



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO IOT PARA DETECCIÓN DE LOS
NIVELES DE CO₂ EN LA FARMACIA SANA SANA FR. EMILIO
UZCATEGUI.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Electrónico

AUTORA: Andrea Carolina López Redín

AUTOR: David Alberto Medina Puente

TUTOR: Víctor Vinicio Tapia Calvopiña

Quito – Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Andrea Carolina López Redín con documento de identificación N° 1750382242 y David Alberto Medina Puente con documento de identificación N° 1722361845, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 28 de marzo del año 2022

Atentamente,



Andrea Carolina López Redín

1750382242



David Alberto Medina Puente

1722361845

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Andrea Carolina López Redín con documento de identificación N° 1750382242 y David Alberto Medina Puente con documento de identificación N° 1722361845; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico, “Desarrollo de un dispositivo IoT para detección de los niveles de CO₂ en la farmacia Sana Sana Fr. Emilio Uzcategui” , el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 28 de marzo del año 2022

Atentamente,



Andrea Carolina López Redín

1750382242



David Alberto Medina Puente

1722361845

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Víctor Vinicio Tapia Calvopiña con documento de identificación N° 1708547219 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO IOT PARA DETECCIÓN DE LOS NIVELES DE CO₂ EN LA FARMACIA SANA SANA FR. EMILIO UZCATEGUI, realizado por Andrea Carolina López Redín con documento de identificación N° 1750382242 y David Alberto Medina Puente con documento de identificación N° 1722361845, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 28 de marzo del año 2022

Atentamente,



Ing. Víctor Vinicio Tapia Calvopiña MSc.

1708547219

DEDICATORIA

Dedicado especialmente a mi madre Giovanna Redín y a mi padre Antonio López por brindarme su apoyo incondicional y económico a lo largo de todos mis estudios, muchos de mis logros se los debo a ellos, incluido este.

A Dios por guiarme y haberme puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante este tiempo.

Andrea Carolina López Redín

Dedico este proyecto de titulación a Dios, a mi madre y a mi maestro. A Dios por guiarme en cada aspecto de mi vida, a mi madre Rocío Puente por todo el apoyo, el esfuerzo y la confianza, ya que sin ella nada de esto sería posible, y a mi maestro de Taekwondo Cesar Tayo por su preparación y entrenamiento gracias a él soy una persona fuerte y perseverante.

David Alberto Medina Puente

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo de muchas personas. Doy gracias a Dios por permitirme tener una valiosa experiencia en esta universidad logrando concluir con éxito este proyecto.

Gracias a mis padres que llevaron este largo proceso conmigo, brindándome siempre su apoyo, amor y los medios financieros para completar este proyecto.

A mi tutor de tesis el Ing. Vinicio Tapia por brindarme su ayuda y orientación para la realización y desarrollo de este proyecto técnico.

Andrea Carolina López Redín

Este proyecto que en un inicio se miraba como una meta inalcanzable se logró culminar, y en gran medida se los debo a ustedes, amigos y familiares, especialmente agradezco a mi tutor de tesis el Ing. Vinicio Tapia por depositar toda su confianza en mí.

Gracias por las palabras de aliento que fueron otorgadas en el momento que más se necesitaban y por la fe depositada en mi sueño de llegar a ser un ingeniero electrónico.

David Alberto Medina Puente

ÍNDICE DEL CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Metodología	2
CAPÍTULO 2	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Aire.....	4
2.2 Contaminación Ambiental	5
2.3 Valor de concentración de CO ₂ en lugares cerrados	6

2.4 Efectos del CO ₂ sobre el cuerpo humano.....	7
2.5 IoT	8
2.6 Google Sheets	9
2.7 Wifi	9
2.8 Software de Arduino	10
2.9 Arduino	11
2.10 Sensores	13
2.11 Estado del arte	13
2.11.1 Medidor de CO ₂ Dioxcare PDF	13
2.11.2 Medidor CO2Panel.....	14
2.11.3 Comparativa del estado del arte con este proyecto	16
CAPÍTULO 3	17
3.1 Sensor de calidad de aire MQ135	17
3.1.1 Características de la sensibilidad del sensor MQ135.....	17
3.2 DHT11	18
3.3 LCD 20X4.....	19
3.4 Módulo RTC	19
3.5 Módulo de zumbador activo KY-012	20
3.6 Módulo ESP8266 Wifi.....	21
3.7 Implementación del dispositivo del sistema IoT para monitorear el CO ₂ del aire.	21
3.7.1 Circuito del dispositivo IoT para medir los niveles de CO ₂	22
3.7.2 Diseño de la placa PCB.....	25
3.7.3 Estructura física del dispositivo	26
3.8 Diagrama de bloques.....	27
3.9 Diagrama de flujo.....	27
CAPÍTULO 4	29

4.1 Presentación de datos	29
4.2 Datos de medición.....	29
4.3 Presupuesto	33
4.3.1 Costo de hardware.....	34
4.3.2 Costo de software.....	34
4.3.3 Costo de recursos humanos.....	34
4.3.4 Costo total del proyecto	35
CAPÍTULO 5.....	36
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS.....	39
ANEXOS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Efectos en la salud.....	5
Figura 2.2 IoT.....	9
Figura 2.3 Google Sheets.....	9
Figura 2.4 Tipos de redes inalámbricas.....	10
Figura 2.5 Arduino.....	11
Figura 2.6 Arduino UNO R3.....	12
Figura 2.7 Medidor Dioxcare PDF.....	14
Figura 2.8 CO2PANEL PI.....	15
Figura 3.1 Sensor MQ135.....	17
Figura 3.2 Sensibilidad del MQ135.....	18
Figura 3.3 Pines del LCD 20x4.....	19
Figura 3.4 Diagrama módulo RTC.....	20
Figura 3.5 Diagrama de conexión del zumbador.....	20
Figura 3.6 Módulo Wifi.....	21
Figura 3.7 Esquema del dispositivo IoT.....	22
Figura 3.8 Placa de PCB.....	25
Figura 3.9 Estructura física del dispositivo.....	26
Figura 3.10 Diagrama de bloques.....	27
Figura 3.11 Diagrama de flujo del dispositivo IoT.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Concentración de CO ₂ en el ambiente	7
Tabla 3.1 Componentes y características parte 1.....	23
Tabla 3.2 Componentes y características parte 2.....	24
Tabla 4.1 Datos de la prueba número 1.....	30
Tabla 4.2 Datos de la prueba número 2.....	31
Tabla 4.3 Datos de la prueba número 3.....	32
Tabla 4.4 Datos de la prueba número 4.....	33
Tabla 4.5 Costo de materiales.....	34
Tabla 4.6 Costos de recursos humanos.....	35
Tabla 4.7 Costo total.....	35

RESUMEN

Una de las principales problemáticas existentes en el ambiente es referente a la contaminación atmosférica. En donde los responsables a mayor medida son los seres humanos, aunque pueden producirse también por factores naturales o a su vez al realizar una combinación de ambos. De igual modo los contaminantes que predominan a mayor medida en lugares cerrados son los gases de CO₂, por tal razón se debe realizar un control de la calidad del aire para que las condiciones sean óptimas al momento de desempeñar funciones laborales.

En la actualidad, el desarrollo del IoT (internet de las cosas), hace posible la obtención de datos referentes al CO₂ existente en el ambiente por medio de los diferentes tipos de sensores que están disponibles en el mercado, así como el registro de los mismos en tiempo real, permitiendo utilizar la información adquirida para mejorar los parámetros de calidad del aire existentes en el ambiente.

El proyecto plantea el desarrollo y construcción con Arduino de un dispositivo IoT para el monitoreo del nivel de CO₂ existente en la farmacia SANA SANA FR. EMILIO UZCATEGUI. El cual consta con dos sensores encargados de captar la variación del gas en el aire, así como un módulo Wifi para enviar los datos obtenidos a una hoja de cálculo en Google Sheets realizando un registro en tiempo real.

ABSTRACT

One of the main existing problems in the environment is related to atmospheric pollution. Where those responsible to a greater extent are human beings, although they can also be produced by natural factors or in turn by performing a combination of both. In the same way, the contaminants that predominate to a greater extent in closed places are CO₂ gases, for this reason, air quality control must be carried out so that conditions are optimal when performing work functions.

At present, the development of the IoT (internet of things), makes it possible to obtain data regarding the CO₂ existing in the environment through the different types of sensors that are available on the market, as well as their registration. in real time, allowing the information acquired to be used to improve the existing air quality parameters in the environment.

The project proposes the development and construction with Arduino of an IoT device for monitoring the existing CO₂ level in the SANA SANA FR pharmacy. EMILIO UZCATEGUI. Which consists of two sensors responsible for capturing the variation of the gas in the air, as well as a Wifi module to send the data obtained to a spreadsheet in Google Sheets, making a record in real time.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire hoy en día es un tema que está ganando territorio en lo que conlleva investigación e implementación de nuevas tecnologías para el monitoreo de los distintos gases existentes cuya finalidad es centrarse en mejorar la manera de monitorear la calidad del aire.

El dispositivo IoT propuesto en el presente proyecto técnico se encuentra enfocado en el monitoreo de los niveles de CO₂ del aire, así como en el envío y registro de datos obtenidos en una hoja de cálculo en Google por medio de conexión Wifi.

El documento está estructurado de la siguiente forma:

En el capítulo uno está destinado al análisis del motivo del proyecto, la problemática de estudio, los objetivos planteados, así como también se describe la metodología a utilizarse en el proyecto.

El capítulo dos se encuentra enfocado en el marco conceptual, es decir las nociones que sirven de sustento teórico al momento de realizar el proyecto, la selección de materiales utilizados en la implementación del dispositivo, además de un breve estudio acerca de los dispositivos existentes en la actualidad de medición de CO₂.

En el capítulo 3 se describen las especificaciones técnicas del hardware y el software a utilizarse al momento de realizar la implementación del dispositivo IoT en la farmacia para monitorear los niveles de CO₂ en el aire.

En el capítulo 4 está destinado a presentar los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en un espacio cerrado como en la farmacia, el correcto funcionamiento al momento de captar el CO₂ presente en el aire como también el registro y envío de datos a Google Sheets vía Wifi.

Por último, el capítulo 5 es el encargado de presentar las conclusiones a las que se ha llegado al momento de finalizar el proyecto, así como también sus respectivas recomendaciones.

CAPÍTULO 1

En este capítulo se analizará el planteamiento del problema, la justificación, se detallarán los objetivos y se describe la metodología utilizada.

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad a pesar de la diversa tecnología existente a nuestro alcance, tanto viviendas como establecimientos carecen de un monitoreo constante y controlado de las condiciones del aire. Lo que provoca que exista gran riesgo de proliferación de bacterias, virus, entre otros. En cuestión del CO₂ es este el causante de producir el traslado de oxígeno y cuando existe altas concentraciones, es decir los valores son superiores a 30.000 ppm, existe la posibilidad de sufrir asfixia. Para lugares interiores el CO₂ es un gran parámetro si es necesario conocer la calidad de aire, debido a que se comporta como alarma e indica la renovación de aire. Es conocido que, luego de concentraciones superiores a 800 ppm en ambientes laborales, se inician a producir molestias debidas a malos olores. En esta ocasión se centrará la atención específicamente en el entorno de un establecimiento donde funciona la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui, es de conocimiento general la relación que mantiene el bajo rendimiento laboral con los elevados niveles de CO₂, debido a estas razones es indispensable un monitoreo constante de la calidad del aire para poder garantizar un ambiente confortable para el desempeño correcto de las actividades dentro de las instalaciones de la farmacia.

1.2 Justificación

La culminación de este proyecto facilitará el monitoreo, así como el registro de manera activa en una hoja de cálculo de Google Sheets los parámetros de medición de los niveles de CO₂ por medio de un sistema IoT y conexión Wifi, los cuales serán evaluados de forma periódica. Los datos recolectados con ayuda del sensor serán analizados para posteriormente lograr reducir los niveles de estrés y fatiga de los

trabajadores de la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui causados por el CO₂ excedente en el ambiente. El dispositivo tiene como principal función adquirir información, la cual será útil al momento de proporcionar el estado en el que se encuentra la calidad del aire en el establecimiento, de igual manera se propone instaurar una forma de vigilancia continua de la calidad del aire en específico del CO₂ para la prevención de enfermedades en los trabajadores.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un dispositivo IoT para la detección de los niveles de CO₂ que permita la correcta ventilación de la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui dependiendo de los datos recopilados.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar los diferentes sensores y dispositivos que captan los diversos gases existentes para el conocimiento de la calidad del aire en la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui.
- Diseñar un dispositivo IoT para el monitoreo y registro en tiempo real de los niveles de CO₂ de la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui.
- Implementar un dispositivo IoT que facilite la supervisión y recopilación de los niveles de CO₂ de la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui, para la comprobación de su correcto funcionamiento.
- Analizar costos del dispositivo IoT para la determinación de la implementación futura.

1.4 Metodología

Para la realización del presente proyecto se tomó como técnicas de investigación los siguientes procesos que se describen a continuación.

- **Metodología Descriptiva.** Se establecieron las características de los módulos de Arduino e IoT con Google Sheets, formando relación entre ellos.
- **Metodología Analítica.** Se efectuó un análisis de la eficiencia del proyecto en base a los costos del servicio propuesto, con los datos que se tenía anteriormente en la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui versus los datos resultados que se obtengan luego de realizadas las pruebas.
- **Metodología Experimental.** Se comprobó el funcionamiento del sistema en el cual va a monitorear las variables en tiempo real del establecimiento en el cual funciona la farmacia SANA SANA Fr. Emilio Uzcategui.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el Capítulo 2 se tratarán conceptos básicos y teoría, todo esto basado en la tecnología IoT sobre la cual trataremos de establecer una solución del problema a tratar, se analizan las fuentes primarias en los cuales se fundamenta la realización de la investigación.

2.1 Aire

El aire se puede definir como una combinación de gases existentes en el ambiente que establece la formación de la atmósfera y se halla presente en cualquier parte del planeta tierra, no posee olor, ni color. En cuanto a sus características físicas, el aire tiende a reaccionar de distinta manera de acuerdo a la temperatura existente, llegando a congelarse si las temperaturas son bajas (Rosa, Mosso, & Ullán, 2002).

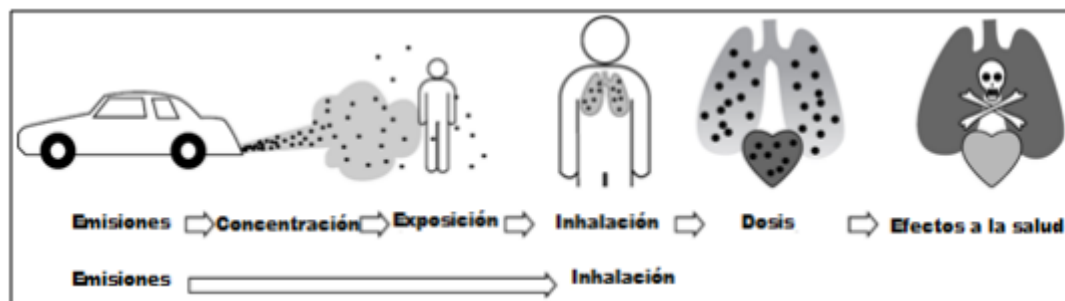
El aire está conformado por dos grupos grandes de componentes: componentes variables y componentes constantes. El grupo que comprende los elementos que permanecen constantemente en el aire puro están conformados de nitrógeno en alrededor de 78%, de oxígeno en 21% y el restante 1% comprende diversos gases como argón, neón, dióxido de carbono, hidrógeno, helio, vapor de agua y otros gases (Querol, 2008).

El segundo grupo denominado el grupo de los componentes variables está conformado por los diferentes gases y vapores existentes de manera característica de un lugar predeterminado, como ejemplo, el óxido de carbono proveniente de motores que se encuentran en las ciudades. El aire puro existente en el planeta es de 500.000 millones de toneladas aproximadamente en forma de una capa que rodea el planeta. De acuerdo mayor sea la altura de la superficie terrestre, menor es la densidad del aire, la composición química varía en las capas altas de la atmósfera por acción de las fuertes corrientes existentes (Vargas & Rojas, 2010).

2.2 Contaminación Ambiental

En la actualidad el uso constante de motores en especial para el transporte es el motivo principal de la contaminación existente. Los gases como: monóxido de nitrógeno (NO), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃) y benceno (C₆H₆), entre algunos otros existentes. El exceso de éteres que contaminan el aire, aumenta el riesgo de sufrir enfermedades como: cáncer, afecciones cardiovasculares, afecciones respiratorias, entre otros (La contaminación del aire y los riesgos para la salud – Todo lo que tienes que saber). Tomando en cuenta esto, los niños son los que tienen el mayor riesgo de sufrir afecciones de salud.

Figura 2.1 Efectos en la salud



Efectos en la salud debido a la contaminación. Fuente: La contaminación del aire y los riesgos para la salud – Todo lo que tienes que saber.

La contaminación presente en el aire en este momento simboliza un alto conflicto para la salud, de manera global. Existe un estimado que por consecuencia de la contaminación del aire un total de 4,2 millones de fallecimientos a edad temprana han ocurrido en todo el mundo por año. Las muertes son causadas al estar expuesto de manera prolongada a partículas minúsculas aproximadamente de 2,5 micrones, causantes de enfermedades respiratorias, cardiovasculares (Contaminación del aire ambiente (exterior), 2021), entre otros.

Entre los gases dañinos para el medio ambiente, se encuentran:

CO: Es un gas altamente tóxico sin color. Puede ser el causante de enfermedades incluso causar la muerte cuando se está expuesto por largos periodos de tiempo. La incineración incorrecta de materiales como gas, kerosene, petróleo, gasolina, carbón,

o madera es la principal razón de la existencia de este gas en la actualidad (Qué es el Ozono¿Cuáles son las propiedades del ozono?).

O₃: Es una sustancia cuya composición consta de tres átomos de oxígeno, se forma al separar los dos átomos que conforman el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno que es liberado se combina con otra molécula de oxígeno en estado gaseoso (O₂), de esta manera se forman las moléculas de ozono (O₃). Si se inhala en cantidades elevadas existe la posibilidad de irritación en la garganta y ojos, lo cual suele pasar comúnmente después de respirar aire fresco en las montañas durante unos minutos (Dióxido de nitrógeno (NO₂))

NO₂: Este compuesto químico se encuentra formado por nitrógeno y oxígeno. El dióxido de nitrógeno presenta un color entre marrón y amarillo, así mismo es uno de los principales contaminantes. Es un derivado en los procesos que utilizan incineración con temperaturas elevadas, como los presentes en máquinas impulsadas con motor y las plantas eléctricas. Es el motivo por el cual es un contaminante recurrente en ciudades y en lugares poblados (Fedtke & Oliver, 2007).

2.3 Valor de concentración de CO₂ en lugares cerrados

En la guía RD 486/1997 menciona que la forma más común para comprobar el buen estado de la calidad del aire y corroborar el funcionamiento de la ventilación en lugares de trabajo sea la adecuada, es por medio de la medición de CO₂. Para comprobar es necesario verificar si supera el valor 1000 ppm (partes por millón) (INSHT, 2015)

El valor de concentración en lugares exteriores es de 420-450 ppm, esto varía dependiendo de la contaminación medioambiental que exista en la ciudad. De igual manera los valores siempre serán mayores en espacios cerrados. Si la concentración de CO₂ está elevada a tal punto que supere los 1000 ppm es un indicativo de que existe una mala ventilación y es sumamente importante ventilar el lugar de inmediato. Para que el lugar disponga de una buena ventilación los valores deben oscilar entre los 500 - 700 ppm, si los valores se encuentran entre los 800 ppm se debe ventilar el lugar (INSHT, 2015).

El ser humano convive diariamente con este gas, a pesar de esto en altas concentraciones perjudica la salud. Específicamente las concentraciones más altas se hallan en el interior de los edificios a consecuencia de la mala ventilación puesto que no elimina el CO₂ producido por la respiración de las personas. En general en lugares interiores como viviendas, oficinas o instituciones educativas se indican valores entre 2000-3000 ppm, lo cual se considera no saludable (EFECTOS DEL CO₂ EN AMBIENTES INTERIORES NO INDUSTRIALES, 2018).

2.4 Efectos del CO₂ sobre el cuerpo humano

La mala ventilación en lugares cerrados provoca en el ser humano cansancio, dolor de cabeza, mala concentración e incomodidad. A partir de los 600 ppm aquellas personas con mayor sensibilidad inician a presentar los síntomas antes mencionados (EFECTOS DEL CO₂ EN AMBIENTES INTERIORES NO INDUSTRIALES, 2018).

Tabla 2.1 Concentración de CO₂ en el ambiente

Ppm	Calidad del ambiente
350-400	Aire libre
400-1000	Buena calidad del ambiente interior
1000	Nivel máximo recomendado de CO ₂ en lugares interiores
1000-1500	Ambiente relativamente aceptable, capacidades del ser humano comienzan a afectarse.
1500-2000	Fatiga y poca concentración
>2000	Dolor de cabeza

Rangos de concentración para conocer la calidad del ambiente. Fuente: PAEE.

Debido a que en su mayoría el personal trabaja en lugares cerrados cuyos sistemas de ventilación no poseen una correcta circulación de aire o de plano no existe ventilación.

Un estudio del Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental (NIEHS) indica la disminución existente en las habilidades cognitivas causado por los altos niveles de

CO₂ en el aire interior. Los estudios muestran que el desempeño cognitivo disminuye un 20% cuando la concentración de CO₂ es alrededor de 1400 ppm comparando el desempeño con los niveles normales de 400ppm existentes en el aire exterior (¿Cuánto afecta el CO₂ a la productividad de los equipos de trabajo?).

Por eso se requiere acoplar un dispositivo que permita monitorear la calidad del aire en las instalaciones del lugar cumpliendo los estándares y el correcto funcionamiento del sistema de ventilación. Así mismo es necesario que aquel dispositivo capte el dióxido de carbono para garantizar el bienestar del personal alcanzando una calidad de aire interior salubre.

En caso de la farmacia SANA SANA FR. Emilio Uzcategui las instalaciones cuentan con la ventilación apropiada pero no está por demás implementar un dispositivo IoT que mida y prevenga a su personal posibles malestares en su lugar de trabajo.

2.5 IoT

El internet de las cosas o también conocido como IoT es una red de interconexión digital entre aparatos electrónicos, seres humanos y el internet para intercambiar datos entre sí, mejorando la experiencia del usuario.

Los dispositivos IoT establecen conexión mediante un proceso denominado M2M (machine to machine), este proceso ocurre cuando dos equipos electrónicos se conectan utilizando cualquier método (cable, Wifi, Bluetooth, etc.), realizando su labor sin la intervención humana. El proceso se realiza cuando los sensores captan una señal y comunican los datos a los actuadores correspondientes que están implementados en los dispositivos electrónicos IoT. Al conectarse entre sí los dispositivos generan datos los cuales son transportados a una plataforma IoT que recolecta, procesa y analiza aquellos datos, la información adquirida es de utilidad para el usuario ya que se puede llegar a conclusiones y anticiparse a posibles errores de funcionamiento en algún equipo instalado previamente (Alonso, 2021).

Figura 2.2 IoT



Internet de las cosas (IoT), Fuente: HZ hard zone.

2.6 Google Sheets

Google Sheets es una aplicación gratuita en línea, cuyo funcionamiento consiste en la realización de hojas de cálculo. Es la alternativa moderna existente para que un sin número de usuarios puedan acceder con facilidad a datos en la nube, tiene diversas funciones entre las cuales se encuentran el poder compartir información en forma de documentos de tal manera que sea posible trabajar de manera conjunta con más participantes (Datademia).

Figura 2.3 Google Sheets



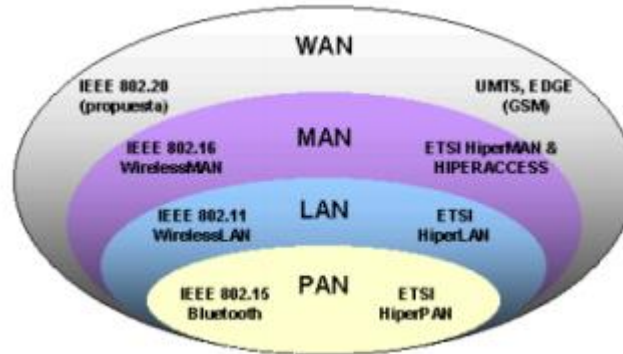
Hoja de cálculo de Google, Fuente: datademia.

2.7 Wifi

El Wifi (Wireless Fidelity) es una tecnología que utiliza ondas de radio como herramienta de transmisión y recepción entre terminales sin la necesidad de emplear un cable. La tecnología Wifi se encuentra presente en la mayoría de dispositivos

electrónicos como teléfonos y computadores, lo que permite a los dispositivos tener un rápido acceso a internet (Valls & Prats, 2011).

Figura 2.4 Tipos de redes inalámbricas



Tipos y niveles de redes inalámbricas de cobertura, Fuente: Estudio y simulación de la tecnología Wifi de acceso inalámbrico.

2.8 Software de Arduino

Es necesario en primer lugar descargar un IDE (Integrated Development Environment) para poder programar la placa de Arduino. El IDE es un conglomerado de materiales para software las cuales tienen como finalidad ayudar a los programadores a desarrollar y grabar las sentencias necesarias en el código para lograr que el Arduino funcione según lo esperado. El IDE de Arduino permite realizar la codificación de una manera muy sencilla (Software de Arduino).

El lugar de trabajo se encuentra dividido en 5 partes. Enumerado desde la parte superior hasta la parte inferior, las partes serían: la barra de menús, la barra de botones, el editor de código, la barra de consola de mensajes, y la barra de estado (Software de Arduino).

La mayor parte del tiempo se ocupará realizando la codificación del programa que se encargará del funcionamiento de la placa de Arduino por lo tanto la mayor parte del tiempo se destinará al editor de códigos.

Los elementos más útiles del IDE son:

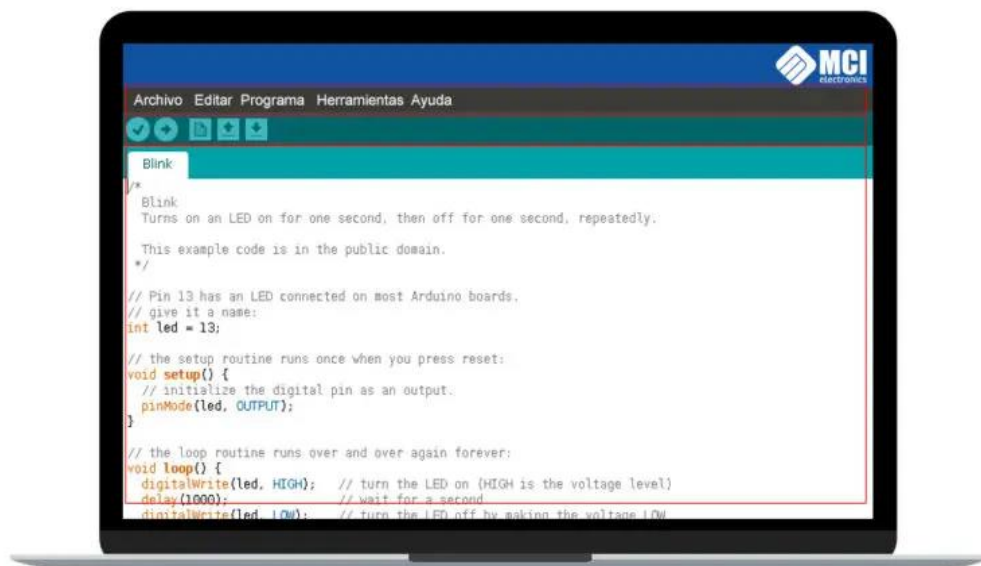
Verificar: La función de este botón es comprobar que no existan errores en el código, de no existir errores el código compilará.

Subir: La función de este botón se utiliza luego de verificar para cargar en la memoria de Arduino el programa anteriormente realizado.

Nuevo: Crea un nuevo proyecto.

Guardar: Guarda el proyecto en el cual se está trabajando con una extensión en el archivo “.ino”. El IDE de Arduino por defecto nos ofrece una carpeta destinada a esta finalidad con el nombre Arduino en la sección Documentos del ordenador (Software de Arduino).

Figura 2.5 Arduino



Entorno de programación Arduino, Fuente: ARDUINO

2.9 Arduino

El Arduino es una tarjeta electrónica digital que utiliza para realizar su accionamiento un lenguaje basado en C++. La ventaja de trabajar con Arduino es que su lenguaje de programación es de uso libre. El hardware de esta tarjeta electrónica está constituido

por un microcontrolador perteneciente a la familia AVR, y es de los dispositivos electrónicos preferidos para realizar prototipos. Las indicaciones para la aplicación de las librerías establecidas de manera predeterminada por Arduino son fáciles de entender.

Es una herramienta sumamente útil para realizar proyectos de sistemas embebidos. Entre las tarjetas de Arduino, una de las más conocidas es el modelo Arduino uno R3. Se puede expresar que Arduino es una herramienta con funciones similares a una computadora para poder realizar procesamientos digitales. Por esta razón Arduino posee periféricos de entrada y de salida en cuyos bornes se puede conectar botones, pantallas LCD, teclados, sensores, entre otros dispositivos electrónicos que faciliten el manejo de los diferentes prototipos a implementar. Es conveniente aclarar que Arduino no solamente posee entradas y salidas digitales, sino también posee puertos analógicos, que nos ayudan en la medición de diferentes señales analógicas.

Para observar la información que se encuentra establecida, se accede por medio de un puerto USB de comunicación Serial, que por medio de un puerto USB de una computadora, nos permite la transmisión de información digital mediante una USART o también denominado UART (Estrada Marmolejo) .

Figura 2.6 Arduino UNO R3



Placa de Arduino UNO R3, Fuente: blogs.es

2.10 Sensores

Un sensor es un mecanismo cuya función destinada es detectar la variación en el entorno y responder ante algún estímulo de salida en otro sistema. Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible (o, a veces, una señal digital) convertido en una pantalla legible para humanos o transmitida para lectura o procesamiento adicional. Cada sensor presenta funciones en concordancia con la magnitud que se tiene pensado medir, por poner un ejemplo, un sensor con características electroquímicas es el encargado de realizar mediciones a las magnitudes químicas que se hallan en el aire. Los sensores son electroquímicos establecidos en componentes orgánicos o inorgánicos, y ayudándose en una u otra pericia electroquímica para realizar la localización de las diversas variables físicas o químicas. Debido a este motivo, los sensores de tipo electroquímicos tienen como finalidad poder identificar gases y su variación existente en el ambiente, partiendo de la información preliminar con respecto a la conducta de los gases monitoreados anteriormente.

2.11 Estado del arte

En la actualidad hay diversidad de productos y dispositivos cuya función es medir los niveles de CO₂, para de esta manera poder determinar la concentración en espacios interiores, de todos los dispositivos existentes en su mayoría la información es expresada con indicadores como por ejemplo luces LED o también pantallas LCD, mientras otro grupo de dispositivos para la medición de CO₂ en el ambiente cuentan con programas para observar los datos obtenidos por los sensores, a la vez que envían la información a las respectivas bases de datos. Así mismo, se tomarán dos tipos de medidores de CO₂ en el ambiente de todos los existentes, para analizar sus características técnicas y comparar con nuestro proyecto.

2.11.1 Medidor de CO₂ Dioxcare PDF

El medidor Dioxcare PDF es un sensor que capta el dióxido de carbono existente en tiempo real. Este dispositivo contiene un sensor NDIR, el cual funciona absorbiendo

la luz infrarroja de este modo puede detectar el CO₂ existente en el ambiente. Su costo de \$135,03, dispone de las siguientes características:

Mide el dióxido de carbono, la temperatura ambiente y la humedad. Para indicar los valores captados se utiliza una LCD de 3,2 pulgadas, y para indicar que los parámetros captados están fuera de lo recomendado, se activa una alarma que igual se encuentra en el dispositivo. Posee una aplicación destinada a usarlo en un computador cuya función permite el almacenamiento y visualización de los datos captados al momento de realizar las medidas por medio de vía USB, también facilita exportar los datos a PDF (Medidor / Detector de Co2 Dioxcare pantalla 3.2").

Figura 2.7 Medidor Dioxcare PDF



Medidor Dioxcare PDF, Fuente: Protect soiart distribución

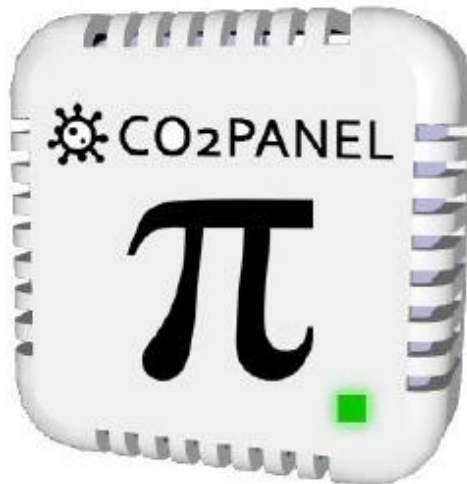
2.11.2 Medidor CO2Panel

Es un dispositivo que permite medir el dióxido de carbono en el ambiente. Es de fácil instalación debido a que las configuraciones ya se encuentran establecidas. Cuenta con dos sensores, el primero llamado CO2Panel PI capta los niveles de dióxido de carbono en el aire. Posee un LED el cual sirve como una señal para indicar los niveles del gas al momento de superar los parámetros adecuados. Una versión superior del sensor

CO2Panel es el llamado CO2Panel MATRIX, el cual dispone de un sensor NDIR y un panel LED cuya función establecida es indicar los niveles de CO₂. Además, se puede observar la variación en los niveles de dióxido de carbono, en un celular, computador o cualquier dispositivo con acceso a internet, ya que los datos obtenidos al momento de realizar las mediciones se envían por medio de señal Wifi a internet para su posterior consulta por medio de CO2Panel cloud (Medidores de CO₂ de alta precisión con conexión a internet. CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE).

Cuando se habla de CO2Panel cloud es referirse a una plataforma cuya función es gestionar los sensores mencionados anteriormente a través de una aplicación web, logrando el acceso por medio de un usuario y contraseña. La finalidad de la plataforma es facilitar el acceso a los datos recopilados y consultar los registros de dióxido de carbono durante las 24h del día (Medidores de CO₂ de alta precisión con conexión a internet. CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE). El sensor tiene un costo de \$146,38 y sus características son las siguientes:

Figura 2.8 CO2Panel PI.



Medidor de dióxido de carbono CO2Panel PI, Fuente: kipmion.

2.11.3 Comparativa del estado del arte con este proyecto

Entre los dispositivos mencionados y el proyecto planteado en este documento existen algunas diferencias y adaptaciones, las cuales serán mencionadas a continuación.

Nuestro proyecto toma las mejores características de ambos dispositivos mencionados anteriormente en el capítulo 2 en los apartados 2.11.1 y 2.11.2.

La pantalla LCD utilizado en el Dioxcare PDF para visualizar los valores obtenidos al momento de realizar las mediciones, así como la sensibilidad para captar las variaciones de temperatura, humedad y CO₂, con la facilidad y versatilidad para enviar datos por medio de Wifi utilizado en el CO2Panel.

De las principales diferencias y beneficios existentes en nuestro proyecto es que se deja atrás el uso de un cable USB para exportar la información recopilada en las mediciones pasando a utilizar conexión Wifi.

Otra característica de nuestro proyecto es el uso de Google Sheets para llevar el registro de los datos acerca de los niveles de CO₂, la temperatura y humedad, lo cual permite un fácil acceso a la información, sin tener que disponer de alguna aplicación en especial, solamente tener una cuenta en Google para poder observar la carpeta en Google drive donde se ha creado la hoja de cálculo.

Por último, aunque el precio de nuestro proyecto, no es competitivo al de los dispositivos mencionados en el capítulo 2 en los apartados 2.11.1 y 2.11.2, puesto que solo el costo de los materiales para la construcción, es decir el hardware necesario para la implementación del dispositivo es de \$73,75 (sin ganancia incluida). Además, los costos de los recursos humanos que se necesitan para desarrollar el proyecto supera el precio final de los dispositivos existentes actualmente en el mercado, debido a que el precio del Dioxcare PDF es de \$135,03 y CO2Panel PI es de \$146,38, de todas maneras, lo hace una opción interesante si se está pensando adquirir un dispositivo IoT para medir los niveles de CO₂ en lugares cerrados, por ser una idea innovadora que combina las mejores características de los dispositivos actuales resultando de utilidad para lugares como en este caso la farmacia SANA SANA FR. EMILIO UZCATEGUI.

CAPÍTULO 3

En este capítulo se analizará el criterio de selección de los materiales necesarios para la implementación del dispositivo IoT, las especificaciones técnicas, el diseño del circuito a implementar y su programación utilizada.

3.1 Sensor de calidad de aire MQ135

El dispositivo electrónico MQ135 contiene una superficie formada de óxido de estaño cubierta por una malla de gasa de material acero inoxidable, cuyo diseño permite la detección de distintos gases contaminantes existentes en el ambiente, puede realizarse calibraciones para la obtención de medidas de dióxido de carbono en el aire. El sensor MQ-135 tiene 6 pines, 4 de ellos se usan para obtener señales y otros 2 se usan para proporcionar corriente para el funcionamiento como se puede observar en la figura 3.1, y se encuentra conectado a un módulo para ofrecer comodidad al momento de su uso.

Figura 3.1 Sensor MQ135



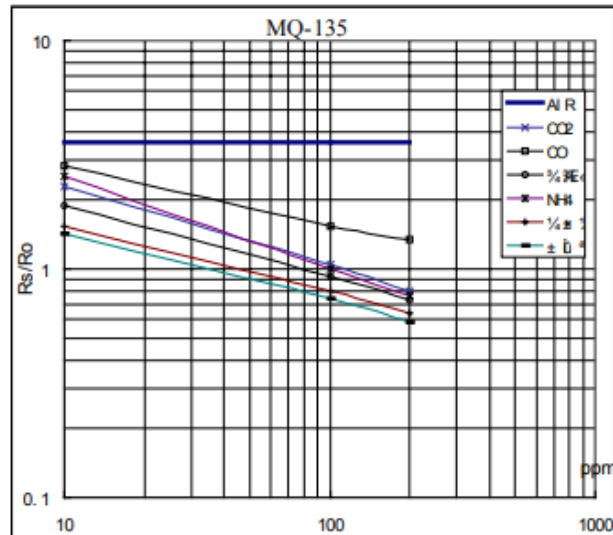
Sensor MQ135 instalado en una placa comercial (breakout board), Fuente: Waveshare

3.1.1 Características de la sensibilidad del sensor MQ135

Basándose en la interpretación del datasheet perteneciente al sensor MQ135 que proporciona el fabricante. Este transductor posee una susceptibilidad entorno al 85%, que es un porcentaje aceptable para realizar proyectos con Arduino.

En la figura 3.2 se muestra la interpretación de la sensibilidad del sensor MQ-135 el cual varía su resistencia dependiendo de la exposición a distintos gases que estuvo expuesto. Los datos indicados se mencionan en el datasheet del sensor.

Figura 3.2 Sensibilidad del MQ135



Características de sensibilidad del MQ135, Fuente: datasheet

Con respecto a la calibración del MQ135 el fabricante ha sido el encargado de realizar las pruebas respectivas de este modo poder elegir la resistencia RL adecuada necesaria para el correcto funcionamiento del sensor.

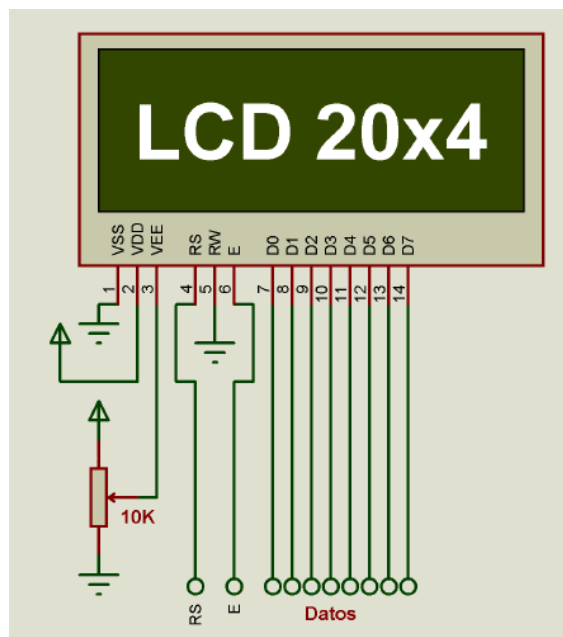
3.2 DHT11

Es un sensor de humedad y temperatura que posee una salida de señal digital calibrada. El sensor garantiza una alta confiabilidad con excelente estabilidad por un largo tiempo, para su uso es necesario conectarlo a un microcontrolador de alto rendimiento que sea de 8 bits, de este modo se ofrece una calidad superior y respuesta rápida. Su pequeño tamaño, bajo consumo de energía y transmisión de señal de hasta 20 metros lo convierten en la mejor opción para diversas aplicaciones, incluidas las más exigentes (DHT11 Humidity & Temperature Sensor).

3.3 LCD 20X4

La pantalla LCD 20x4 también denominado display LCD 20x4, es un dispositivo electrónico que facilita la presentación de caracteres alfanuméricos y otros símbolos contiene un formato de 20 caracteres por cada línea, en 4 líneas. Una característica de este dispositivo, es que es compatible con el controlador Hitachi HD44780 (Pantalla LCD 20x4 - Display LCD 20x4).

Figura 3.3 Pines del LCD 20x4



Descripción de los pines del LCD 20x4, Fuente: gzalo.

3.4 Módulo RTC

Las siglas RTC significan reloj en tiempo real. El RTC es un módulo cuyo sistema es el encargado de recordar la fecha y hora, con ayuda de una batería que actúa cuando existe la pérdida de energía mantiene el activo funcionamiento del módulo (DS3231 RTC Module, 2018).

Figura 3.4 Diagrama módulo RTC

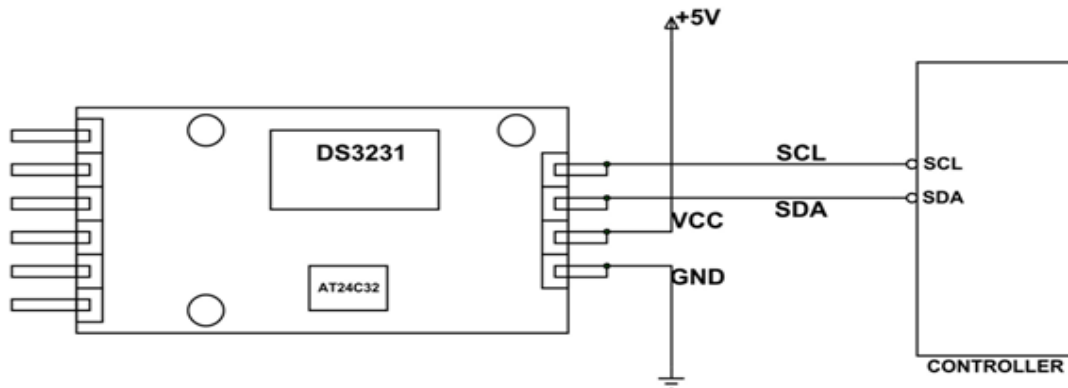


Diagrama de conexiones del módulo RTC, Fuente: components101.

3.5 Módulo de zumbador activo KY-012

El módulo Zumbador KY-012 consta con 3 clavijas cabezal macho y un zumbador piezoeléctrico activo, al momento de accionarlo genera un sonido aproximado de 2.5 kHz cuando su señal es alta (KY-012 Active Buzzer module, 2021).

Figura 3.5 Diagrama de conexión del zumbador

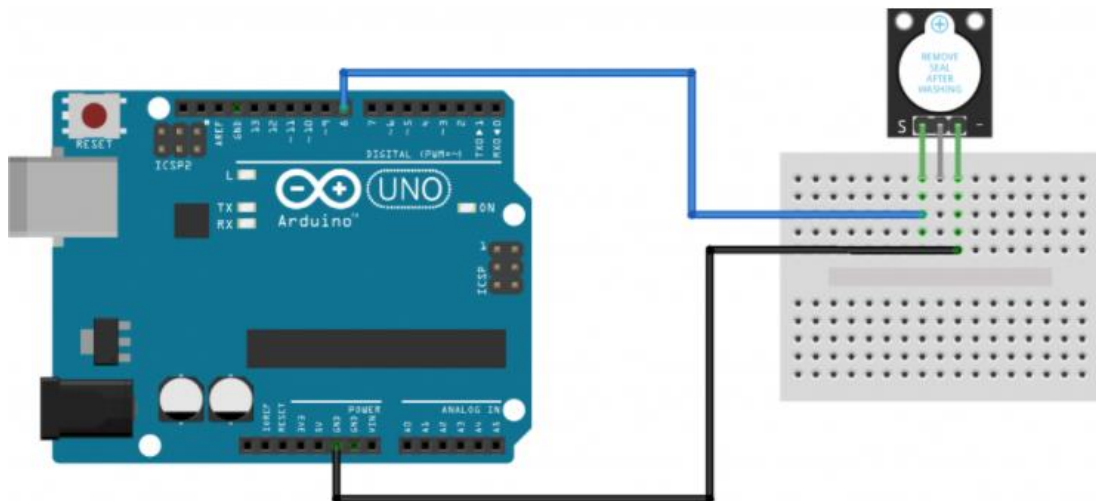
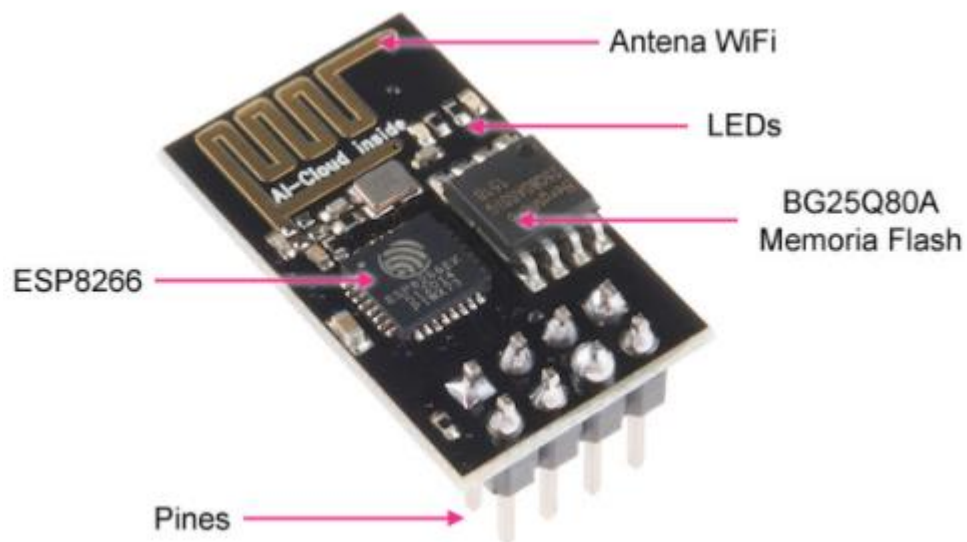


Diagrama de conexión del zumbador con el Arduino Uno Fuente: ARDUINOMODULES.

3.6 Módulo ESP8266 Wifi

El módulo ESP8266 es un circuito integrado que genera una conexión Wifi, es compatible con el protocolo TCP/IP. La finalidad de este módulo es brindar acceso a la red a cualquier tipo de microcontrolador. La principal ventaja del módulo ESP8266 es su característica de bajo consumo, de acuerdo a esto se considera como un dispositivo ideal para trabajar con dispositivos IoT (ESP8266 todo lo que necesitas saber del módulo Wifi para Arduino).

Figura 3.6 Módulo Wifi



Descripción del módulo Wifi ESP8266, Fuente: Programarfacil.

3.7 Implementación del dispositivo del sistema IoT para monitorear el CO₂ del aire.

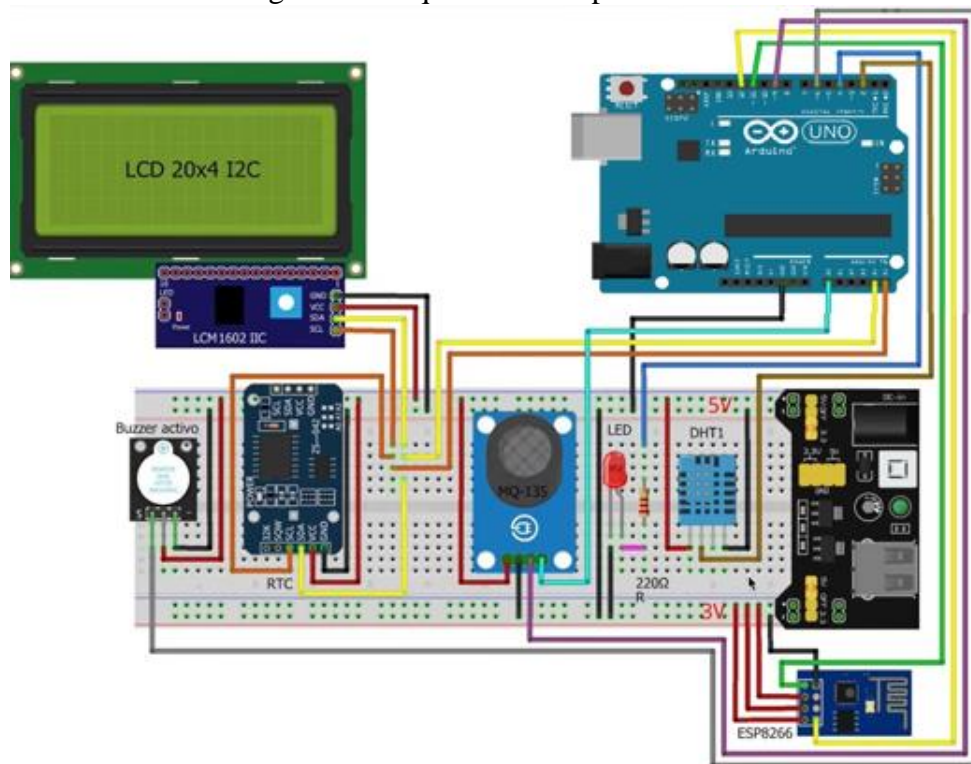
En este apartado se presenta el diagrama del circuito, el cual se debe seguir minuciosamente para que la implementación resulte satisfactoria. Así como el diseño de la placa PCB y el circuito implementado.

3.7.1 Circuito del dispositivo IoT para medir los niveles de CO₂

El circuito fue desarrollado en el software Fritzing, el cual es un software ideal para verificar el correcto desempeño del proyecto por medio de una simulación, debido a que es un programa destinado a que el diseño de un circuito sea realizado de una manera didáctica es la herramienta indicada para realizar este proyecto.

En la figura 3.7 se puede observar las respectivas conexiones y los componentes anteriormente descritos durante el transcurso del capítulo 3 que fueron utilizados en la implementación del dispositivo IoT.

Figura 3.7 Esquema del dispositivo IoT



Esquema del dispositivo IoT para monitorear los niveles de CO₂ en el aire, Autores: Andrea López, David Medina.

Tabla 3.1 Componentes y características parte 1

Componentes	Características
Arduino UNO	Microcontrolador: ATmega328P. Velocidad de reloj: 16 MHz. Voltaje de trabajo: 5V. Voltaje de entrada: 7,5 a 12 voltios. Pinout: 14 pines digitales (6 PWM) y 6 pines analógicos. 1 puerto serie por hardware. Memoria: 32 KB Flash (0,5 para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom
LCD 4x20 I2C	Voltaje de entrada: 5 V. Corriente de entrada: 125 mA. Potencia: 625 mW. Dispositivo base del módulo I2C: PCF8574. Dispositivo base de la LCD: HD44780. Dimensiones: 9.8 * 6 cm
MQ-135	Voltaje de operación: 5V DC Corriente de operación: 150mA Potencia de consumo: 800mW Tiempo de precalentamiento: 20 segundos Resistencia de carga: Potenciómetro (Ajustable) Detección de partes por millón: 10ppm~1000ppm Concentración detectable: Amoniaco, sulfuro, benceno, humo Concentración de oxígeno: 2%~21% Humedad de operación: <95%RH Temperatura de operación: -20°C~70°C
DS3231 RTC	Tensión de funcionamiento: 2,3 V – 5,5 V Puede operar con voltajes BAJOS Consume 500 nA en respaldo de batería Tensión máxima en SDA, SCL: VCC + 0,3 V Temperatura de funcionamiento: -45°C a +80°C
Módulo de zumbador activo KY-012	Tensión de funcionamiento: 3,5 V ~ 5,5 V Corriente máxima: 30mA / 5VCC Frecuencia de resonancia: 2500 Hz ± 300 Hz Salida de sonido mínima: 85 dB a 10 cm Temperatura de trabajo: -20°C ~ 70°C [-4°F ~ 158°F] Temperatura de almacenamiento: -30 °C ~ 105 °C [-22 °F ~ 221 °F] Dimensiones del tablero: 18,5 mm x 15 mm [0,728 pulg. x 0,591 pulg.]

Componentes y características del circuito del dispositivo IoT, Fuente: datasheets

Tabla 3.2 Componentes y características parte 2

Sensor de temperatura y humedad DHT11	<p>Voltaje de Operación: 3V - 5V DC Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C Precisión de medición de temperatura: ±2.0 °C Resolución Temperatura: 0.1°C Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH. Precisión de medición de humedad: 4% RH. Resolución Humedad: 1% RH Tiempo de sensado: 2 seg. Interface: Digital Serial</p>
Resistencia 220 ohm	<p>Potencia nominal: 0.5w. Tolerancia: 5% Tecnología: película de carbono. Terminación: axial</p>
Diodo LED	<p>Tipo: Diodo Emisor de Luz. Corriente de operación: 10 mA - 20 mA. Voltaje de Operación: 1.8 V - 3.8 V. Color: Rojo</p>
Fuente de alimentación DC	<p>Modelo: 0910 Voltaje de entrada: 100V - 240V AC (50/60Hz) Voltaje de salida: 9V DC Corriente de salida máx.: 1A Potencia máx.: 9W Eficiencia de salida: 80% Conector de salida: DC Plug 5.5mm x 2.1mm Longitud del cable: 90cm (aprox.) Temperatura de operación: -10° hasta +60°C</p>
Módulo Wifi ESP8266	<p>Memoria Flash: 1MB. WIFI @ 2.4 GHz, soporta WPA / WPA2. ADC integrado de 10 bit de precisión. Protocolo stack TCP/IP integrado. Potencia de salida: 802.11b mode + 19.5dBm STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO (Múltiple entrada, múltiple salida). Encendido y transferencia de paquetes < 2ms. El consumo de energía en espera es de menos de 1.0mW (DTIM3). Rango de temperatura de operación: -40 ~ 100 °C. Voltaje de alimentación: 3.3 V (Necesita de 300 a 400 mA de pico).</p>

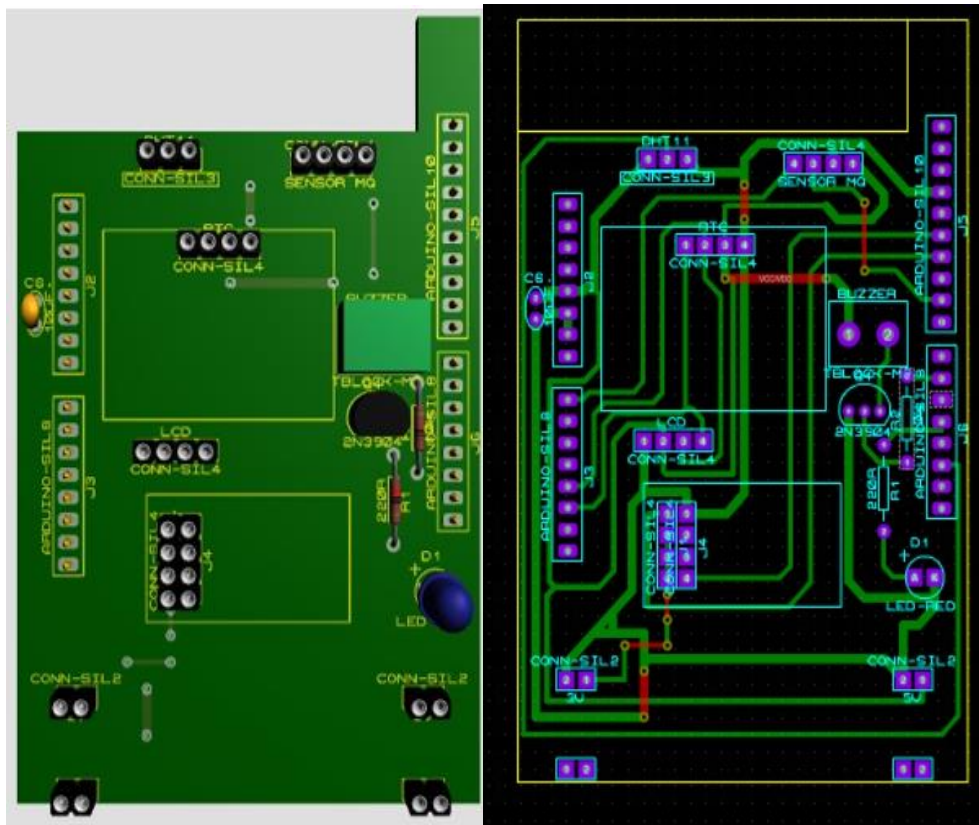
Componentes y características del circuito del dispositivo IoT, Fuente: datasheets

3.7.2 Diseño de la placa PCB

Para la implementación del dispositivo IoT es necesario el diseño de una placa PCB la cual posteriormente será impresa y es en donde será ensamblado el prototipo del dispositivo para medir los niveles de CO₂ en el aire.

El diseño se realizó en el software Proteus ya que es un programa que contiene herramientas que facilita el realizar el proceso, además que se cuenta con una familiaridad al momento de utilizar este programa por el hecho que es un software muy utilizado a lo largo de la carrera universitaria.

Figura 3.8 Placa de PCB



Diseño de la placa de PCB realizado en Proteus, Autores: Andrea López, David Medina

3.7.3 Estructura física del dispositivo

Una vez realizado el software de Arduino que controla los diferentes componentes del dispositivo, la simulación la cual corrobora que todo está trabajando adecuadamente y la placa de PCB en donde se colocará el hardware brindando un trabajo profesional. El resultado final se lo puede observar a continuación en la figura 3.9.

Figura 3.9 Estructura física del dispositivo



Dispositivo IoT para la medición de niveles de CO₂ implementado físicamente, Autores: Andrea López, David Medina

3.8 Diagrama de bloques

Para la elaboración del prototipo, se hizo uso de sensores encargados de la medición de variables de calidad del aire, los que se conectan directamente a un microcontrolador, en este caso un Arduino UNO a través de los puertos analógicos disponibles. Luego el Arduino envía los datos recolectados a través del módulo Wifi, que a su vez es el encargado de realizar la conexión con la base de datos de Google Sheets.

Figura 3.10 Diagrama de bloques

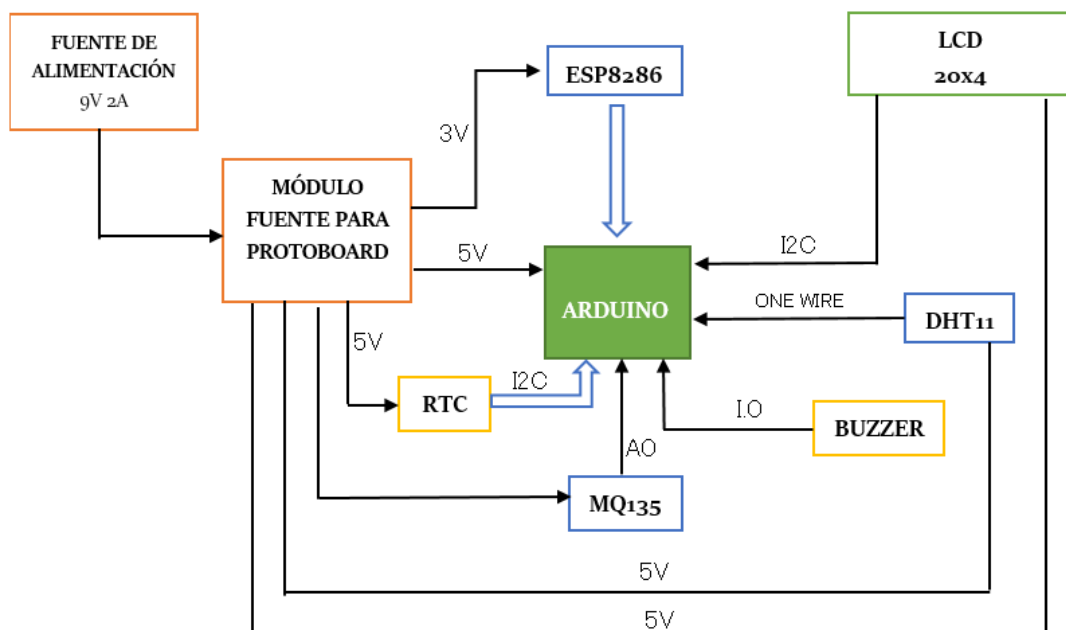


Diagrama de funcionamiento del dispositivo IoT, Autores: Andrea López, David Medina

3.9 Diagrama de flujo

En la figura 3.11 se puede observar los diferentes procesos que se cumplen al realizarse la medición de los niveles de CO₂, así como al momento de tomar los valores de la temperatura del ambiente, así como los datos de la humedad existente.

Figura 3.11 Diagrama de flujo del dispositivo IoT

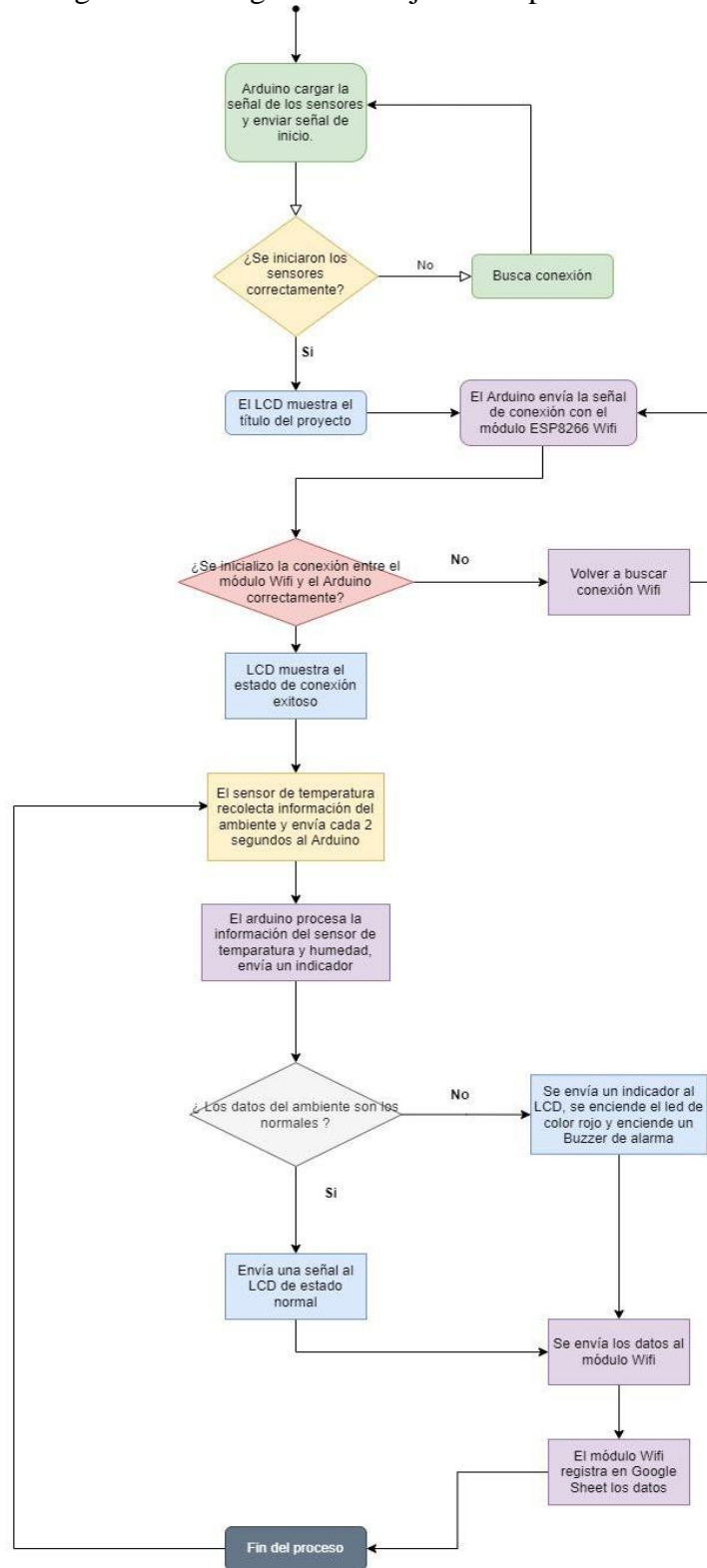


Diagrama de flujo del funcionamiento del circuito del dispositivo IoT, Autores: Andrea López, David Medina

CAPÍTULO 4

En el presente capítulo se expresarán los datos obtenidos como resultado de las mediciones realizadas en un entorno cerrado, así como los datos de las mediciones realizadas en la farmacia SANA SANA FR. EMILIO UZCATEGUI.

4.1 Presentación de datos

Se presentará la información de los datos obtenidos al momento de realizar las mediciones en los diferentes ambientes, es decir en un entorno cerrado y en un entorno abierto.

4.2 Datos de medición

Los datos obtenidos al momento de realizar las mediciones durante la prueba número 1 en un entorno cerrado, el 7 de enero del 2022 muestran los siguientes expresados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Datos de la prueba número 1

FECHA	NIVELES DE CO₂ (ppm)
January 7, 2022 at 03:39PM	1.02
January 7, 2022 at 04:04PM	1,04
January 7, 2022 at 04:04PM	1,5
January 7, 2022 at 04:28PM	1
January 7, 2022 at 04:30PM	0.71
January 7, 2022 at 04:30PM	0.71
January 7, 2022 at 04:30PM	0,38
January 7, 2022 at 04:31PM	0,21
January 7, 2022 at 04:31PM	0,26
January 7, 2022 at 04:34PM	0,26
January 7, 2022 at 04:34PM	0,26
January 7, 2022 at 04:36PM	0,61
January 7, 2022 at 04:38PM	0,21
January 7, 2022 at 04:40PM	26
January 7, 2022 at 04:40PM	1,65
January 7, 2022 at 04:40PM	0,15
January 7, 2022 at 04:41PM	0,23
January 7, 2022 at 04:41PM	0,021
January 7, 2022 at 04:44PM	4,23
January 7, 2022 at 04:45PM	4,61

Datos de la prueba número 1 obtenidos el 7 de enero del 2022, Autores: Andrea López, David Medina

La prueba número 2 fue realizada de igual manera en un ambiente cerrado con la diferencia que en el lugar destinado a la experimentación se realizó una concentración de humo de incienso para poder verificar la variación en los niveles de CO₂, las medidas se realizaron el 10 de enero del 2022.

Tabla 4.2 Datos de la prueba número 2

FECHA	NIVELES CO₂ (ppm)
January 10, 2022 at 11:28AM	1009,02
January 10, 2022 at 11:28AM	74,1
January 10, 2022 at 11:29AM	25,22
January 10, 2022 at 11:29AM	11,3
January 10, 2022 at 11:37AM	25,54
January 10, 2022 at 11:38AM	2,01
January 10, 2022 at 11:40AM	1,05
January 10, 2022 at 11:40AM	1,04
January 10, 2022 at 11:41AM	1,61
January 10, 2022 at 11:41AM	1
January 10, 2022 at 11:43AM	1
January 10, 2022 at 11:45AM	0,61
January 10, 2022 at 11:47AM	2,22
January 10, 2022 at 11:48AM	1,11
January 10, 2022 at 11:49AM	1,05
January 10, 2022 at 11:56AM	1

Datos de la prueba número 2 obtenidos con humo de incienso el 10 de enero del 2022, Autores: Andrea López, David Medina

El día 17 de enero del 2022 se realizó las pruebas de medición de niveles de CO₂ en un ambiente cerrado pero esta vez para llegar a niveles perjudiciales para la salud humana se utilizó gas de encendedor en la tabla 4.3 se puede observar altos valores debido a la concentración elevada de CO₂ existente en el entorno.

Tabla 4.3 Datos de la prueba número 3

FECHA	NIVELES CO₂ (ppm)
January 17, 2022 at 11:24AM	478
January 17, 2022 at 11:24AM	239
January 17, 2022 at 11:24AM	116
January 17, 2022 at 11:24AM	287
January 17, 2022 at 11:25AM	391
January 17, 2022 at 11:25AM	123
January 17, 2022 at 11:25AM	93
January 17, 2022 at 11:28AM	173
January 17, 2022 at 11:29AM	1444
January 17, 2022 at 11:30AM	106
January 17, 2022 at 11:33AM	157
January 17, 2022 at 11:39AM	1
January 17, 2022 at 11:55AM	0
January 17, 2022 at 11:58AM	12
January 17, 2022 at 11:58AM	9
January 17, 2022 at 12:00PM	3
January 17, 2022 at 12:00PM	3
January 17, 2022 at 12:04PM	67
January 17, 2022 at 12:06PM	26
January 17, 2022 at 12:06PM	19
January 17, 2022 at 12:07PM	18
January 17, 2022 at 12:07PM	12
January 17, 2022 at 12:08PM	134
January 17, 2022 at 12:08PM	1309
January 17, 2022 at 12:08PM	321
January 17, 2022 at 12:09PM	167
January 17, 2022 at 12:13PM	38
January 17, 2022 at 12:13PM	18363
January 17, 2022 at 12:14PM	30
January 17, 2022 at 12:24PM	26
January 17, 2022 at 02:20PM	126

Datos de la prueba número 3 obtenidos con gas de encendedor el 17 de enero del 2022, Autores: Andrea López, David Medina

Para finalizar, la última prueba de medición realizada fue el 22 de enero del 2022 en el lugar de implementación del dispositivo IoT para medir los niveles de CO₂ en el aire, es decir en la farmacia SANA SANA FR. EMILIO UZCATEGUI en la tabla 4.4

se evidencia los valores obtenidos, al ser un lugar amplio y ventilado los valores obtenidos son bajos lo que indica que es un ambiente adecuado para desempeñar actividades sin ningún inconveniente.

Tabla 4.4 Datos de la prueba número 4

FECHA	NIVELES CO₂ (ppm)
January 22, 2022 at 12:19PM	82
January 22, 2022 at 12:21PM	1,2
January 22, 2022 at 12:21PM	0,45
January 22, 2022 at 12:23PM	0,56
January 22, 2022 at 12:24PM	0,67
January 22, 2022 at 12:24PM	0,61
January 22, 2022 at 12:25PM	0,34
January 22, 2022 at 12:32PM	0,44
January 22, 2022 at 12:34PM	0,35
January 22, 2022 at 12:34PM	0,37
January 22, 2022 at 12:36PM	0,87
January 22, 2022 at 12:36PM	0,81
January 22, 2022 at 12:40PM	0,72
January 22, 2022 at 12:40PM	0,78
January 22, 2022 at 12:41PM	0,91
January 22, 2022 at 12:42PM	0,93
January 22, 2022 at 12:45PM	1,39
January 22, 2022 at 12:45PM	0,99
January 22, 2022 at 12:45PM	1,13
January 22, 2022 at 12:48PM	0,64
January 22, 2022 at 12:48PM	0,7

Datos de la prueba número 4 obtenidos en la farmacia SANA SANA FR. EMILIO UZCATEGUI el 22 de enero del 2022, Autores: Andrea López, David Medina

4.3 Presupuesto

En esta sección, se detalla el presupuesto usado en la elaboración del proyecto, el cual está dividido en costo de hardware, costo de software, costo de recursos humanos y costo total del proyecto.

4.3.1 Costo de hardware

Se decidió por adquirir materiales para la implementación de un solo dispositivo IoT, los cuales están detallados en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Costo de materiales

Material	Valor \$
Arduino UNO	10
LCD	7
MQ-135	6
DS3231 RTC	5
Buzzer activo	2
Resistencia 220 ohm	0,10
LED	0,15
Conectores	1
Fuente de 9v	5
Modulo wifi	11
Placa PCB fibra	7,50
Corte laser-Acrílico	19
Total	73,75

Costo de materiales, Autores: Andrea López, David Medina

4.3.2 Costo de software

En esta sección se detalla el presupuesto que fue necesario al momento de adquirir el software utilizado para la elaboración del proyecto.

El Software necesario para la programación del dispositivo es de libre acceso, es decir no tiene costo alguno, por esa razón el presupuesto empleado para el software es de cero dólares y cero centavos.

4.3.3 Costo de recursos humanos

El costo de recurso humano se refiere al número de horas empleadas en el progreso del proyecto. En la elaboración del proyecto intervinieron dos personas las cuales fueron las encargadas del desarrollo del prototipo, análisis de costos y pruebas del

dispositivo. Según datos indicados en el ministerio del trabajo del Ecuador, el costo por una hora de trabajo de un ingeniero electrónico es de \$2,69.

Tabla 4.6 Costos de recursos humanos.

Concepto	Horas	Costo/Hora \$	Costo total \$
Desarrollador 1	127	2,69	341,63
Desarrollador 2	127	2,69	341,63
TOTAL			683,26

Desglose del costo de recursos humanos, Autores: Andrea López, David Medina

4.3.4 Costo total del proyecto

En la presente sección se muestra el detalle total del costo del proyecto, es decir la suma de los diferentes gastos, indicado a lo largo del apartado 4.3 del capítulo 4. Así también se adjuntan gastos pertenecientes a servicio de internet, luz, transporte, entre otros que serán englobados en gastos generales.

Tabla 4.7 Costo total

Concepto	Precio \$
Costo de hardware	73,75
Costo de software	0
Costo de recursos humanos	683,26
Costos generales	40
TOTAL	797,01

Costo total del proyecto, Autores: Andrea López, David Medina

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Se implementó un dispositivo IoT para monitorear los niveles de CO₂, realizando una opción que ayudará a la farmacia SANA SANA FR. EMILIO UZCATEGUI a cuantificar los niveles de CO₂ existentes en el ambiente, así como llevar un registro en tiempo real de los datos obtenidos enviando la información por medio de Wifi, para prevenir posibles malestares y enfermedades en el ser humano.

La accesibilidad a internet hoy en día brinda beneficios como el de poder enviar información en tiempo real a diferentes plataformas utilizadas para realizar registro de datos, sumada la versatilidad proporcionada por la tecnología Wifi. Ofrece comodidad de operación, en el caso del presente proyecto del dispositivo IoT para monitorear los niveles de CO₂ en el aire, aprovecha la oportunidad que presenta el Wifi de cubrir grandes áreas sin que sea necesario utilizar cables para que la visualización de los datos recopilados de manera fácil y amigable con el usuario.

En la sección 3.1.1 del capítulo 3 se indica que el sensor MQ135 tiene una sensibilidad del 85% sobre diversos gases, entre los cuales el dióxido de carbono, la sensibilidad del transductor lo hace óptimo para la implementación en el dispositivo IoT, acotando que su capacidad para captar otros gases tóxicos para la salud lo hace una excelente opción en caso que se desee seguir mejorando el proyecto.

Mediante la comparativa realizada al momento de analizar los dispositivos existentes en el mercado, se decidió implementar un prototipo el cual integre la transmisión de datos por medio de Wifi instaurado en el medidor CO2Panel y la captación de diferentes variables de la calidad del aire como el CO₂, temperatura y humedad establecido en el medidor Dioxcare PDF. Como se puede observar en el circuito del capítulo 3 y las tablas del capítulo 4 se llevó a cabo de manera exitosa.

En la tabla 4.2.3 cuyos datos son los pertenecientes a las pruebas realizadas en la farmacia SANA SANA FR. EMILIO UZCÁTEGUI los cuales muestran niveles muy bajos de CO₂, la concentración más alta registrada en la farmacia es de 82 ppm lo que indica que la farmacia cuenta con excelente ventilación y calidad de aire adecuada.

En la tabla 4.2.2 se puede observar un valor sumamente elevado de 18363 ppm, este valor es perteneciente al gas de un encendedor el cual fue captado durante un tiempo prolongado para indicar que el sensor es apto para detectar niveles muy altos de CO₂.

En cuanto al presupuesto necesario para realizar el dispositivo IoT tiene un valor de \$797,01 por unidad, lo cual con relación a los dispositivos existentes en el mercado mencionados en el capítulo 2 es un valor excesivo y no llegaría a ser competitivo en ventas.

La recepción y envío de datos mediante Wifi quedó demostrada al verificar los datos registrados en la hoja de cálculo de Google, los cuales fueron captados por el dispositivo IoT y enviados por el mismo para realizar el registro, el cual brinda beneficios como un constante monitoreo de los niveles de CO₂ calificando la calidad del aire en el ambiente.

En la actualidad la tecnología es una parte importante del diario vivir, por este motivo es necesario implementar sensores al momento de fabricar equipos cuyo enfoque es el IoT en específico el monitorear variables físicas y químicas como los niveles de CO₂, la temperatura y humedad existentes en un ambiente cerrado, las cuales son importantes para el confort de los trabajadores al momento del desempeño de labores tanto mentales como físicas.

RECOMENDACIONES

Para un mejor desempeño del dispositivo es preferible utilizar sensores electroquímicos. Puesto que por su período de precalentamiento incita el aumento en la sensibilidad de los sensores y como consecuencia la fiabilidad de los datos obtenidos.

Cuando se trabaja con el prototipo es recomendable utilizar dos fuentes de voltaje para energizar el dispositivo una fuente de 3V para alimentar el módulo de ESP8266 Wifi y una de 5V para la alimentación del Arduino y los sensores.

Se recomienda ubicar el dispositivo en un lugar elevado aproximadamente 4m de altura en el techo del establecimiento, debido a que como los gases tienden a subir, el que el dispositivo se encuentre en una posición elevada ayudaría que la medición se realice de mejor manera con respecto a si se encontrara ubicado en un lugar bajo.

REFERENCIAS

- akribis*. (s.f.). Obtenido de <https://www.akribis.info/web/cuanto-afecta-co2-la-productividad-los-equipos-trabajo>
- Alonso, R. (20 de Septiembre de 2021). *hardzone*. Obtenido de <https://hardzone.es/reportajes/que-es/internet-cosas-iot/>
- ARDUINO.cl*. (s.f.). Obtenido de <https://arduino.cl/programacion/>
- ArduinoModules*. (15 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://arduinomodules.info/ky-012-active-buzzer-module/>
- Asp asepsia*. (s.f.). Obtenido de <https://www.aspozono.es/que-es-el-ozono.asp>
- CeMCAQ Centro de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro*. (s.f.). Obtenido de <http://www.cemcaq.mx/contaminacion/bioxido-de-nitrogeno-no2>.
- CO2panel*. (s.f.). Obtenido de <http://www.co2panel.com/manual/Catalogo%20CO2Panel%20PI.pdf>
- Components101*. (27 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://components101.com/modules/ds3231-rtc-module-pinout-circuit-datasheet>
- Datademia. (s.f.). *Datademia*. Obtenido de <https://datademia.es/blog/que-es-google-sheets>
- Estrada Marmolejo, D. (s.f.). *Herramientas Tecnológicas Profesionales (HETPRO)*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/>
- Fedtke, J., & Oliver, D. (2007). *Human Rights and the Private Sphere vol 1*. Londres. doi:10.4324/9780203944974
- INSHT. (Marzo de 2015). *Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo /INSST*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/96076/lugares.pdf/7bd724be-cf42-42aa-a12e-30aee39c6884>

- La contaminación del aire y los riesgos para la salud – Todo lo que tienes que saber. (s.f.). *Sector asegurador*. Obtenido de <https://www.sectorasegurador.es/contaminacion-aire-riesgos-para-la-salud/mouser>. (s.f.). Obtenido de <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>
- Organización Mundial de la Salud*. (2021). Obtenido de [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)
- PAEE*. (3 de Octubre de 2018).
- Programarfacil*. (s.f.). Obtenido de <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>
- Protect Soiart Distribucion*. (s.f.). Obtenido de <https://protect.soiartdistribucion.com/producto/medidor-detector-de-co%e2%82%82-dioxcare/>
- Querol, X. (2008). Calidad del aire, partículas en suspensión y metales. *Scielo*, 447-453. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272008000500001
- Rosa, Mosso, & Ullán. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*, 375-402. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A>
- TECmikro*. (s.f.). Obtenido de <https://tecmikro.com/led-lcd/182-pantalla-lcd-20x4.html>
- Valls, M., & Prats, X. (2011).
- Vargas, F. A., & Rojas, N. Y. (2010). Chemical composition and mass closure for airborne particulate matter in Bogotá. *Scielo*, 30, 105-115. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-56092010000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=en

Waveshare. (s.f.). Obtenido de <http://www.waveshare.com/mq-135-gas-sensor.htm>

ANEXOS

ANEXO 1

Especificaciones técnicas de Dioxcare PDF

Precisión	± 1 °C (± 2 °F).
Rango de medición	
Concentración de CO ₂	0 a 9999 ppm.
Temperatura de CO ₂	-20 ~ 60 °C (-4 ~ 140 °F).
Humedad	± 2% HR (20 ~ 80% HR)
Tipos fuente de alimentación	
Batería	3,7 V recargable (ion de litio de 2200mAh)
Cable USB	Tipo C, conectado a una fuente de 5V
Pantalla	
Brillo	4 niveles 25%, 50%, 75% y 100%
TFT	3.2 pulgadas

Fuente: <https://protect.soiartdistribucion.com/producto/medidor-detector-de-co%E2%82%82-dioxcare/>

ANEXO2

Características técnicas del CO2Panel PI

Tipo de sensor	NDIR
Rango de medición de concentración de CO ₂	0-5000ppm.
Fuente de alimentación	5V - 2A
Tiempo de medición	1minuto (envió de datos al servidor)
Interfaz Gráfica	Led RGB , 7 niveles de intensidad.
Conexión a internet	Vía Wifi
Rango de operación de humedad	0% - 85%

Fuente: <https://kipmion.com/wp-content/uploads/2021/05/Catalogo-CO2Panel-PI.pdf>

ANEXO3

Especificaciones técnicas de MQ-135

Voltaje de trabajo	5 V
Corriente de operación	150mA
Potencia de consumo	800mW
Doble salida	Salida analógica y salida de nivel TTL
Alta sensibilidad	Amoníaco (NH ₃), Óxidos de nitrógeno (NO ₂), Alcohol, Sulfuros, Benceno (C ₆ H ₆), Monóxido de carbono (CO), humo y otros gases nocivos.
Rango de detección	10-1000ppm
Humedad de operación	<95%RH
Temperatura de operación	-20°C~70°C

Fuente: <http://www.waveshare.com/mq-135-gas-sensor.htm>

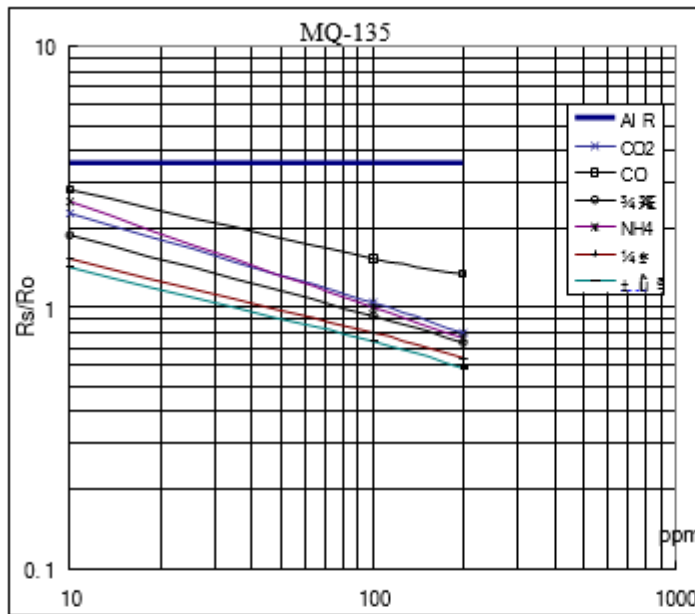


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20 Humidity: 65% O₂ concentration 21% RL=20kΩ Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air. Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

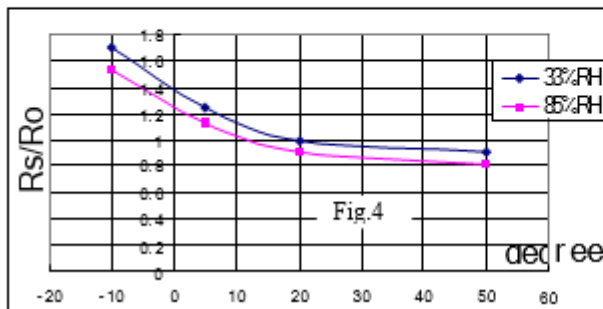


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree. Rs: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

ANEXO 4

Especificaciones del sensor DHT11

Fuente de alimentación	3 – 5,5 VCC
Medición Distancia	20-90% de humedad relativa 0-50°C
Humedad Precisión	±5%Rh
Temperatura Precisión	±2°C
Tiempo de respuesta	6s-30s

Fuente: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>

ANEXO 5

Especificaciones técnicas de RTC

Precisión	+ 2ppm a -2ppm para 0°C a + 40°C + 3,5ppm a -3,5ppm para -40°C a + 85°C
Voltaje de funcionamiento	2,3 V - 5,5 V
Temperatura de funcionamiento	-45°C a + 80°C
Sensor de temperatura digital	± 3°C
Alarmas	2 de hora del día
Interfaz I2C	400 kHz
Consumo de energía	Bajo
Batería de respaldo CR2032	vida útil de dos a tres años

Fuente: <https://components101.com/modules/ds3231-rtc-module-pinout-circuit-datasheet>

ANEXO 6

LCD 20x4

Features

- 5×8 and 5×10 dot matrix possible
- Low power operation support:
 - 2.7 to 5.5V
- Wide range of liquid crystal display driver power
 - 3.0 to 11V
- Liquid crystal drive waveform
 - A (One line frequency AC waveform)
- Correspond to high speed MPU bus interface
 - 2 MHz (when $V_{CC} = 5V$)
- 4-bit or 8-bit MPU interface enabled
- 80×8 -bit display RAM (80 characters max.)
- 9,920-bit character generator ROM for a total of 240 character fonts
 - 208 character fonts (5×8 dot)
 - 32 character fonts (5×10 dot)

HD44780U

- 64×8 -bit character generator RAM
 - 8 character fonts (5×8 dot)
 - 4 character fonts (5×10 dot)
- 16-common \times 40-segment liquid crystal display driver
- Programmable duty cycles
 - 1/8 for one line of 5×8 dots with cursor
 - 1/11 for one line of 5×10 dots with cursor
 - 1/16 for two lines of 5×8 dots with cursor
- Wide range of instruction functions:
 - Display clear, cursor home, display on/off, cursor on/off, display character blink, cursor shift, display shift
- Pin function compatibility with HD44780S
- Automatic reset circuit that initializes the controller/driver after power on
- Internal oscillator with external resistors
- Low power consumption

Fuente: <https://www.futurlec.com/LED/LCD16X2BLa.shtml>

ANEXO 7

ESP8266 Wifi

Categories	Items	Parameters	
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance	
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)	
	Frequency Range	2.4 GHz – 2.5 GHz (2400 MHz – 2483.5 MHz)	
	TX Power		802.11 b: +20 dBm
			802.11 g: +17 dBm
			802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity		802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)	
		802.11 n: -72 dbm (MCS7)	
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip		
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor	
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control	
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button	
	Operating Voltage	2.5 V – 3.6 V	
	Operating Current	Average value: 80 mA	
	Operating Temperature Range	-40 °C – 125 °C	
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)	
External Interface	-		
Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station	
	Security	WPA/WPA2	
	Encryption	WEP/TKIP/AES	
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)	
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming	
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP	
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App	

Fuente: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf

ANEXO 7

Especificaciones del Módulo de zumbador

Tensión de funcionamiento	3,5 V ~ 5,5 V
Corriente máxima	30 mA / 5 V CC
Frecuencia de resonancia	2500 Hz \pm 300 Hz
Salida de sonido mínima	85dB a 10 cm
Temperatura de trabajo	-20 ° C ~ 70 ° C [-4 ° F ~ 158 ° F]
Temperatura almacenamiento de	-30 ° C ~ 105 ° C [-22 ° F ~ 221 ° F]
Dimensiones	18,5 mm x 15 mm [0,728 pulgadas x 0,591 pulgadas]

Fuente: <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/BuzzerActivo.pdf>