500		83	1
5196	89	65,5	110	31,6	101,25	5.196	2024-05-07 19:29:41.089 -0500		87	1
5197	91	66,3	86	31,6	101,15	5.197	2024-05-07 19:29:49.935 -0500		95	1
5198	93	65,6	110	31	101,13	5.198	2024-05-07 19:29:58.871 -0500		102	1
5199	108	65,6	98	31,4	101,23	5.199	2024-05-07 19:30:07.954 -0500		96	1
5200	84	64,9	103	31,8	101,15	5.200	2024-05-07 19:30:16.791 -0500		99	1
5201	106	66,4	98	32	101,01	5.201	2024-05-07 19:30:25.873 -0500		117	1
5202	95	65,8	100	31,8	101,16	5.202	2024-05-07 19:30:35.078 -0500		103	1

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Anexo 5 Función para enviar correo

```
def enviar_correo_alerta(self, temperatura, monoxido_carbono, humedad, dióxido_carbono, gas_propano):
    print("llega")

    smtp_server = 'smtp.gmail.com'
    smtp_port = 587 # Puerto TLS para Gmail
    sender_email = 'wilsonperezgarcia2000@gmail.com'
    password = 'prak rdzd jzcr abwb'

    correos = ['wperez@uteq.edu.ec', 'henry_5198@hotmail.com']
    # Crea el objeto del mensaje
    message = MIMEMultipart()
    message['From'] = 'wilsonperezgarcia2000@gmail.com'
    message['To'] = ', '.join(correos) # Concatena las direcciones de correo con comas
    message['Subject'] = 'UTEQ: SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE'

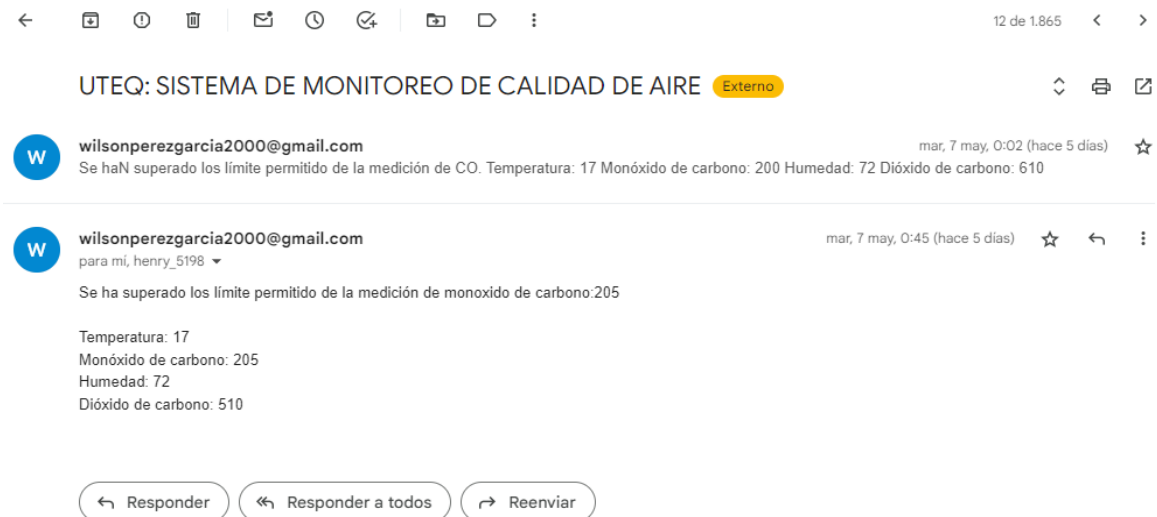
    # Cuerpo del correo electrónico
    body = f'Se ha superado los límite permitido de la medición de monoxido de carbono:{monoxido_carbono}\n\n'
    body += f'Temperatura: {temperatura}\n'
    body += f'Monóxido de carbono: {monoxido_carbono}\n'
    body += f'Humedad: {humedad}\n'
    body += f'Dióxido de carbono: {dióxido_carbono}\n'
    message.attach(MIMEText(body, 'plain'))

    # Inicia una conexión SMTP segura con el servidor de Gmail
    with smtplib.SMTP(smtp_server, smtp_port) as server:
        print("llega2")
        server.starttls() # Inicia una conexión segura
        server.login(sender_email, password) # Inicia sesión en la cuenta de Gmail

        text = message.as_string()
        server.sendmail(sender_email, correos, text) # Envía el correo electrónico
        print("Enviado exitosamente")
```

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Anexo 6 Notificación enviada



← 📁 🕒 🗑️ 📧 🕒 🔄 📁 📧 ⋮ 12 de 1.865 < >

UTEQ: SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Externo ⌵ 🖨️ 📧

W wilsonperezgarcia2000@gmail.com mar, 7 may, 0:02 (hace 5 días) ☆
Se haN superado los límite permitido de la medición de CO. Temperatura: 17 Monóxido de carbono: 200 Humedad: 72 Dióxido de carbono: 610

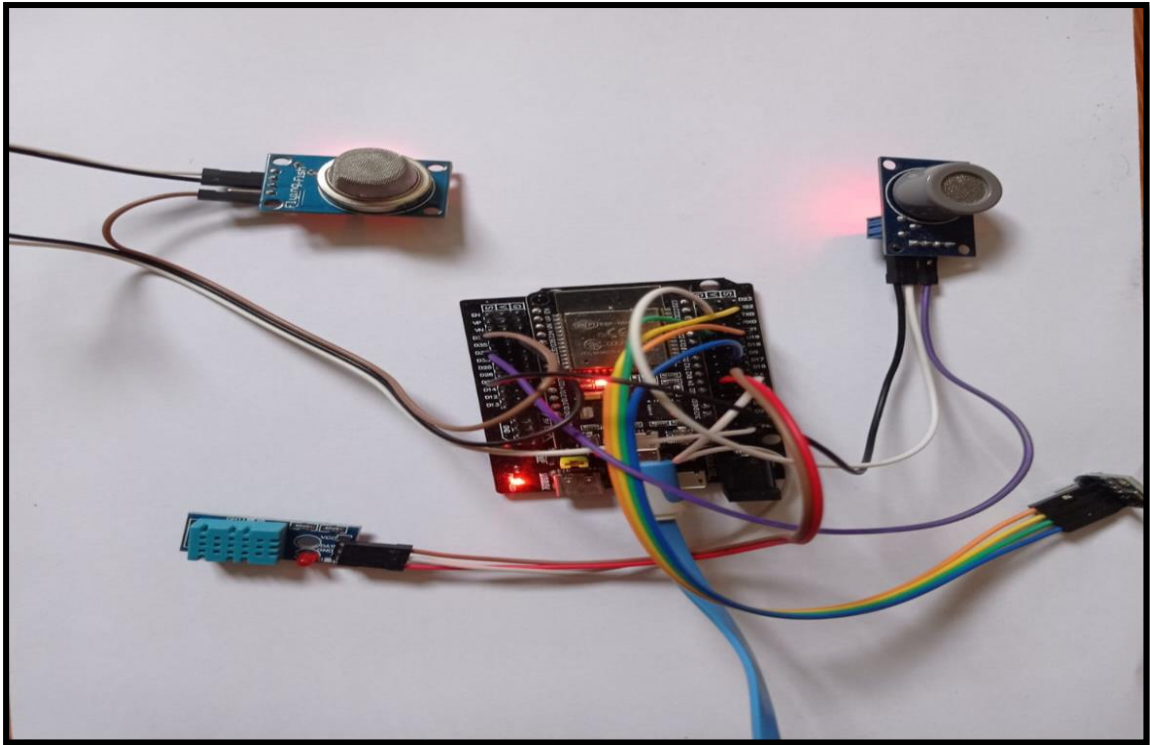
W wilsonperezgarcia2000@gmail.com para mí, henry_5198 mar, 7 may, 0:45 (hace 5 días) ☆ 🔄 ⋮
Se ha superado los límite permitido de la medición de monoxido de carbono:205

Temperatura: 17
Monóxido de carbono: 205
Humedad: 72
Dióxido de carbono: 510

🔙 Responder 🔄 Responder a todos 🔄 Reenviar

ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Anexo 7 Armado del nodo



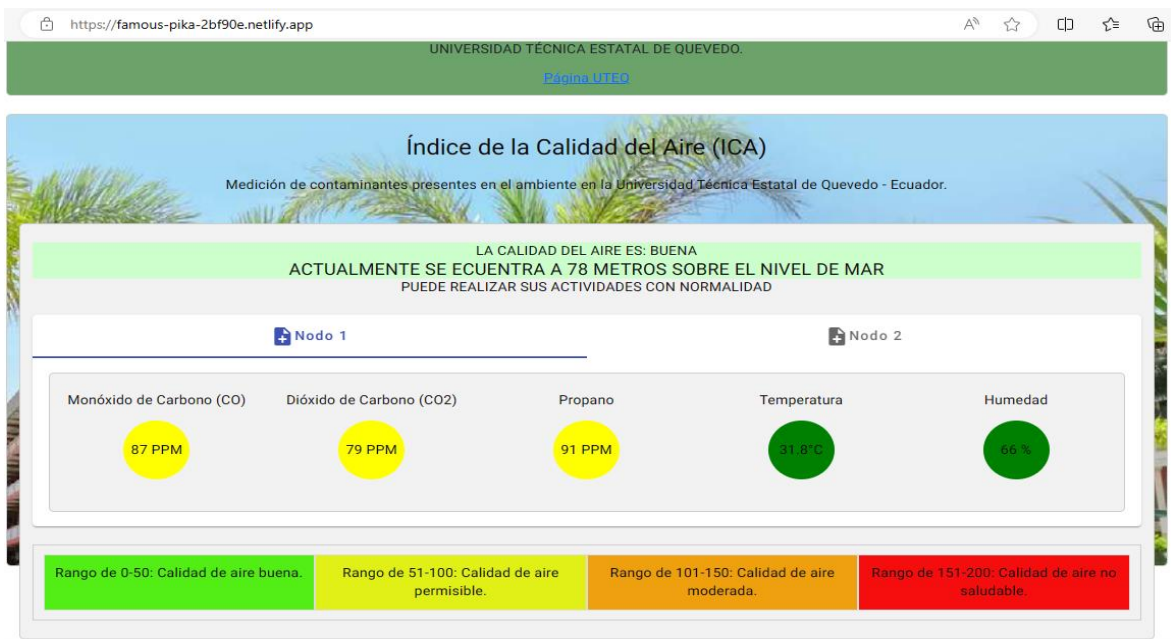
ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Anexo 8 Diseño final del nodo



ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Anexo 9 Página principal de la aplicación



ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA

Anexo 10 Instalación del nodo en el edificio de la FCSEF



ELABORADO: WILSON MOISÉS PÉREZ GARCÍA