



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# DISEÑO DE UN PICO SATÉLITE CANSAT PARA LA PREDICCIÓN DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO) EN LA UNIVERSIDAD LIBRE, SEDE EL BOSQUE

## *Design of a cansat picosatellite for the prediction of carbon monoxide (CO) at the Universidad Libre, el Bosque Campus*

JAIME ALFONSO LEMUS CASAS<sup>1</sup>, MARÍA ALEJANDRA SAAVEDRA POLANCO<sup>2</sup>,  
RICARDO ANDRES SANTA QUINTERO<sup>3</sup>

Recibido: 28 de noviembre de 2023. Aceptado: 12 de enero de 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2024.v11.n21.a150>

### RESUMEN

Esta investigación, tiene como objetivo, diseñar el hardware para un pico satélite CANSAT para la predicción del monóxido de carbono (CO del aire) en la Universidad Libre sede El Bosque identificando así sensores necesarios para llevar a cabo, la recolección de los datos, mediante los cuales, se busca establecer los niveles de contaminación por CO en las diferentes zonas de la universidad anteriormente mencionada.

Asimismo, los requerimientos funcionales y no funcionales definidos hacen que la selección de sensores, la placa de control, el sistema de comunicación, así como el sistema de potencia requieran un análisis detallado y un modelo de verificación de requerimientos por casos de uso que involucre mediciones cuantitativas, cualitativas y de máximos y mínimos teóricos.

**Palabras clave:** Hardware; CANSAT; monóxido de carbono; picosatelite; predicción.

### ABSTRACT

This research aims to design the hardware for a CANSAT picosatellite for the prediction of carbon monoxide (CO) in the air at the Libre University El Bosque campus. The goal is to identify the necessary sensors to collect data and establish the levels of CO pollution in different areas of the mentioned university.

Additionally, the defined functional and non-functional requirements necessitate a detailed analysis for the selection of sensors, control board, communication system, and power system. A requirements verification model based on use cases involving quantitative and qualitative measurements, as well as theoretical maximum and minimum values, is also required.

**Keywords:** Hardware; CANSAT; carbon monoxide; picosatellite; prediction.

## I. INTRODUCCIÓN

LA CONTAMINACIÓN del aire es una de las problemáticas ambientales con mayor impacto dentro de la sociedad actual. Esta situación es estrechamente relacionada con el consumismo y la sobrepoblación. Se ocasiona debido a un uso des-

medido de diferentes recursos naturales, los cuales, por medio de diversos procesos industriales, son transformados en un producto o servicio son consumidos por la sociedad, generando de esta forma, emisiones de diversos contaminantes del aire, entre ellos el monóxido de carbono (CO). Algunas de estas actividades económicas o

1 Estudiante de Ingeniería de sistemas, Universidad Libre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9280-6834> Correo electrónico: jaimea-lemusc@unilibre.edu.co

2 Estudiante de Ingeniería de sistemas, Universidad Libre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0163-2854> Correo electrónico: mariaa-saavedrap@unilibre.edu.co

3 Magister en tecnologías digitales aplicadas a la educación. Especialista en Gerencia de proyectos de Sistemas. Ingeniero de sistemas. Docente de ingeniería de sistemas, Universidad Libre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8399-2425> Correo electrónico: ricardo.a.santaq@unilibre.edu.co

productos de transformación que contribuyen a la emisión de este gas son: El transporte, este se debe al consumo de combustibles fósiles[1]. Los procesos industriales los cuales se derivan, principalmente, de la transformación de productos y manufactura[2]. Adicional a estos, la obsolescencia tecnológica planificada junto con el desperdicio y descarte, se encuentran estrechamente relacionados a los procesos industriales, ya que los productos tienen una vida útil corta, contribuyendo así a la sobre demanda de este[3][4].

En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2015, presento al mundo una agenda global, la cual consiste en 17 objetivos de desarrollo sostenible, los cuales contienen metas específicas a ser logradas hasta el 2030. Este proyecto, trabaja sobre los objetivos 3 y 11, los cuales describen en sus metas 9 y 6, la reducción de fallecimientos con productos/sustancias químicas dañinas, la contaminación del aire, reducción del impacto ambiental en áreas urbanas con énfasis en la calidad del aire[5].

De la misma forma Duran, en su libro sobre la expansión del capitalismo global, muestra un estudio detallado con respecto a los efectos de este en la biosfera, explicando que la tierra está sufriendo, no solo transformaciones físicas, si no ambientales las cuales pueden llegar a afectar la vida del modo que la conocemos. Esto es ocasionado por las diversas actividades industriales, agricultura intensiva, consumismo de las masas, emisiones de gases contaminantes, entre otros. Lo que ha generado que la biosfera llegue al límite de su regeneración. Entre 1970 y 2005, por contaminantes resultantes de diversas actividades del ser humano, provocó un colapso que hizo que se perdiera alrededor del 30% de la biodiversidad de la tierra[6].

Por lo cual se plantea diseñar un Pico Satélite CANSAT, enfocando este trabajo en el diseño teórico e implementación de los diversos sensores que este contendrá, debe contener un diseño estructural, así como una integración en una plataforma de código abierto Arduino, mediante la cual los resultados deben ser visualizados en consola y así mismo implementados para que los datos obtenidos sean enviados a la base de datos de Google llamada Firebase, y allí se logre visualizar en una página web donde la comunidad académica y los interesados puedan acceder a la información.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Basado en el contexto anterior, La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, establece que, al entrar en contacto con el aire, el CO permanecerá en la atmosfera durante aproximadamente 2 meses, tiempo durante el cual, todas las personas se encontraran expuestas a múltiples efectos en la salud, que este produce, los cuales pueden ir desde daños en el corazón o los pulmones, hasta ocasionar la muerte, cabe resaltar que, si la persona sufre de enfermedades cardiacas o respiratorias, se puede generar un mayor efecto en la salud. De la misma forma, aseguran que durante las horas en las que aumente el tráfico, o este sea más denso, los niveles de contaminación por dicho gas serán mayores, ya que una de las principales Fuentes de producción de CO es la combustión de hidrocarburos cuyos residuos son expulsados por los tubos de escape de los diferentes automóviles[7].

De igual forma Vargas Reyna y Rodríguez, llevaron a cabo una investigación, para la Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, la cual se basó en establecer una relación, entre los trastornos otoneurológicos y cardiovasculares con una intoxicación por monóxido de carbono, en el ambiente laboral. Este estudio se realizó utilizando métodos de estudio transversales y analíticos de un conjunto de asaderos, los cuales empleaban leña y carbón para cocinar. Además, mencionan que se estudiaron 54 trabajadores, de los cuales el 57% eran hombres y el 43% mujeres. De la misma forma, no se incluyeron trabajadores que tienen o tuvieron antecedentes de cardiopatías isquémicas. Este estudio revelo una notoria relación de causa y efecto entre los trastornos anteriormente mencionados y la exposición de cada uno de los trabajadores investigados al monóxido de carbono (CO)[8].

Asimismo, Zamora, Sáenz, Matute y Rupert, redactaron un artículo de revisión denominado Efectos Ambientales Ocasionados por Emisión de Gases Tóxicos en los Servicios de Transporte Público. Este artículo se realizó en la provincia de Manabí, en Guayaquil Ecuador. En el cual, por medio de una detallada recopilación de bibliografía acerca del Monóxido de Carbono (CO), llegaron a denominarlo: CO un asesino silencioso. Escriben, que no es posible llegar a percibirlo. Con relación a esto, citan algunas de las consecuencias

que este puede ocasionar, destacando que dependen de los niveles a los que la persona sea expuesta, de la misma forma relacionan que el tiempo en el que se presentan los síntomas también dependerá de la cantidad de gas inhalado[9].

De acuerdo con lo mencionado por Naranjo, durante su investigación titulada Las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector transporte, los vehículos automotores, sin excepción alguna, corresponden a una de las principales Fuentes de producción de los gases anteriormente mencionados, debido a que como su nombre lo indica poseen motores de combustión de hidrocarburos, como la gasolina o el diésel, empleados para generar energía, liberando así diferentes tipos de gases contaminantes, en especial el monóxido de carbono o CO[10].

Adicionalmente, en la ciudad de Bogotá, en especial en las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Téllez, Rodríguez y Fajardo, redactaron un artículo para la Revista de Salud Pública, denominado Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental, el cual habla acerca de los principales productores de este gas, múltiples estudios experimentales, tanto en animales como en humanos, obteniendo diversos efectos adversos que pueden llegar a presentar después de una exposición a este, que pueden ir desde alteraciones cardiovasculares y neuropsicológicas[11].

También en la ciudad de Bogotá, pero en este caso, en la facultad de enfermería de la Pontificia Universidad Javeriana, Bobadilla y Orozco, llevaron a cabo una revisión bibliográfica, denominada Descripción de los Efectos a la Salud por Exposición Ocupacional al Monóxido de Carbono, en la cual mencionan que se estudiaron alrededor de 15 artículos que contienen información acerca de los efectos casados por la exposición a altos niveles de este gas en el ámbito laboral, haciendo énfasis en profesiones como bomberos, cocineros y trabajadores que se encuentren en contacto con motores diésel o a gasolina, concluyendo así, que es de suma importancia realizar más investigaciones enfocadas en establecer las consecuencias en las salud producidas por el CO[12].

En este sentido, se plantean características deseables, para el buen funcionamiento del pico sa-

télite, como la disponibilidad de los materiales, su compatibilidad y su peso y tamaño, asimismo, se establecen algunas limitaciones presentes al momento de desarrollar el proyecto, como lo son las limitaciones de presupuesto, afectando la elección de los diferentes componentes y en las mediciones proporcionadas, de tiempo, recurso humano, de información, debido a la escasa documentación de proyectos similares.

### III. OBJETIVOS

#### *Objetivo general*

Diseñar un pico satélite CANSAT para la predicción del monóxido de carbono (CO del aire) en la Universidad Libre sede El Bosque.

#### *Objetivos específicos*

- Analizar las características adecuadas para la selección de sensores que permitan el monitoreo de los factores ambientales en monóxido de carbono.
- Diseñar el prototipo CanSat de acuerdo con los componentes seleccionados.
- Validar el funcionamiento del CanSat mediante pruebas de concepto, lo que incluye la transmisión de datos, funcionamiento y visualización de los datos.

### IV. JUSTIFICACIÓN

Según lo expuesto en el planteamiento del problema, el Monóxido de Carbono es una de las problemáticas que más alerta, no solo a los colombianos, sino también a la población en general. Este gas incoloro genera diversas afecciones como, dolor de cabeza, náuseas, dolor en el pecho y en el caso de que un individuo sea expuesto por un tiempo prolongado a este puede llegar a ocasionar la muerte, por este motivo se le considera como un asesino silencioso, solo en Colombia para el año 2015, se evidencio una alarmante cifra en la que el 1.5% de los decesos ocurridos en el territorio, fueron debido a la intoxicación por este tipo de gas, es decir, se produjeron 8.052 fallecimientos por causa del monóxido de carbono, una cifra alarmante[13][14].

Este proyecto se ha planteado diseñar y construir un pico satélite, mejor conocido como CANSAT, definido por La Universidad Nacional Autónoma de México, como una iniciativa de algunas agencias aeroespaciales estadounidenses y europeas, la cual consiste en diseñar un dispositivo electrónico, que simula el comportamiento de un satélite, cabe resaltar, que todos los componentes deben estar ubicados en un envase del tamaño de una lata de refresco, 11.5 cm de alto, 6.6 cm de diámetro. Adicionalmente, su peso para las diversas competencias no debe sobrepasar los 300g[15]. En este documento se propone el diseño de un CANSAT con el objetivo de determinar cuáles deben ser los componentes para establecer la calidad del aire dentro de la Universidad Libre, sede el bosque, midiendo los niveles de monóxido de carbono, presentes en sus instalaciones.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Sistema informático

Como la era tecnológica sea visto en auge en los últimos años, la mayoría de las empresas que ofrecen algún servicio tecnológico comenzaron a preocuparse por la calidad de sus sistemas informáticos. Sin embargo, es necesario definir que es un sistema informático. Según J. Chavez, se le llama al conjunto del hardware, aquellas componentes tangibles y al Software, que es aquello que no se puede cuantificar físicamente[16].

Al mismo tiempo los sistemas informáticos pueden tener distintas características, entre las cuales se encuentran el Almacenamiento y procesamiento de información, donde el software y el hardware interactúan, para completar las tareas encargadas, igualmente, un sistema informático, tiene la capacidad de automatizar procesos, delegar diferentes actividades a cada una de las áreas correspondientes y en algunos casos reducir costos dentro de una organización[17].

Los sistemas informáticos no solo se deben ver como Hardware y Software, por lo que J. G. Delgado menciona, que un sistema informático o SI, debe entenderse como una visión abstracta, de las personas, que han desarrollado un proyecto tecnológico, resolviendo los requerimientos de sus usuarios, estableciendo 5 pasos fundamentales para

llevar a cabo la creación de un SI, como crear su infraestructura, el trabajo en equipo de los programadores y sus jefes, la intervención del equipo de despliegue, la participación del área de documentación, que como su nombre lo indica, es el encargado de realizar toda la documentación del sistema, como los manuales de usuario y finalmente su puesta en producción[18].

### B. Precisión y exactitud

La exactitud se define como la encargada de medir cuanto se aproximan los resultados al valor verdadero, y precisión, se refiere a medir cuanto se aproximan los resultados entre sí[19].

### C. Características del diseño

Este diseño tiene como características principales la descentralización, la seguridad la disponibilidad[20].

## VI. MARCO METODOLÓGICO

### A. Tipo de investigación

El presente proyecto se contextualiza dentro de una investigación aplicada, donde se busca una ampliación del conocimiento dentro del campo, midiendo la calidad del aire con CANSAT, en específico la variable ambiental del monóxido de carbono. Adicionalmente, la relevancia de este proyecto radica en las pocas investigaciones que existen actualmente sobre este tema. De igual forma, el enfoque principal de este proyecto se basa en mostrar la recopilación bibliográfica sobre los diversos componentes para su posterior aplicación dentro de la Universidad Libre.

### B. Modelo operativo

El modelo operativo se constituye en los requerimientos de más alto nivel. Según J. F. Robayo Ramirez, F. A. Simanca Herrera y R. A. Santa Quintero, se debe utilizar la norma ISO 25010 para el modelo de CanSat, el cual hace referencia a las 5 características principales las cuales son Confidencialidad, Integridad, No repudio, Autenticidad y Responsabilidad dentro de los sistemas[21]. Por lo cual en la Fig. 1, se muestra una visión global del modelo operativo del proyecto, este consiste

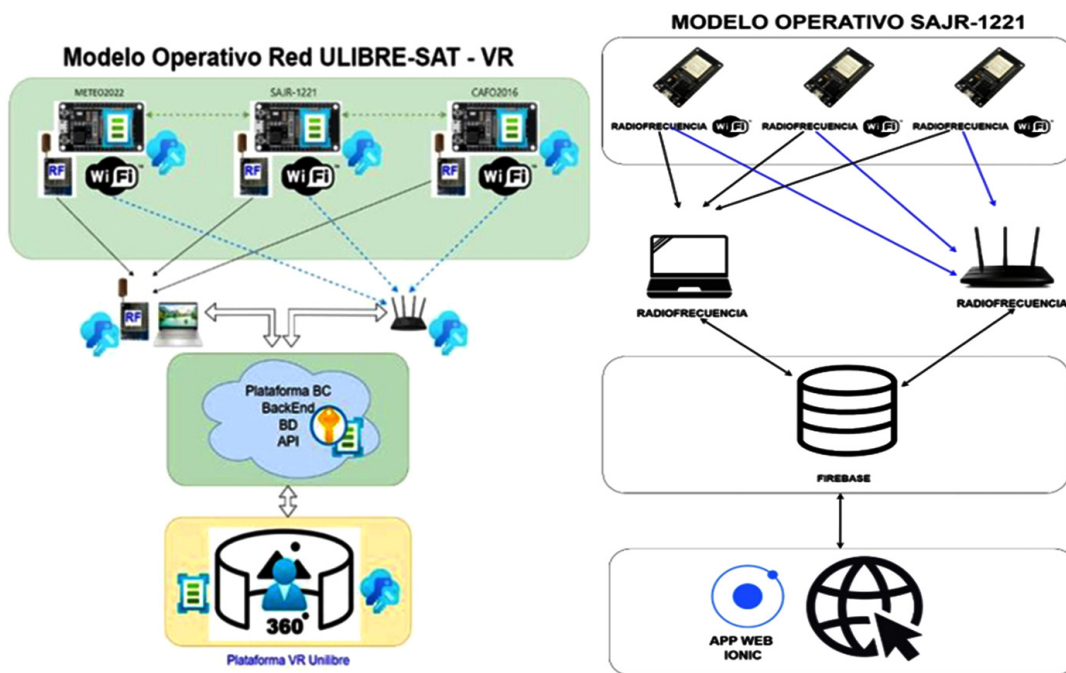


Fig. 1. Modelo Operativo SAJAR-1221 basado en Red Ulibre-SAT-VR[21]

en 3 capas, el primero son los CanSat, estos por medio de wifi o radiofrecuencia, envían la información a la base terrena. Allí, los datos se envían al backend y la tercera capa es la capa de presentación la cual para este proyecto consiste en una aplicación web la cual se encarga de visualizar los datos. Sin embargo, para el artículo citado es una visualización por medio de realidad aumentada, que no aplica para el presente proyecto, así mismo de la adaptación para este modelo.

## VII. MATERIALES

### A. Selección de materiales

Para seleccionar los materiales ideales para dar respuesta los objetivos planteados, fue necesario establecer una tabla de selección y calificación de materiales, en la cual se evalúan, las diferentes opciones, de acuerdo con las características deseables y la disponibilidad de este en el mercado.

De acuerdo con la tabla I, el componente seleccionado fue la Board Nodemcu Wifi Wemos Lolin32 basado en Esp32, ya que gracia a su tecnología Wifi, radiofrecuencia y Bluetooth. Este componente es el

Tabla I. Selección del Módulo ESP32

Características deseables	ESP32	Arduino Uno
Disponibilidad en el mercado colombiano	X	X
Almacenamiento de los datos obtenidos	X	X
Valor en el mercado	X	X
Peso y tamaño adecuado para competencias	X	

encargado de establecer la comunicación entre los diferentes sensores, mediante el almacenamiento de la codificación del proyecto, adicionalmente, tiene la función de regular la energía necesaria para cada uno de los componentes[22]. El componente se puede observar en la Fig. 2.

De acuerdo con la tabla II, el componente seleccionado fue el Módulo Sensor MQ-135, ya que este detecta los niveles de contaminación de diversos gases presentes en el aire como el amoníaco, alcohol, benceno y la variable que fundamenta esta investigación, la cual es el monóxido de carbono, etc[23]. El componente se puede observar en la Fig. 3.



Fig. 2. Wemos Lolin32 basado en Esp32.[22]



Fig. 3. Módulo Sensor MQ 135[23]

Tabla II. Selección del Módulo Sensor MQ-135

Características deseables	Módulo Sensor MQ-135	Módulo Sensor MQ-2
Disponibilidad en el mercado colombiano	X	X
Compatibilidad con ESP32	X	X
Diversidad de mediciones (diferentes tipos de contaminantes)	X	X
Valor en el mercado	X	X
Permite medir Monóxido de Carbono	X	
Peso y tamaño adecuado para competencias	X	X

Basado en la tabla III, el componente seleccionado fue el Módulo Sensor DHT 22, ya que permite que las mediciones de la temperatura y humedad presentes en el aire sean fiables a largo plazo[24]. El componente se puede observar en la Fig. 4.

Tabla III. Selección del Módulo Sensor DHT-22

Características deseables	Módulo Sensor DHT-22	Módulo Sensor DHT-11
Disponibilidad en el mercado colombiano	X	X
Compatibilidad con ESP32	X	X
Precisión de la medición	X	
Rango de medición y medida	X	
Valor en el mercado	X	X
Peso y tamaño adecuado para competencias	X	X



Fig. 4. Módulo Sensor DHT 22[24]

De acuerdo con la tabla IV, el componente elegido fue el Módulo Sensor MPU-6050 o Acelerómetro ya que percibe el movimiento de un dispositivo, estableciendo su ubicación por medio de coordenada de acuerdo con los ejes X, Y y Z. Aunque los dos sensores son muy similares, la

Tabla IV. Selección del Módulo Sensor MPU-6050

Características deseables	Módulo Sensor MPU-6050	Módulo MPU-9250
Disponibilidad en el mercado colombiano	X	X
Compatibilidad con ESP32	X	X
Rango de medición o toma de datos	X	
Valor en el mercado	X	X
Peso y tamaño adecuado para competencias	X	X

diferencia radica en que el MPU-9250 tiene incluido un magnetómetro y otros sensores, que arrojan resultados incorrectos con respecto a la posición del dispositivo[25], el componente seleccionado puede ser evidenciado en la Fig. 5.



Fig. 5. Módulo Sensor MPU 6050 o Acelerómetro[25].

Según la tabla V, el componente seleccionado fue el Módulo GPS Gy-Neo6mv2, ya que como su nombre lo indica, es un módulo receptor de geolocalización, lo que le permite brindar precisión y exactitud en los datos tomados, con la desventaja de que tarda tiempo en activarse, ya que necesita reconocer el ambiente y por lo general estar al aire libre[26]. En la Fig. 6 se puede observar dicho componente.



Fig. 6. Módulo GPS Gy-Neo6mv2[26].

Tabla VI. Selección del Módulo Barómetro BMP 180

Características deseables	Módulo Barómetro BMP 180	Módulo sensor BMP 280
Disponibilidad en el mercado colombiano	X	X
Compatibilidad con ESP32	X	X
Precisión	X	X
Valor en el mercado	X	
Peso y tamaño adecuado para competencias	X	X

Tabla V. Selección del Módulo GPS Gy-Neo6mv2

Características deseables	Módulo GPS Gy-Neo6mv2	Módulo GPS-6M+HMC5883L
Disponibilidad en el mercado colombiano	X	X
Compatibilidad con ESP32	X	
Precisión	X	X
Valor en el mercado	X	
Peso y tamaño adecuado para competencias	X	

Basado en la tabla VI, el componente seleccionado fue el Módulo Barómetro BMP 180, encargado de tomar las mediciones de temperatura, presión atmosférica. Las cuales son usadas junto con la presión absoluta o barométrica y su influencia en la presión para determinar con mayor exactitud la altitud real[27]. En la Fig. 7 se puede observar el componente.



Fig. 7. Módulo Barómetro BMP 180[27].

Según la tabla VII, el componente empleado fueron las Baterías de litio, ya que estas permiten un uso continuo de hasta 10h, con un óptimo rendimiento[28]. En la Fig. 8 se pueden observar las

baterías de Litio. Así mismo se adiciono el módulo de carga para baterías de litio, el cual como su nombre lo indica, Permite cargar la batería implementada, sin necesidad que esta sea desconectada[29]. En la Fig. 9 se puede observar el módulo de carga.

**Tabla 7.** Selección de las Baterías de litio

Características deseables	Baterías de litio	Panel Solar CNC100X70-5
Disponibilidad en el mercado colombiano	X	
Compatibilidad con ESP32	X	X
Energía necesaria	X	
Valor en el mercado	X	
Peso y tamaño	X	



**Fig. 8.** Baterías de litio[28]



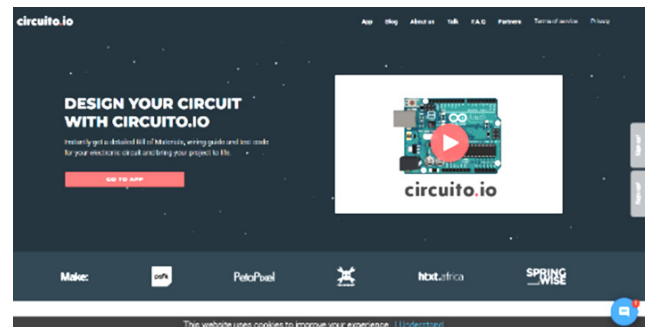
**Fig. 9.** Modulo cargador de baterías de litio[29]

## VIII. RESULTADOS

Para el planteamiento de este trabajo primero se necesitó determinar cuáles materiales eran deseables basados en diferentes características como

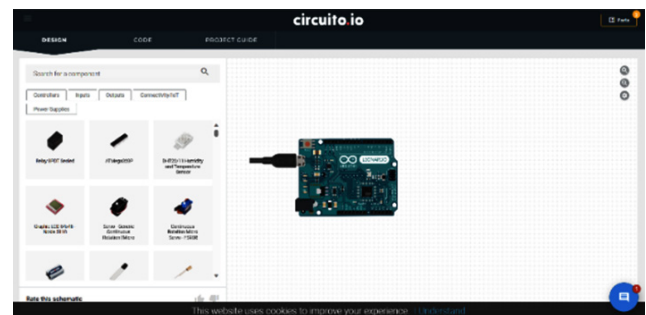
lo son los medidores de diversos gases presentes en el ambiente tales como el dióxido de carbono, monóxido de carbono, material particulado en la medición 2.5 y 10, entre otras variables, los materiales seleccionados aparecen dentro de la sección materiales.

En primera instancia, se utilizó la herramienta de diseño Circuit.io la cual brinda un entorno de trabajo visual con diferentes componentes electrónicos a sus usuarios. Lo primero que se observa en la Fig. 10 es una descripción general de lo que es la aplicación, en uno de sus extremos izquierdos se puede crear una cuenta o ingresar si ya se tenía una. En nuestro caso creamos una cuenta donde se diseñó el prototipo. Aunque, no es necesario tener una cuenta, solo debería darse clic sobre el botón “Go to App” el cual lo redirigirá al entorno de trabajo.



**Fig. 10.** Página de inicio de circuit.io[30]

Luego de dar click sobre el botón “Go to App” aparecerá el entorno de trabajo, con 3 pestañas, una la cual son diseño, código y guía del proyecto como se observa en la Fig. 11. En nuestro caso solo fue necesario utilizar la pestaña del diseño digital o “Design”. Así, primero remplazamos la tarjeta de Arduino que esta por defecto dentro del entorno buscando la tarjeta “ESP32 - DevKitC” la cual



**Fig. 11.** Entorno de trabajo[30]



es la tarjeta que se seleccionó para el trabajo y así mismo con todos los materiales que se eligieron en el párrafo anterior al ensamblar todos los materiales el resultado en el entorno de trabajo, hay que aclarar que el ensamblaje se dividirá en dos etapas fundamentales, la primera es el ensamblaje de los componentes a excepción del módulo de carga y las baterías de litio en unos párrafos más adelante se explicara el porqué de esta decisión. La primera fase se puede observar en la Fig. 12.

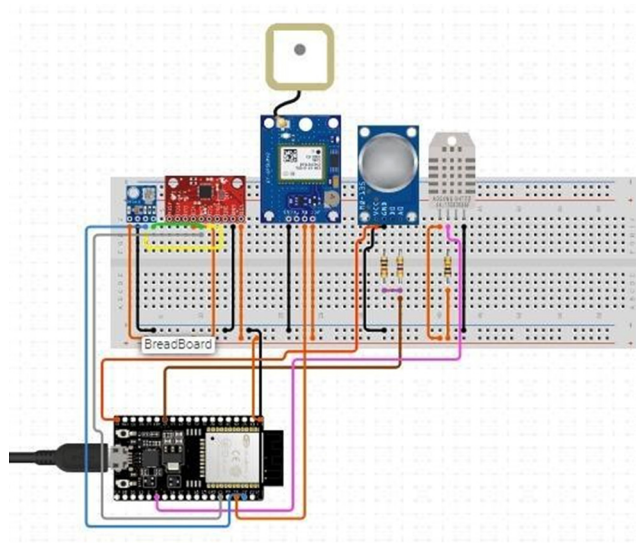


Fig. 12. Circuito digital fase 1. Elaboración propia

Después de diseñar los circuitos digitales, se procede a el ensamblaje del pico satélite siguiendo la arquitectura, por lo cual bajo los diagramas anteriormente planteados se comenzó el desarrollo. Este ensamblaje se divide en tres etapas. La primera etapa consiste en el ensamblaje de los materiales que son necesarios para las primeras mediciones de monitoreo ambiental y geolocalización del pico satélite. Para los cuales se utilizaron los sensores BMP180, MQ135, DHT22, GPS y acelerómetro. Estos nos darían una precisión sobre algunas variables ambientales. El ESP32 dentro de esta etapa para tener una Fuente de alimentación fue conectado por medio de cable USB a un computador portátil, el ensamble fue proporcionado por J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero y se puede observar en la Fig. 13[31].

Dentro de las pruebas para la primera fase del cansat se elaboró un código en la plataforma Open-Source Arduino, con el objetivo de evaluar el funcionar del circuito. El cual, se encuentra en el

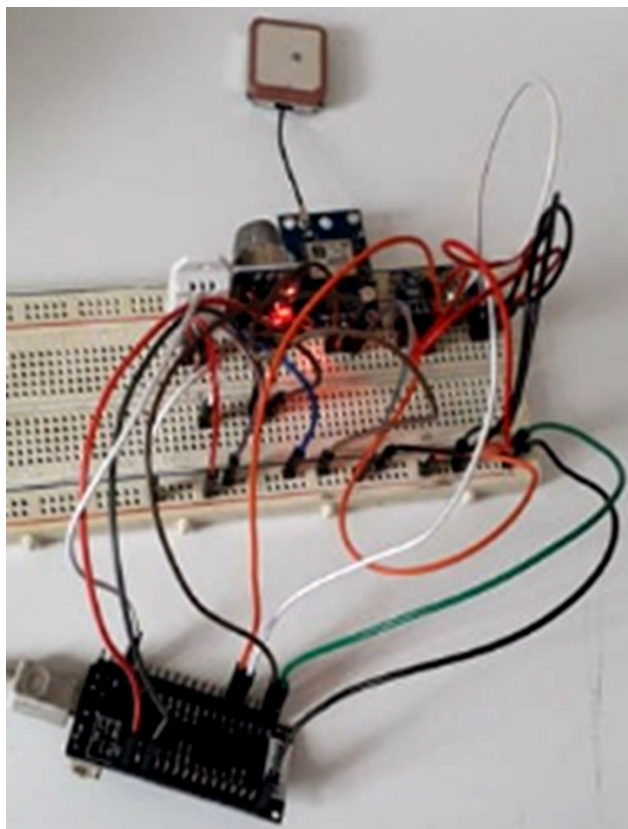


Fig. 13. Circuito del Cansat fase 1. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]

repositorio del Semillero de Investigación “Sensorama” en el directorio “Componentes Arduino” este es referenciado de J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero, como se observa en la Fig. 14[31]. Lo primero que se hace es una importación de librerías y definición de pines y variables globales los cuales se usaran en medio del código para la primera prueba de funcionamiento, esto se puede observar en la Fig. 15[31]. En la Fig. 16 se evidencia el void, esta función es un llamado el cual nos

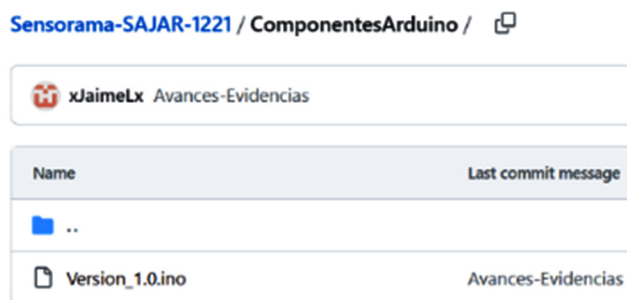


Fig. 14. Carpeta Componentes Arduino. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]

```

//GPS
#include <TinyGPS++.h>
#include <TinyGPSPlus.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit MPU6050.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include "EEPROM.h"
#include "MQ135.h"
#include "DHTesp.h"

Adafruit_BMP085 bmp;
Adafruit_MPU6050 mpu;

#define EEPROM_SIZE 128
#define TASK_SERIAL_RATE 1000 // ms
#define SENSOR 12

//GPS
HardwareSerial neogps(1);
TinyGPSPlus gps;
#define RXD2 16
#define TXD2 17

#include <DHT.h>
#define DHT_SENSOR_PIN 21 // ESP32 pin GIOP21 connected to DHT22 sensor
#define DHT_SENSOR_TYPE DHT22

DHT dht_sensor(DHT_SENSOR_PIN, DHT_SENSOR_TYPE);

Adafruit_BMP085 bmp;
Adafruit_MPU6050 mpu;

```

Fig. 15. Variables Globales e importaciones. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]

```

37 void setup(void) {
38   Serial.begin(9600);
39   if (!bmp.begin()) {
40     Serial.println("Could not find a valid BMP085/BMP180 sensor, check wiring!");
41     while (1) {}
42   }
43   Serial.println("Adafruit MPU6050 test!");
44
45   // Try to initialize!
46   if (!mpu.begin()) {
47     Serial.println("Failed to find MPU6050 chip");
48     while (1) {
49       delay(10);
50     }
51   }
52   Serial.println("MPU6050 Found!");
--

```

Fig. 16. Inicialización de componentes en la función void. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]

permite la inicialización de los componentes Bmp180 y acelerómetro mejor conocido como Mpu6050. Así mismo se configuro el Loop, donde están los seriales print, estos para la escritura de los resultados, se puede ver en la Fig. 17[31]. Los resultados del código descrito anteriormente se encuentra la Fig. 18[31].

Sin embargo, surge una pregunta ¿En dónde se deberían almacenar los datos que ya se generan?

En este caso, se utilizaron las dos opciones, la primero que se realizo fue una evaluación a base de datos SQL y NoSQL, buscando sus ventajas y desventajas. Luego de una investigación documental, se optó por usar un motor NoSQL, el cual nos ofrece la capa gratuita de Google Cloud Platform. Firebase nos ofrece Real time Database, el cual almacena y sincroniza los datos en tiempo real[32]. La integración con el código se puede observar en la Fig. 19.

```
151 void loop() {
152   Serial.print("Temperature = ");
153   Serial.print(bmp.readTemperature());
154   Serial.println(" *C");
155
156   Serial.print("Pressure = ");
157   Serial.print(bmp.readPressure());
158   Serial.println(" Pa");
159
160
161   sensors_event_t a, g, temp;
162   mpu.getEvent(&a, &g, &temp);
163
164   /* Print out the values */
165   Serial.print("Acceleration X: ");
166   Serial.print(a.acceleration.x);
167   Serial.print(", Y: ");
168   Serial.print(a.acceleration.y);
169   Serial.print(", Z: ");
170   Serial.print(a.acceleration.z);
171   Serial.println(" m/s^2");
172
173   Serial.print("Rotation X: ");
174   Serial.print(g.gyro.x);
175   Serial.print(", Y: ");
176   Serial.print(g.gyro.y);
177   Serial.print(", Z: ");
178   Serial.print(g.gyro.z);
179   Serial.println(" rad/s");
180
181   Serial.print("Temperature: ");
182   Serial.print(temp.temperature);
183   Serial.println(" degC");
184
185   Serial.println("");
186   delay(1000);
```

Fig. 17. Configuración del loop e impresión de datos. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]

Por consiguiente, dentro de la base de datos se crearon dos registros nombrados como RAW y default, así como se observa en la Fig. 20. Default recolecta las mediciones cada 2 segundos, este

análisis constante nos ayuda a generar una gran cantidad de información de la cual se pueden hacer diferentes análisis. Mientras que RAW toma unos pocos datos cada 60 min, esto con el fin de poder identificar las variaciones con respecto a Default y lograr hacer un análisis detallado de estos.

Después de tener los datos almacenados, surge la pregunta de ¿Dónde se deberían ver los resultados para que la comunidad académica e interesados los pueda consultar? En ese momento se optó por usar la tarjeta wemos Lolin 32, la cual, como se menciona en los materiales tiene tecnología Wifi, esta puede ser utilizada como punto de acceso al conectarse a una red, tomando una dirección ip o generar una red o servidor virtual independiente, para visualizar aquello que se quiera. Para nuestro caso dentro la primera versión, se utilizó los datos generados por el GPS y la dirección ip de donde se puede acceder al contenido, este se encuentra en la Fig. 21, el código HTML se encuentra en la Fig. 22.

Para la segunda fase del CanSat, se usará el módulo de carga, junto a las baterías de litio se observa en la Fig. 22. Antes de continuar hay que hacer la aclaración que junto al módulo de carga y la batería de litio, la herramienta añadió otros sensores que, al buscar el detalle de estos son complementarios, sin embargo, para la ejecución de este proyecto no son necesarios. Este módulo se conectará al puerto de alimentación sobre el cual maneja el módulo ESP32, lo que quiere decir que ya no es necesaria la alimentación directamente del computador el ensamble se puede observar en la Fig. 23.

Sin embargo, también es necesario pensar en una visualización de la información, sin necesidad de estar conectado a la red donde este el CanSat así como se plantea en el modelo operativo. Por lo cual se utiliza Ionic como framework para construir el front end de la aplicación web. En esta ocasión utilizamos Angular, y se realizó la segunda versión de la página web que se puede observar en la Fig. 24[33]. Sin embargo, para que todas la comunidad académica e interesados logren acceder a la aplicación web, teniendo en cuenta la disponibilidad y el protocolo de seguridad HTTPS, se utilizó el hosting de Firebase, este nos permite entregar contenido dinámico o estático, así mismo implementar nuevas versiones de este[34].

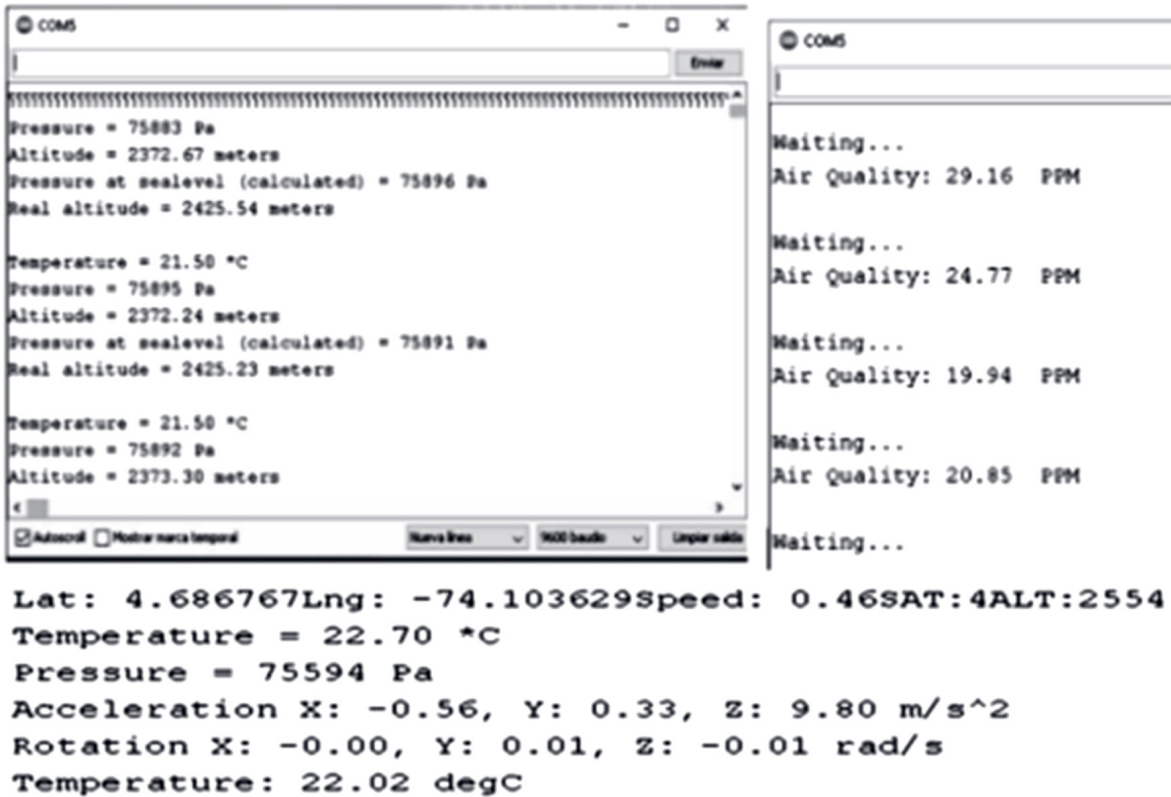


Fig. 18. Resultado por consola de la carpeta ComponentesArduino. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]

```

204 void handleIP() {
205     String a = String(WiFi.SSID()) + "\n" + IPAddress2String(WiFi.localIP());
206     String b = String(soft_ap_ssid) + "\n" + IPAddress2String(WiFi.softAPIP());
207     //String adcValue = String(a);
208
209     server.send(200, "text/plain", a+"\n"+b); //Send ADC value only to client ajax request
210 }

```

Fig. 19. Habilitación de puntos de acceso Wifi. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]



Fig. 20. Base de datos, estructura de los registros en Raw y default. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]



Fig. 21. Primera versión página Web CanSat METEO2022-1. J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero[31]

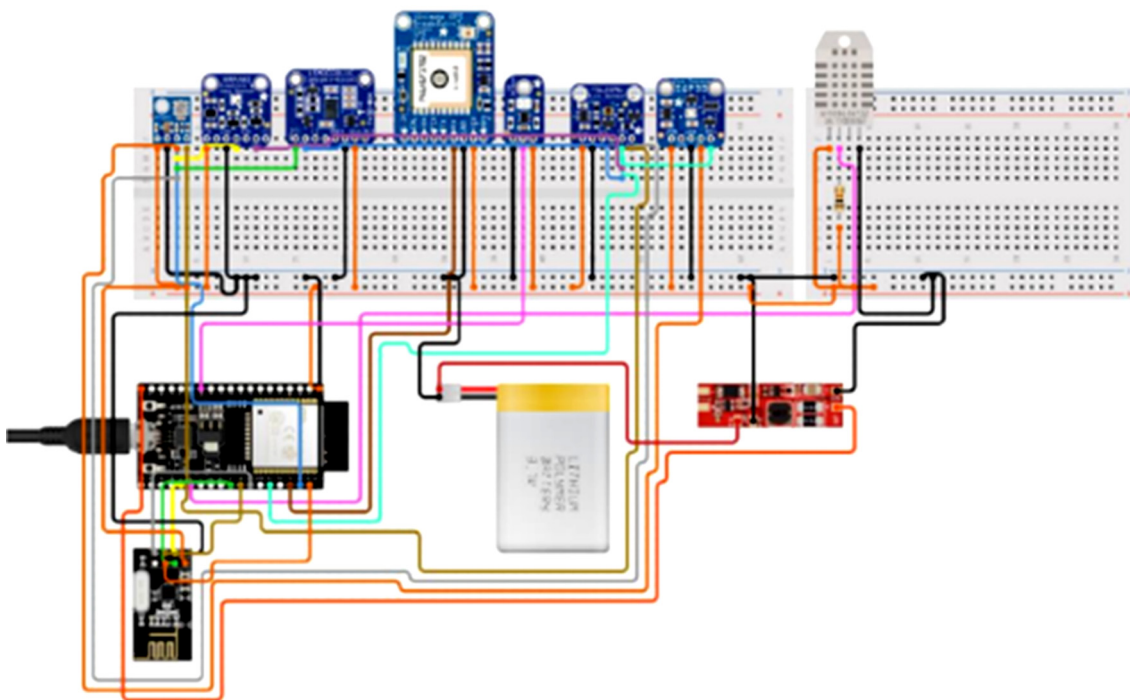


Fig. 22. Circuito digital fase 2. Elaboración propia

### CanSat Unilibre 2023



### Lista de CANSATS

- CAFO2019-4755344
- METEO2022-8911620
- SAJR-1221-12890736

### Satelite METEO2022-8911620

Temperatura  °C  
 Humedad  %  
 UV  Idx  
 Hall   
 GPS LAT:  LON:  ALT:  DO  
 BMPAltura  Mts  
 BMPPresión  PSI  
 BMPTemperatura  °C

▲  
Tab 1

●  
Tab 2

■  
Tab 3

Fig. 24. Segunda versión página web. Elaboración propia[33]

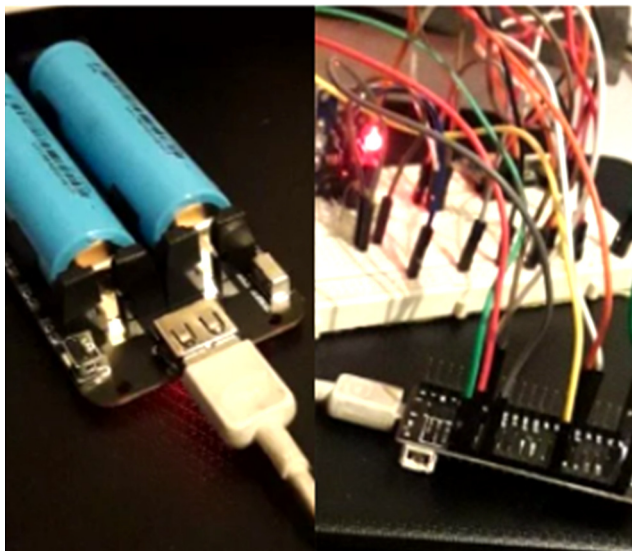


Fig. 23. Circuito del Cansat fase 2. Elaboración propia

## IX. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de esta investigación, se evidenciaron las diferentes etapas necesarias para dar respuesta tanto al objetivo general, el cual consiste en diseñar un Cansat, para identificar los niveles de contaminación por monóxido de carbono, presentes en el aire de la Universidad Libre, Seccional Bogotá, como a los específicos. Las cuales se fueron basadas en una fase de planeación, que como su nombre indica durante esta se estipuló y planeo el diseño del Pico Satélite, aterrizando las ideas de acuerdo con los estándares de peso y medidas anteriormente mencionados, se continuo con una etapa de elección y adquisición de materiales, basada en tablas de selección, para finalmente ser ensamblados y validados, mediante el software mencionado en los resultados.

## REFERENCIAS

- [1] S. Agrawal. «Fact Sheet | The Future of the Trucking Industry: Electric Semi-Trucks | White Papers | EESI». Environmental and Energy Study Institute | Ideas. Insights. Sustainable Solutions. 2023. <https://www.eesi.org/papers/view/understanding-co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- [2] Organización Mundial de la Salud. «Air pollution». World Health Organization (WHO). [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1)
- [3] D. Tojeiro-Rivero. «La obsolescencia tecnológica: un breve resumen». Do Better | Esade Insights & Knowledge hub. [https://dobetter.esade.edu/es/la-obsolencia-tecnologica-un-breve-resumen#:~:text=En%20líneas%20generales,%20la%20obsolescencia,disfuncional%20\(Mellal,%202020\)](https://dobetter.esade.edu/es/la-obsolencia-tecnologica-un-breve-resumen#:~:text=En%20líneas%20generales,%20la%20obsolescencia,disfuncional%20(Mellal,%202020)).
- [4] Organización de las Naciones Unidas. «Los desechos electrónicos, una oportunidad de oro para el trabajo decente». Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2019/04/1455621>
- [5] Noticias ONU. «Respirar aire contaminado causaría de siete millones de muertes prematuras al año». Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2021/09/1496382>.
- [6] F. Duran. «El antropoceno : la expansión del capitalismo global choca con la biosfera». DSpace. <https://libros.metabiblioteca.org/items/92bc5c62-cfde-4582-82c8-3a408dd7d26e>
- [7] ATSDR. «Resumen de Salud Pública: Monóxido de Carbono (Carbon Monoxide) | PHS | ATSDR». Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs201.html#:~:text=Esta%20publicación%20es%20un%20resumen%20de%20la%20Reseña,salud.%20También%20ha%20una%20versión%20abreviada,%20ToxFAQs™,%20disponible](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.html#:~:text=Esta%20publicación%20es%20un%20resumen%20de%20la%20Reseña,salud.%20También%20ha%20una%20versión%20abreviada,%20ToxFAQs™,%20disponible).
- [8] A. Vargas, V. Reyna y F. Rodríguez. «Intoxicación ocupacional por monóxido de carbono. Trastornos otoneurológicos y cardiovasculares». Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. <https://www.redalyc.org/pdf/4577/457745480011.pdf>
- [9] I. Zamora, A. Sáenz, M. Matute y A. Ruperti. «Efectos ambientales ocasionados por emisión de gases tóxicos en los servicios de transporte público». Revista Fisiopatología y Diagnóstico Médico - Revista Digital bimestral. <https://revistafdm.uleam.edu.ec/wp-content/uploads/2021/07/MONOXIDO-DE-CARBONO-Y-SUS-REPERCUSSIONES-EN-LA-SALUD-HUMANA-4TO.-A.pdf>
- [10] C. Naranjo. «Las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector transporte | Zonológica». Zonológica. <https://zonologica.com/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-el-sector-transporte/>
- [11] J. Téllez, A. Rodríguez y Á. Fajardo. «Contaminación por monóxido de carbono: Un problema de salud ambiental». Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. <https://www.redalyc.org/pdf/422/42280110.pdf>
- [12] J. Bobadilla y D. Orozco. «Descripción de los efectos a la salud por exposición ocupacional a monóxido de carbono». Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55213/BobadillaRodriguezJennyJohanna2012.pdf>
- [13] ATSDR, "TOXFAQSTM: Monóxido de Carbono (carbon monoxide)," Centers for Disease Control and Prevention.[Online]. Available: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts201.html#:~:text=En%20personas%20que%20inhalan%20mon%C3%B3xido,para%20respirar%20C%20convulsiones%20y%20coma](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts201.html#:~:text=En%20personas%20que%20inhalan%20mon%C3%B3xido,para%20respirar%20C%20convulsiones%20y%20coma).
- [14] "Contaminación Atmosférica," Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,[Online]. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/contaminacion-atmosferica/>.
- [15] Universidad Nacional de Moquegua, "Programa Espacial Universitario: Descripción CANSAT," Programa Espacial Universitario | Descripción CANSAT.[Online]. <http://peu.unam.mx/descripcionCANSAT.html>.
- [16] J. Chavez. «¿Qué es un Sistema informático? Componentes, características y ejemplos». Masters, cursos y MBA online. Escuela de Negocios -

- CEUPE. <https://www.ceupe.com/blog/sistema-informatico.html>
- [17] Universidad Isabel I. «¿Qué son los sistemas informáticos? | Blog UI1». Universidad Online a Distancia | Universidad Isabel I. <https://www.ui1.es/blog-ui1/sistemas-informaticos-si-que-son-caracteristicas-y-tipos>
- [18] J. G. Delgado. «¿Qué es un sistema informático? Descúbrelo con estos ejemplos prácticos». ESIC BUSINESS & MARKETING SCHOOL. <https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/sistema-informatico-que-es-ejemplos-practicos-c>
- [19] A. Raeburn. “Exactitud vs. precisión: ¿cuál es la diferencia?[2023]”. Asana. <https://asana.com/es/resources/accuracy-vs-precision>
- [20] cayab estudio. “¿Qué es el diseño y cuáles son sus características? • cayab estudio”. cayab estudio. <https://cayab.com.mx/que-es-el-diseno-y-cuales-son-sus-caracteristicas/>
- [21] J. F. Robayo Ramirez, F. A. Simanca Herrera y R. A. Santa Quintero. “Vista de Visualización de datos captados por satélites en un showroom de realidad virtual”. Fundación Avenir - Fundación Centro de Investigaciones Avenir.[En línea]. <https://fundacionavenir.com.co/avenir/index.php/revista/article/view/88/91>
- [22] J. Rivera. «Esp32 características y pines - Pasión electrónica». PASIÓN ELECTRÓNICA. <https://pasionelectronica.com/esp32-caracteristicas-y-pines/>
- [23] UNIT ELECTRONICS. «MQ-135 Detector de Calidad de Aire». UNIT ELECTRONICS. <https://uelectronics.com/product/mq-135-modulo-detector-de-calidad-de-aire/>
- [24] VISTRONICA S.A.S. «Módulo sensor DHT22 AM2302 temperatura y humedad (calidad básica)». VISTRONICA S.A.S. <https://www.vistronica.com/sensores/humedad/modulo-sensor-dht22-am2302-temperatura-y-humedad-detail.html>
- [25] «MPU6050, Diagrama de pines, circuito y conexión con Arduino». Descubrearduino.com - Arduino, Genuino, Raspberry Pi. Noticias y proyectos. <https://descubrearduino.com/mpu6050/>
- [26] UNIT ELECTRONICS. «Modulo GPS NEO6MV2». UNIT ELECTRONICS. <https://uelectronics.com/producto/mdulo-gps-neo6m-v2/>
- [27] L. del Valle. «BMP180 sensor de presión y temperatura». Programar fácil con Arduino. <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/bmp180-arduino/>
- [28] World Energy Trade. “El funcionamiento interno de una batería de litio - World Energy Trade”. Bienvenido - World Energy Trade.[En línea]. Disponible: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/electricidad/el-funcionamiento-interno-de-una-bateria-de-litio>
- [29] Suconel. “Cargador 110Vac Para Dos Baterías De Litio 18650 CAR18650”. Suconel | Tienda electrónica | Colombia.[En línea]. Disponible: <https://suconel.com/product/cargador-110vac-para-dos-baterias-de-litio-18650-car18650/>
- [30] Circuit Design App for Makers. “Circuit Design App for Makers- circuito.io”. Circuit Design App for Makers- circuito.io.[En línea]. Disponible: <https://www.circuito.io/>
- [31] J. A. Lemus Casas y R. A. Santa Quintero. “SOFTWARE DE PREDICCIÓN DEL NIVEL DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) DEL AIRE EN LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE BOSQUE”. Open Journal Systems - Corporación Universitaria Republicana.[En línea]. Disponible: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/877/635>
- [32] GCP. “Firebase Realtime Database”. Firebase.[En línea]. Disponible: <https://firebase.google.com/docs/database?hl=es-419>
- [33] Semillero Sensorama Universidad Libre, “CanSat Unilibre 2023,” Ionic app.[En línea]. Disponible: <https://cansat2022-663b3.web.app/tabs/tab1>
- [34] FireBase. “Firebase Hosting”. Firebase.[En línea]. Disponible: <https://firebase.google.com/docs/hosting?hl=es-419>

